

Журнал основан в 1918 г.

УЧЕНЫЕ ЗАПИСКИ
ТАВРИЧЕСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА им. В. И. ВЕРНАДСКОГО

Научный журнал

Серия “Биология, химия”

Том 24 (63). № 4

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского
Симферополь, 2011

Редакционный совет журнала

«Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского»:

1. Багров Н.В. – д.г.н., проф., академик НАН Украины, (главный редактор)
2. Шульгин В.Ф. – д.хим.н., проф. (зам. главного редактора)
3. Дзедолик И.В. – д.ф.-м.н., доц. (отв. секретарь)

Члены Совета (редакторы серий и разделов серий):

- | | |
|--|---------------------------------------|
| 1. Бержанский В.Н. – д.ф.-м.н., проф. | 7. Копачевский Н.Д. – д.ф.-м.н. проф. |
| 2. Богданович Г.Ю. – д.филол.н., проф. | 8. Подсолонко В. А. – д.э.н. проф. |
| 3. Вахрушев Б.А. – д.г.н., проф. | 9. Рогань В.Г. – д.ю.н., проф. |
| 4. Гришковец В.И. – д.х.н., проф. | 10. Темуриянц Н.А. – д.б.н., проф. |
| 5. Казарин В.П. – д.филол.н., проф. | 11. Шоркин А.Д. – д.филос.н., проф. |
| 6. Климчук С.В. – д.э.н., доц. | 12. Юрченко С.В. – д.полит.н., проф. |

Редакционная коллегия серии «Биология, химия»:

Раздел «Биология»:

Ивашов А.В. – д.б.н, проф.
Коношенко С.В. – д.б.н, проф.
Коренюк И. И. – д.б.н, проф.
Котов С.Ф. – к.б.н., доц.
Павленко В.Б. – д.б.н, проф.
Темуриянц Н.А. – д.б.н., проф., (редактор
серии, редактор раздела «Биология»),
(timur328@gmail.com)
Чуян Е.Н. – д.б.н, проф.
Юрахно М. В. – д.б.н, проф.

Раздел «Химия»:

Гришковец В.И. – д.х.н., проф., (редактор
раздела «Химия»), (physchem@crimea.edu)
Земляков А. Е. – д.х.н., проф.
Першина Е.Д. – к.х.н., доц.
Федоренко А. М. – д.х.н., проф.
Чирва В. Я. – д.х.н., проф.
Шульгин В.Ф. – д.х.н., проф.

**Печатается по решению Ученого Совета Таврического национального университета
им. В.И. Вернадского, протокол № 11 от 23.11.2011 г.**

Подписано в печать 07.12.2011 формат 70x100/16
19,99 усл. п. л. 14,95 уч.-изд. л. Тираж 500. Заказ № 17/а.
Отпечатано в информационно-издательском отделе ТНУ,
пр. Вернадского 4, г. Симферополь, 95007

«Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського»

Науковий журнал. Том 24 (63), №4, Біологія, хімія.
Сімферополь, Таврійський національний університет ім. В.І.Вернадського, 2011
Журнал заснований у 1918 р.
Адреса редакції: пр. Вернадського, 4, м. Сімферополь, 95007
Надруковано у інформаційно-видавничькому відділі Таврійського національного університету
ім. В.І. Вернадського, пр. Вернадського, 4, м. Сімферополь, 95007
http://science.crimea.edu/zapiski/zapis_god.html

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского

Серия «Биология, химия». Том 24 (63). 2011. № 4. С. 3-10.

УДК [612.66+616-092.19]:577.15

АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ КАТАБОЛИЗМА ЭНДОГЕННЫХ АЛЬДЕГИДОВ В СУБКЛЕТОЧНЫХ ФРАКЦИЯХ ПЕЧЕНИ, СЕРДЦА И ГОЛОВНОГО МОЗГА КРЫС ПУБЕРТАТНОГО ВОЗРАСТА

Бережная Е.А.¹, Сухова Л.Л.¹, Грабовецкая Е.Р.², Давыдов В.В.¹

¹ГУ «Институт охраны здоровья детей и подростков НАМН Украины», Харьков, Украина

²Харьковский национальный медицинский университет МОЗ Украины, Харьков, Украина
E-mail: ilais7@mail.ru, vaddavydov@mail.ru

Исследования показали, что у животных первого года жизни активность альдокеторедуктаз (альдегидредуктазы и альдозоредуктазы) в постмитохондриальной фракции мозга находится на одинаковом уровне, а активность альдегиддегидрогеназы ниже, чем у взрослых. Активность альдегиддегидрогеназы в печени и сердце крыс всех исследованных возрастных групп существенно не различается. В митохондриальной фракции животных пубертатного возраста активность данного фермента имеет тканеспецифические особенности. Высказывается предположение, что выявленные особенности возрастной динамики активности ферментов способствуют понижению устойчивости внутренних органов к оксидативному стрессу в пубертатном возрасте.

Ключевые слова: альдегиддегидрогеназа, альдозоредуктаза, альдегидредуктаза, пубертат, печень, сердце, мозг.

ВВЕДЕНИЕ

Ранее нами было показано, что в пубертатном возрасте повышается чувствительность тканей внутренних органов к оксидативному стрессу [1, 2]. Одним из последствий этого может быть повышение заболеваемости подростков патологией сердечнососудистой системы, желудочно-кишечного тракта, центральной нервной системы и др. [3–5]. По всей вероятности, особое значение в возникновении подобного феномена приобретает возрастная модуляция активности ферментов, катализирующих реакции катаболизма карбонильных продуктов свободнорадикального окисления, выступающих в роли своеобразных мессенджеров повреждения клеток [6, 7]. К числу подобных ферментов относятся альдегиддегидрогеназы и альдокеторедуктазы (альдегидредуктазы и альдозоредуктазы), катализирующие пути превращения карбонильных продуктов обмена в окислительно-восстановительных реакциях [8, 9]. Вместе с тем, до настоящего времени все еще отсутствуют четкие представления о динамике активности этих ферментов в субклеточных фракциях клеток тканей внутренних органов на этапе полового созревания. Учитывая это, целью работы

явилось изучение альдегиддегидрогеназной, альдозоредуктазной и альдегидредуктазной активности в субклеточных фракциях печени, сердца и головного мозга крыс пубертатного возраста.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на 57 крысах самцах линии Вистар четырех возрастных групп: 1 – 1,5-месячные (ранний пубертат), 2 – 2-месячные (поздний пубертат); 3 – 3-месячные (ранний половозрелый возраст) и 4 – 12-месячные (взрослые половозрелые), которых содержали на стандартном рационе питания вивария.

Эвтаназию проводили путем декапитации под легким эфирным наркозом. Извлекали печень, сердце и головной мозг. Помещали их в охлажденный изотонический раствор хлористого натрия. Навески тканей печени, миокарда и больших полушарий головного мозга измельчали ножницами и гомогенизировали в стеклянном гомогенизаторе Поттера-Эльвегейма в соотношении 1:10 (масса/объем) с раствором, содержащим 0,25 М сахарозы (печень, миокард) или 0,32 М сахарозы (мозг) и 0,01М Трис (рН 7,4). Гомогенат фильтровали через 4 слоя марли и центрифугировали 10 минут при 1000g. Супернатант повторно центрифугировали 20 минут при 10000 g. Полученную надосадочную жидкость декантировали и использовали в работе в качестве постмитохондриальной (пмтх) фракции. Осадок проб миокарда и печени суспендировали с 5 мл среды выделения и повторно центрифугировали в течение 20 минут при 10000 g. Надосадочную жидкость удаляли путем декантации, а образовавшийся осадок суспендировали с 1,5 мл среды выделения и использовали в работе в качестве митохондриальной фракции. Все процедуры фракционирования проводили при 4 – 6°C.

В выделенных субклеточных фракциях печени, сердца и мозга определяли активность NAD-зависимой альдегиддегидрогеназы [10] и NADH-альдегидредуктазы с использованием глутарового альдегида в качестве субстрата [11], а также альдозоредуктазы [12]. Концентрацию белка в пробах измеряли по методу Лоури [13].

Результаты экспериментальных исследований подвергались статистической обработке по методу Wilcoxon-Mann-Whitney. Расхождения между данными считались достоверными при $P < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из данных, представленных в Таблице 1, следует, что альдегиддегидрогеназная активность в постмитохондриальной фракции печени и сердца у 1,5-, 2- и 12-месячных крыс существенно не различается. В тоже время в печени и сердце 3-месячных животных ее величина оказывается на 27% и 26% соответственно ниже, чем у 12-месячных.

В митохондриальной фракции печени 3- и 12-месячных крыс альдегиддегидрогеназная активность одинакова, тогда как у 1,5-месячных животных ее величина на 26 % ниже, а у 2-месячных – на 127% выше, чем у 12-месячных крыс. В митохондриальной фракции миокарда 1,5-, 2- и 3-месячных животных альдегиддегидрогеназная активность выше на 319%, 85% и 190% соответственно, чем у 12-месячных крыс.

Возрастные сдвиги в величине альдегиддегидрогеназной активности в субклеточных фракциях печени и сердца, обуславливают появление изменений ее соотношения в постмитохондриальной и митохондриальной фракции исследованных органов. При этом, как следует из данных представленных на рисунке 1, в печени 1,5-месячных животных альдегиддегидрогеназная активность существенно преобладает в постмитохондриальной фракции. В 2-месячном возрасте резко повышается вклад митохондриальных ферментов в общую альдегиддегидрогеназную активность клеток печени. Однако к 12-месячному возрасту роль немитохондриальных энзимов альдегиддегидрогеназы снова постепенно повышается.

Таблица 1

Альдегиддегидрогеназная активность (нмоль/мг белка·мин) в субклеточных фракциях печени, сердца и головного мозга крыс разного возраста (Me±Se, n=5-8)

орган		возраст			
		1,5 мес	2 мес	3 мес	12 мес
печень	пmtx	11,5±0,6	9,5±0,9	9,1±0,5*	12,4±0,7
	mtx	2,1±0,2*	7,5±0,7*	4,4±0,5	3,3±0,2
сердце	пmtx	5,2±0,6	7,3±0,4	5,9±0,2*	8,0±0,7
	mtx	130,0±14,5*	57,1±6,4*	89,3±9,6*	30,8±3,3
мозг	пmtx	0,8±0,014	0,4±0,1	0,3±0,1	1,0±0,08

Примечание: *- p < 0,05 к интактным 12-месячным крысам.

(пmtx – постмитохондриальная фракция, mtx – митохондриальная фракция)

В отличие от печени, в сердечной мышце 1,5-месячных крыс основной вклад в альдегиддегидрогеназную активность кардиомиоцитов вносят митохондриальные альдегиддегидрогеназы. С увеличением возраста животных до 12 месяцев, повышается вклад немитохондриальных ферментов.

В постмитохондриальной фракции головного мозга животных 12-месячного возраста активность альдегиддегидрогеназы выше, чем у крыс младших возрастных групп. При этом у животных 2- и 3-месячного возраста ее величина на 56% и 72% соответственно ниже, чем у взрослых половозрелых крыс.

В Таблицах 2 и 3 представлены результаты исследований активности альдокеторедуктаз в постмитохондриальной фракции исследованных внутренних органов. Из них следует, что в процессе увеличения возраста крыс от 1,5 до 12 месяцев у них происходит изменение активности обоих исследованных энзимов в печени.

Как видно из Таблицы 2, в постмитохондриальной фракции печени животных пубертатного возраста (1,5 – 2 месяца) альдегидредуктазная активность выше, чем у взрослых половозрелых крыс. Аналогичная ситуация характерна и для альдозоредуктазной активности. При этом у животных, находящихся на стадии раннего (1,5 месяца) и позднего (2 месяца) пубертата величина альдегидредуктазной и альдозоредуктазной активности существенно не различаются.

Таблица 2
Альдегидредуктазная активность (нмоль/мг белка·мин) в
постмитохондриальной фракции печени, сердца и головного мозга крыс
разного возраста (Me±Se, n=5-8)

орган	возраст			
	1,5 мес	2 мес	3 мес	12 мес
печень	6,82±0,31*	10,15±0,99*	6,81±0,83	5,51±0,429
сердце	2,31±0,23	2,75±0,22	0,50±0,07*	3,60±0,40
мозг	1,0±0,2	1,0±0,2	0,7±0,1	1,1±0,3

Примечание: *- p < 0,05 к интактным 12-месячным крысам.

Таблица 3
Альдозоредуктазная активность (нмоль/мг белка·мин) в
постмитохондриальной фракции печени, сердца и головного мозга крыс
разного возраста (Me±Se, n=5-8)

орган	возраст			
	1,5 мес	2 мес	3 мес	12 мес
печень	6,60±0,18*	7,30±0,34*	8,42±0,66*	3,37±0,39
сердце	2,17±0,08*	2,00±0,12*	1,18±0,12	1,25±0,16
мозг	0,6±0,1	1,2±0,3	0,9±0,2	0,8±0,1

Примечание: *- p < 0,05 к интактным 12-месячным крысам.

Сравнительный анализ соотношения альдегидредуктазной и альдозоредуктазной активности (AP/АзР) указывает на то, что при увеличении возраста животных от 1,5 до 12 месяцев у них происходит постепенное повышение величины данного индекса (рис. 1).

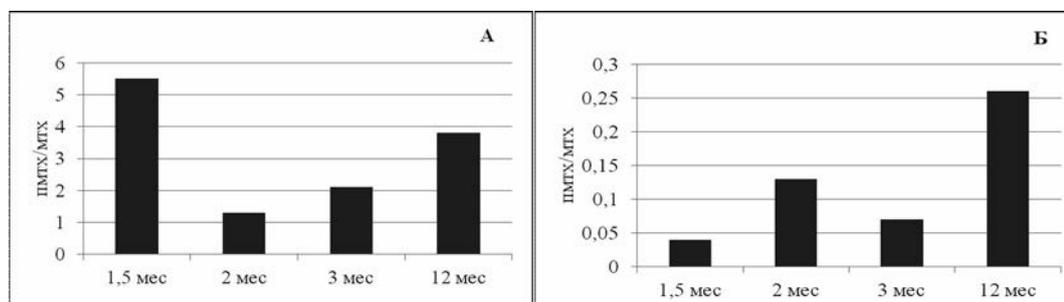


Рис. 1. Величина соотношения альдегидредуктазной активности в постмитохондриальной и митохондриальной фракциях (пмтх/мтх) печени (А) и сердца (Б) крыс разного возраста.

Альдегидредуктазная активность в сердце взрослых половозрелых крыс выше альдозоредуктазной активности, что не характерно для животных пубертатного возраста. При этом у 1,5- и 2-месячных крыс активность альдегидредуктазы в сердце

соответствует таковой у 12-месячных, тогда как альдозоредуктазная активность постмитохондриальной фракции сердца у них на 74 % и 61 % соответственно выше, чем у взрослых интактных животных. В этой связи у 12-месячных крыс происходит повышение индекса соотношения АР/АзР в постмитохондриальной фракции сердца, по сравнению с его величиной у крыс пубертатного возраста (рис. 2).

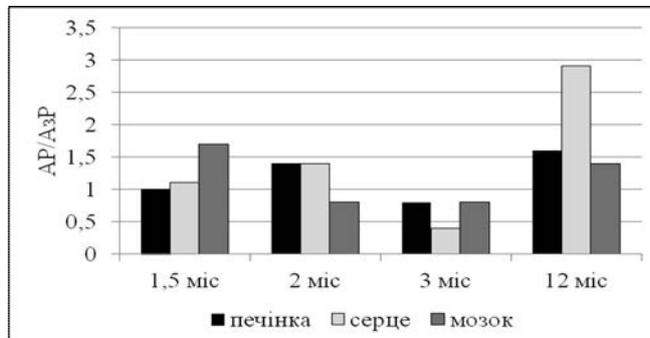


Рис. 2. Динамика изменения соотношения альдегидредуктазной и альдозоредуктазной активности (АР/АзР) в постмитохондриальной фракции печени, сердца и мозга крыс разного возраста

В отличие от печени и сердца, активность альдегидредуктазы и альдозоредуктазы в постмитохондриальной фракции мозга крыс первого года жизни находится на одинаковом уровне (табл. 2, 3).

Изучение базальной активности ферментов катаболизма эндогенных альдегидов у крыс первого года жизни позволило выявить некоторые тканеспецифические особенности ее возрастной динамики. Установлено, что в постмитохондриальной фракции печени крыс пубертатного возраста альдозоредуктазная и альдегидредуктазная активность имеют большую величину, чем у взрослых половозрелых животных, тогда как активность альдегиддегидрогеназы у них соответствует таковой у 12-месячных крыс. В тоже время альдегиддегидрогеназная активность митохондрий печени у 2-месячных животных более чем в два раза выше, чем у взрослых, а у 1,5-месячных крыс она значительно ниже, чем у 2- и 12-месячных.

Подобно тому, как и в печени, альдозоредуктазная активность постмитохондриальной фракции сердца крыс пубертатного возраста выше, чем у взрослых животных. При этом альдегидредуктазная и альдегиддегидрогеназная активность у них соответствует, а активность митохондриальных альдегиддегидрогеназ – даже значительно выше таковой у взрослых половозрелых крыс.

Сравнительный анализ полученных данных позволяет выявить тот факт, что изменения в активности альдокеторедуктаз у крыс первого года жизни сопровождаются постепенным повышением индекса АР/АзР в постмитохондриальной фракции печени и сердца. Его величина достигает своего максимального значения у 12-месячных животных. Причиной возникновения данного феномена могут быть возрастные особенности экспрессии генов альдозо- и альдегидредуктаз. Результаты проведенных исследований косвенно указывают на

преобладание в клетках печени и кардиомиоцитах животных, находящихся на этапе полового созревания, экспрессии генов альдозоредуктаз, тогда как к 12-месячному возрасту в них существенно повышается экспрессия альдегидредуктаз.

Помимо возрастных сдвигов в активности ферментов, катализирующих восстановительный путь катаболизма карбонильных метаболитов, в период развития животных от 1,5 до 12 месяцев у них происходит характерное изменение величины соотношения альдегиддегидрогеназной активности в субклеточных фракциях печени и сердца. Оно отражает повышение доли митохондриальных ферментов в общей альдегиддегидрогеназной активности клеток печени у 2-месячных животных, по сравнению с таковой у 1,5- и 12-месячных. В отличие от печени, максимальный вклад митохондриальных альдегиддегидрогеназ в общую альдегиддегидрогеназную активность кардиомиоцитов выявляется уже в раннем пубертатном возрасте. У взрослых животных многократно повышается доля немитохондриальных энзимов в общей альдегиддегидрогеназной активности кардиомиоцитов.

Все выше изложенное позволяет прийти к заключению о том, что внутриклеточное распределение альдегиддегидрогеназной активности в печени и сердце крыс раннего пубертатного возраста отличается от такового у животных в возрасте позднего пубертата и взрослых половозрелых крыс. В основе этого могут лежать особенности регуляции экспрессии генов изоферментов альдегиддегидрогеназ в периоде полового созревания за счет становления секреции гормонов целого ряда эндокринных желез на этом этапе онтогенеза.

Возрастные сдвиги в экспрессии генов альдокеторедуктаз, позволяют обеспечить достаточно высокий базальный уровень активности ферментов, катализирующих утилизацию эндогенных альдегидов в окислительно-восстановительных путях метаболизма в клетках печени и сердца в пубертатном возрасте. Однако относительно печени, это в большей мере касается животных, находящихся на поздней стадии полового созревания. Причиной является ограничение у крыс раннего пубертатного возраста альдегиддегидрогеназной активности в митохондриях гепатоцитов, что создает определенные предпосылки к ограничению в них скорости окисления эндогенных альдегидов. Вместе с тем следует заметить, что подобный возрастной сдвиг в определенной мере может компенсироваться переключением утилизации карбонильных продуктов свободнорадикального окисления на восстановительный путь катаболизма за счет повышения у 1,5-месячных животных активности альдокеторедуктаз.

Таким образом, в клетках печени и сердца животных пубертатного возраста формируются условия для эффективной утилизации карбонильных метаболитов в окислительно-восстановительных реакциях. Причиной того может быть модуляция экспрессии генов изоферментов альдегиддегидрогеназ и альдокеторедуктаз на этапе полового созревания.

В отличие от печени и сердца, в постмитохондриальной фракции мозга у крыс пубертатного возраста выявляется более низкий уровень альдегиддегидрогеназной активности, чем у взрослых животных. В тоже время активность ферментов, катализирующих восстановительный путь утилизации эндогенных альдегидов

(альдегидредуктазы и альдозоредуктазы) в мозге крыс первого года жизни находится на одинаковом уровне.

Оценка возможных причин ограничения альдегиддегидрогеназной активности в постмитохондриальной фракции мозга, позволяет предположить их возникновение с возрастными различиями в структуре изоферментного спектра немитохондриальных альдегиддегидрогеназ в нервных клетках. По всей вероятности, через определенное время после завершения периода полового созревания в изоферментном спектре альдегиддегидрогеназ клеток больших полушарий головного мозга повышается экспрессия изоферментов с большей активностью. В этой связи в пубертатном возрасте, особенно в условиях стимуляции образования карбонильных продуктов свободнорадикального окисления при оксидативном стрессе, формируются предпосылки для ограничения скорости утилизации эндогенных альдегидов. Одним из последствий того может быть понижение устойчивости головного мозга к оксидативному стрессу на данном этапе онтогенеза [1, 2].

Выявленные особенности возрастной динамики активности энзимов, катализирующих окислительно-восстановительные превращения эндогенных альдегидов, позволяют предположить вероятность их участия в понижении устойчивости головного мозга, не печени и сердца, к оксидативному стрессу в пубертатном возрасте. Однако следует иметь в виду, что реализация сдвига со стороны ферментативной активности в понижение скорости окисления эндогенных альдегидов *in situ* может предупреждаться за счет стимуляции других путей их катаболизма. Более того, в условиях оксидативного стресса в клетках могут возникать условия для компенсаторной активации альдегиддегидрогеназ и альдокеторедуктаз. В этой связи высказанное предположение требует серьезной экспериментальной проверки, чему и будут посвящены наши дальнейшие исследования.

ВЫВОДЫ

1. В виду высокого уровня базальной активности альдегиддегидрогеназ и альдокеторедуктаз в печени и сердце животных пубертатного возраста формируются условия для эффективной утилизации карбонильных продуктов свободнорадикального окисления в окислительно-восстановительных реакциях.
2. У животных первого года жизни активность альдокеторедуктаз в постмитохондриальной фракции мозга находится на одинаковом уровне, а активность альдегиддегидрогеназы у крыс пубертатного возраста ниже, чем у взрослых крыс. Возрастное понижение альдегиддегидрогеназной активности способствует ограничению скорости окисления карбонильных продуктов обмена в мозге крыс пубертатного возраста и повышению его чувствительности к оксидативному стрессу.

Список литературы

1. Волкова Ю.В. Влияние иммобилизационного стресса на содержание продуктов свободнорадикального окисления липидов и белков в субклеточных фракциях мозга крыс разного возраста / Ю.В. Волкова, В.В. Давыдов // Укр. біохім. журн. – 2009. – Т. 81, № 2. – С. 45–49.

2. Волкова Ю.В. Влияние иммобилизационного стресса на свободнорадикальное окисление белков и липидов в субклеточных фракциях печени крыс разного возраста / Ю.В. Волкова, В.В. Давыдов // Эксперимен. і клініч. Медицина. – 2009. – № 2. – С. 16–22.
3. Коренев Н.М. Механизмы формирования инвалидности у детей с патологией системы кровообращения / Н.М. Коренев, Л.Ф. Богмат, С.Р. Толмачева // Медико-соціальні аспекти реабілітації дітей-інвалідів: матеріали наук.-практ. конф. Харьков. – 2000. – С. 3–6.
4. Коренев М.М. Артериальная гипертензия у подростков / Н.М. Коренев // Прогнозування та профілактика артеріальної гіпертензії в дитячому та підлітковому віці: матеріали симп. – Харьков. – 2001. – С. 3–7.
5. Коренев М.М. Клініко-гемодинамічні показники формування церебральних порушень у підлітків з первинною артеріальною гіпертензією / М.М. Коренев, О.М. Носова // Педіатрія, акушерство та гінекологія. – 2002. – № 2. – С. 15–18.
6. Spycher S. 4-hydroxy-2,3-trans-nonenal induces transcription and expression of aldose reductase / S. Spycher // Biochem. Biophys. Res. Commun. – 1996. – Vol. 226, № 2. – P. 512–516.
7. Koch Y.H. Aldehyde reductase gene expression by lipid peroxidation end products, MDA and HNE / Y.H. Koch, Y.S. Park, M. Takahashi // Free Radic. Res. – 2000. – Vol. 336. – P. 739–746.
8. Landahl R. Lipid aldehyde oxidation as a physiological role for class 3 aldehyde dehydrogenases / R. Landahl, D. Petersen // Biochem. Pharmacol. – 1991. – Vol. 41, № 11. – P. 1583–1587.
9. Aldose reductase-catalyzed reduction of aldehyde phospholipids / Srivastava S. [et al.] // J. Biochem. 2004. – Vol. 279, № 51. – P. 53395–53435.
10. Mitochondrial aldehyde dehydrogenase attenuates hyperoxia-induced cell death through activation of ERK/MAPK and PI3K-Akt pathways in lung epithelial cells. / X. Dong, J. Guthrie, S. Mabry [et al.] // Am. J. Physiol. Lung Cell Mol. Physiol. – 2006. – P. 291.
11. Ellis E.M. Substrate specificity of an aflatoxin-metabolizing aldehyde reductase / E.M. Ellis, J.D. Hayes // Biochem J. 1995 December 1. – 312(Pt 2). – P. 535–541.
12. Aldose Reductase Induced by Hyperosmotic Stress Mediates Cardiomyocyte Apoptosis / A.S. Galvez, J.A. Ulloa, M. Chiong [et al.] // The Journal of Biological Chemistry. – 2003. – Vol. 278, № 40. – P. 38484–38494.
13. Protein measurement with the Pholin phenol reagent / O.H. Lowry, Rosenbrough, A.L. Farr, R.I. Rendall // J.Biol.Chem. – 1955. – Vol. 193, No 1. – P.265–267

Бережна О.А. Активність ферментів катаболізму ендогенних альдегідів в субклітинних фракціях печінки, серця і головного мозку щурів пубертатного віку / О.А. Бережна, Л.Л. Сухова, Є.Р. Грабовецька, В.В. Давидов // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 3-10.

Дослідження показали, що у тварин першого року життя активність альдокеторедуктаз (альдегідредуктази і альдозоредуктази) в постмітохондріальній фракції мозку знаходиться на однаковому рівні, а активність альдегіддегідрогенази нижча ніж у дорослих. Активність альдегіддегідрогенази в печінці і серці щурів всіх досліджених вікових груп істотно не розрізняється. У мітохондріальній фракції тварин пубертатного віку активність даного ензима має тканеспецифічні особливості. Висловлюється припущення, що виявлені особливості вікової динаміки активності ензимів сприяють пониженому стійкості внутрішніх органів до оксидативного стресу в пубертатному віці.

Ключові слова: альдегіддегідрогеназа, альдозоредуктаза, альдегідредуктаза, пубертат, печінка, серце, мозок.

Berezhnaya E.A. Activity of endogenous aldehydes catabolism enzymes in subcellular fractions of liver, heart and brain of rats at pubertal age / E.A. Berezhnaya, L.L. Sukhova, E.R. Grabovetskaya, V.V. Davydov // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 3-10.

It has been found that the activity of aldoketoreductases in 1-year-old animals is the same in all age groups of rats, but Aldehyde dehydrogenase (AIDH) activity level is lower than such in subcellular fractions of adult rats. AIDH activity levels have not been significantly different in liver and heart of all studied groups. In mitochondrial fraction in pubertal age animals, AIDH activity had tissue-specific properties. It has been suggested that established peculiarities of age-related dynamics in enzymes activity promote to decrease in stability of the organs to oxidative stress at pubertal age.

Keywords: aldehyde dehydrogenase, aldose reductase, aldehyde reductase, liver, heart, brain.

Поступила в редакцію 10.11.2011 г.

УДК 616.15-072.7-073.2;615.832.3

ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ КРОВИ ПРИ ЛУЧЕВОЙ ТЕРАПИИ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ БОЛЬНЫХ

Бондарь Г.В.¹, Шевченко В.В.¹, Поляков П.И.², Рюмина Т.А.³

¹*ККЛПУ «Донецкий областной противоопухолевый центр», Донецк, Украина*

²*Институт физики горных пород НАНУ, Донецк, Украина*

³*Донецкий экономико-гуманитарный институт, Донецк, Украина*

E-mail: r-tatyana@ukr.net

Исследовано влияние комплексного магнитного поля (500±80)Э частотой 50 Гц на показатели красной крови в процессе лучевой терапии онкологических больных. Показано, что воздействие магнитного поля улучшает показатели крови и может быть использовано в медицинской практике. Авторы полагают, что эффект обусловлен силовым действием переменного магнитного поля на магнитопозитивные элементы крови. Магнитное поле «встряхивает» эритроциты, что приводит к их гипокоагуляции, тем самым увеличивая их рабочую поверхность и повышая их активность.

Ключевые слова: магнитное поле, показатели крови.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что электромагнитное излучение оказывает влияние на процессы, происходящие на многих иерархических уровнях человеческого организма: начиная от наноуровня (атомы, молекулы [1]), микроуровня (клетки) [2, 3], до макроуровня – систем человеческого организма [4, 5] и всего организма в целом [6, 7]. Очевидно, что характер этого воздействия – позитивное, стимулирующее или негативное, подавляющее, зависит от параметров этого воздействия.

Одной из наиболее чувствительных систем человеческого организма к магнитному воздействию является система крови. Было установлено, реакция организма на электромагнитное воздействие подобна радиационному облучению, а состояние облученного организма принято оценивать по изменениям в крови [8, 9]. Многочисленные клинические и биофизические исследования показали, что воздействие магнитного поля снижает реологические свойства крови [10, 11], способствует гипокоагуляции эритроцитов [12], ускоряет скорость оседания эритроцитов [13, 14], изменяет проводимость клеточных мембран [15], увеличивает электрическое сопротивление и емкость эритроцитов [16].

Было показано [17], что переменное магнитное поле оказывает более эффективное воздействие на организм по сравнению с постоянным магнитным полем. Отмечена особая чувствительность организма [9], в области низких частот 50 гц и амплитуд $H = 200-400$ э. Следует отметить, что до настоящего времени еще

не существует достаточного набора данных, позволяющих выделить наиболее эффективные параметры воздействия (амплитуда, частота магнитного поля, время действия и др.), поэтому все исследования в этой области являются актуальными.

Настоящая работа посвящена изучению влияния комбинированного магнитного поля (постоянного + переменного) на показатели фракций крови в практике лучевой терапии онкологических больных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для создания комплексного магнитного поля (КМП) были разработаны специальные магнетроны оригинальной конструкции, которые позволили реализовать постоянное поле величиной 500 Э и переменное магнитное поле амплитудой 80 Э частотой 50 Гц в области между двумя дисками размером 40 см в диаметре. Воздействие поля осуществлялось на поверхности тела в области тазобедренного сустава в течение 20 мин перед каждым сеансом облучения во время курса лечения в течение 50 дней. Время между магнитным и лучевым воздействием составляло 20-30 мин.

Для исследований отобрана группа в количестве 103 больных. В качестве контрольной группы использована группа больных в количестве 34, которые получали традиционное лучевое лечение. Проводились измерения таких параметров крови как: количество эритроцитов, лейкоцитов, скорость оседания эритроцитов (СОЭ), количество гемоглобина (НВ), в течение всего курса лечения с интервалом 2-6 суток. Относительная погрешность измерения каждой точки составляет от 5 до

25%. В качестве относительной погрешности использовалась величина $\varepsilon = \frac{\sigma}{M(X)}$,

где $\sigma = \sqrt{D(X)}$ - среднеквадратичная погрешность, $D(X)$ – дисперсия, а $M(X)$ – математическое ожидание случайной величины X , подчиняющейся нормальному закону распределения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что воздействие КМП положительно влияет на показатели красной крови. На рис.1 представлены сравнительные результаты измерений средних значений количества эритроцитов для здоровых доноров (норма для мужчин $4,0-5,5 \cdot 10^{12} \text{ л}^{-1}$, для женщин $3,5-5,0 \cdot 10^{12} \text{ л}^{-1}$ – кривая 1) и больных, прошедших только лучевое лечение (2) и больных, получивших воздействие магнитного поля + облучение (3). Видно, что у больных, не получивших магнитное воздействие количество эритроцитов меньше нормы, но у получивших такое воздействие показатель красной крови находится почти в норме. Влияние КМП позволило сохранять стабильность числа эритроцитов не ниже $3,0 \cdot 10^{12} / \text{л}$ на протяжении всего курса лечения.

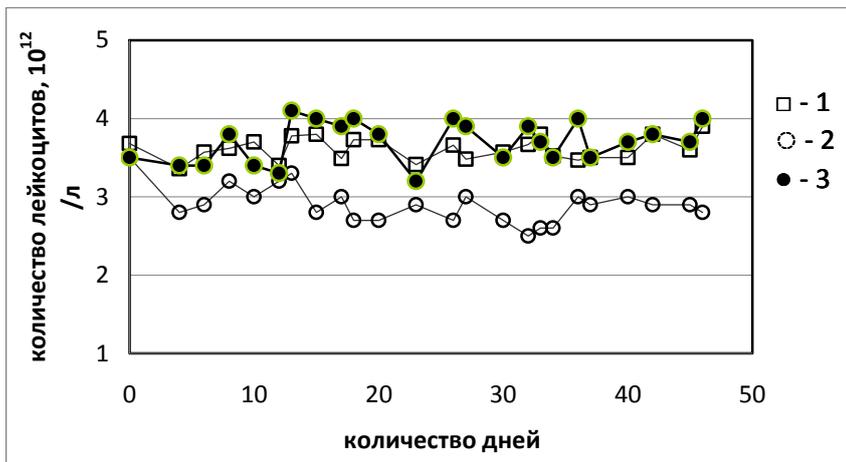


Рис.1. Кинетика количества эритроцитов у здоровых доноров (1), больных, прошедших только лучевое лечение (2), и получивших воздействие КМП (3).

На Рис. 2 показаны результаты влияния комплексного магнитного поля на гемоглобин (1 – облучение без магнитного поля, 2 – КМП + облучение). Количество гемоглобина у больных, получивших КМП перед лучевой терапией, сохраняло стабильность в пределах 100-140 г/л, по сравнению с больными, получившими только лучевое лечение. У этих больных наблюдалось значительное падение уровня гемоглобина и значительный разброс данных. В некоторых случаях воздействие КМП значительно улучшало показатели крови, что позволило обойтись без стимуляторов и гемотранфузий.

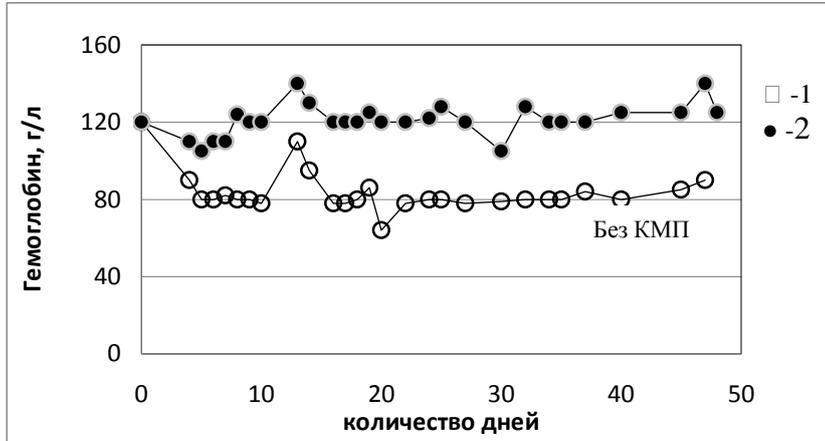


Рис.2. Кинетика гемоглобина у, больных, прошедших только лучевое лечение (1), и у больных, получивших воздействие КМП + лучевое лечение (2)

СОЭ у больных, получивших комбинированное лечение совместно с КМП, уменьшалась, начиная с 3-5 суток, а начиная с 9-11х суток, практически нормализовалась. У больных, получавших только лучевую терапию, СОЭ имела повышенные значения (рис.3).

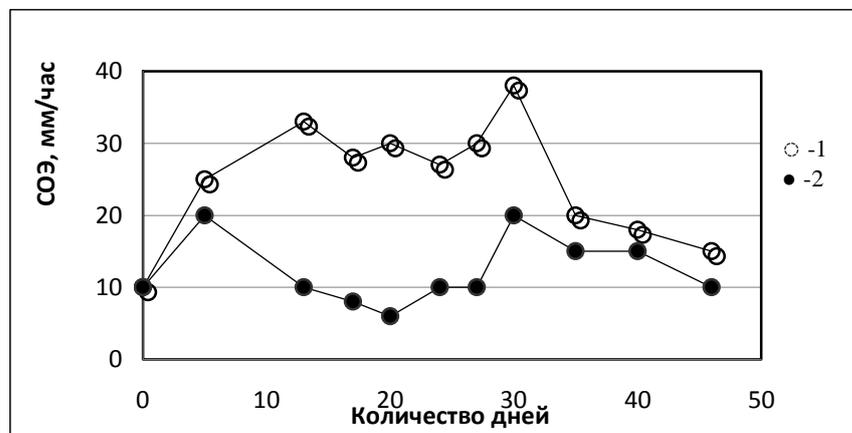


Рис.3. Кинетика СОЭ у больных, прошедших только лучевое лечение (1), и у больных, получивших воздействие КМП + лучевое лечение (2)

До настоящего времени до конца не выяснен механизм влияния магнитного поля на организм. В настоящее время считается (см. напр. [5]), что основная реакция в организме человека в ответ на действие магнитного поля происходит на уровне биологических мембран. Именно изменение их проницаемости и транспорта ионов К и Na влечет за собой изменения в скорости биохимических реакций и т. д.

Разумеется, что реакция на воздействие КМП существует на всех иерархических уровнях организма. Но причинная, самая глубокая ответная реакция находится на молекулярном уровне. Поскольку молекула гемоглобина содержит атом железа, имеющий большой магнитный момент, соответственно и молекула гемоглобина имеет собственный магнитный момент. Собираясь в эритроците, магнитные моменты упорядочиваются, подстраиваются друг под друга, образуя магнитный момент эритроцита P_m . Авторы работы [17] сделали оценку величины магнитного момента эритроцита, определив его магнитную восприимчивость $\chi = -4\pi \cdot 0.736 \cdot 10^{-6}$. При действии внешнего магнитного поля H , на эритроциты действует магнитная сила, упорядочивая их вдоль поля. Существует естественное, природное магнитное упорядочение, связанное с нашей жизнью в магнитном поле Земли, величина которого порядка $\sim 0,1$ Э. Приложенное магнитное поле 500 ± 80 Э много больше этого значения. К тому же действующая магнитная сила еще и осциллирует с частотой 50 Гц, как бы «встряхивает» эритроциты, что позволяет преодолеть тенденцию эритроцитов к слипанию и разрушить их сцепки, таким образом, увеличивая их «рабочую» поверхностную энергию. Об уменьшении агрегации эритроцитов под действием КМП свидетельствуют и результаты по СОЭ,

поскольку считается, что скорость оседания эритроцитов пропорциональна степени их агрегации.

Достаточно большая величина постоянного магнитного поля не только ориентирует эритроциты вдоль поля, но и может привести к появлению наведенного магнитного момента компонент или фракций белков внутри эритроцитов, тем самым способствуя магнитному упорядочению внутри эритроцита и увеличивая его собственный магнитный момент, т.е. намагничивая эритроцит. Это намагничивание приводит к увеличению его внутренней энергии, как бы «подзаряжает» эритроцит, увеличивая его жизнестойкость.

ВЫВОД

Установлено протекторное действие комплексного (постоянного 500 Э ± переменного 80 Э) магнитного поля частотой 50 Гц на показатели красной крови при лучевой терапии онкологических больных. Показано, что воздействие магнитного поля улучшает показатели красной крови и может быть рекомендовано к внедрению в медицинскую практику как лечебное средство.

Список литературы

1. Yamaguchi M. Magnetoscience: Magnetic field effects on materials. Fundamental and application / M. Yamaguchi, Y. Tanimoto. – Tokyo. : Kodansha/Springer, 2006. – 354 с.
2. Яковлева М.И. Физиологические механизмы действия электромагнитных полей / М.И. Яковлева. – Л. : Медицина, 1973. – 176 с.
3. Чижевский А.Л. Электрические и магнитные свойства эритроцитов / Чижевский А.Л. – К. : Наукова думка, 1973. – 93 с.
4. Сорокина Е.И. Физические методы лечения в кардиологии / Сорокина Е.И. – М. : Медицина, 1989. – 384 с.
5. Леднев В.В. Биоэффекты слабых комбинированных постоянных и переменных магнитных полей / В.В. Леднев // Биофизика. – 1996. – Т.41, № 1. – С. 224–231.
6. Магнитное поле и жизнедеятельность организма / Нахильницкая З.Н., Климовская А.Д., Смирнова Н.Н., Стржижевский А.Д. // Проблемы космической биологии. – М. : Наука, 1978. – Т. 37. – 268 с.
7. Реакции биологических систем на магнитные поля. – Москва : Наука, 1978. – 216 с.
8. Луд Г.В. Реакция периферической крови на местное воздействие магнитного поля / Г.В. Луд, Н.П. Базенко // Адаптационные и компенсаторные механизмы в биологии и медицине. – Гродно, 1977. – С.60–61.
9. Белоусова О.И. Радиация и система крови / Белоусова О.И., Горизонтов П.Д., Федотова М.И. – М. : Атомиздат, 1979. – 126 с.
10. Kirkovskii V.V. Influence of a Variable Magnetic Field on the Rheological Properties of Blood in Treatment of Rheumatoid Arthritis / V.V. Kirkovskii, V.A. Mansurov, N.P. Mit'kovskaya, Yu.A.Mukharskaya. // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2003. – Vol. 76, No 3. – С. 708–714.
11. Демецкий А.М. Биологическое и лечебное действие магнитных полей / А.М. Демецкий, Г.Я. Хулуп, А.В. Цецохо : Материалы международной научно-практической конференции. – Витебск. – 1999. – С. 21–25.
12. Philpott W.H. Biomagnetic Handbook: A Guide to Medical Magnetism: The Energy Medicine of Tomorrow / W.H. Philpott, S. Taplin. – Enviro-Tech Products, Publisher, 17171 S.E. 29th St., Choctaw, OK 73020. – 1990. – 356 с.
13. Tanimoto Y. Influence of strong magnetic field on the sedimentation of red blood cells / Y.Tanimoto, Y.Kakuda // Journal of Physics: Conference Series. – 2009. – Vol. 156. – С. 12–30.

14. Jayavanth Sanjay. Influence of an inhomogeneous magnetic field on erythrocyte aggregation mechanism / Sanjay Jayavanth, Megha Singh // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2002. – Vol. 252, № 11. – С. 412–415.
15. Casarett C.W. Radiation histopathology / C.W.Casarett. – Boca Raton: CRC Press. – 1980. – Vol. 1. – С. 160.
16. Markova M.S. Constant magnetic field influence on passive electrical properties of red blood cells / M.S. Markova, F. Pliquet // Bioelectrochemistry and Bioenergetics. – 1985. – Vol. 14, № 4-6. – С. 495–502.
17. Sheppard A.R. Biological effects of electric and magnetic fields of extremely low frequency / A.R. Sheppard, M.N. Eisenbud – Y. Univ. Press., 1977. – 44 с.

Бондарь Г.В. Вплив комплексного магнітного поля на показники крові при променевої терапії онкологічних хворих / Г.В. Бондарь, В.В. Шевченко, П.І. Поляков, Т.О. Рюмшина // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 11-16.

Досліджено вплив комплексного магнітного поля 500 ± 80 Э частотою 50 Гц на показники крові як складової променевої терапії онкологічних хворих. Показано, що вплив магнітного поля покращує показники крові та може бути використаний у медичній практиці. Автори вважають, що ефект можливо обумовлений силовою дією магнітного поля на магнітопозитивні елементи крові. Магнітне поле «струшує» еритроцити, що зменшує їх коагуляцію, тим самим збільшуючи їхню робочу поверхню та підвищуючи їх активність.

Ключові слова: магнітне поле, показники крові.

Bondar' G.V. Influence of the complex magnetic field on blood indices at the radiation therapy of oncologic patients / G.V. Bondar', V.V. Shevchenko, P.I. Polyakov, T.A. Ryumshina // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 11-16.

The influence of the complex magnetic field (500 ± 80) Θe with a frequency of 50 Hz on blood indices in the process of the radiation therapy of oncologic patients was investigated. It is shown that the action of magnetic field improves the indices of the blood and can be used in the medical practice. The authors assume that the effect is stipulated by force action of alternating magnetic field to the magnetopositive elements of the blood. Magnetic field "shakes" erythrocytes, that leads to their hypocoagulation, thus increasing their working surface and increasing their activity.

Keywords: magnetic field, indices of the blood.

Поступила в редакцію 17.11.2011 г.

УДК 582.675.1.086

**ПОЛУЧЕНИЕ КАЛЛУСНЫХ КУЛЬТУР *MENTHA PIPERITA* L.
И ИХ ЦИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА
ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ С РАЗЛИЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ СЕЛЕНА**

Бугара И.А., Мальцева О.А.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: igorbugara@gmail.com*

Исследованы особенности каллусообразования в культуре вегетативных органов мяты перечной (*Mentha piperita* L.) *in vitro* на модифицированной питательной среде Мурасиге и Скуга, содержащей 2,4-Д 2,0 мг/л, БАП 0,5 мг/л, кинетин 0,5 мг/л и селен в различных концентрациях. Установлено, что содержание селена в питательной среде в концентрациях 5 мг/л и 10 мг/л оказывало стимулирующее действие на индукцию каллусообразования в культуре листовых эксплантов мяты перечной.

Ключевые слова: *Mentha piperita* L., каллусная культура, селен.

ВВЕДЕНИЕ

Растения способны синтезировать и накапливать разнообразные вещества вторичного метаболизма, проявляющие биологическую активность и имеющие фармакологическое значение. Идентификация этих веществ, установление структуры и специфики биологического действия привели к тому, что в последнее десятилетие для лечения и профилактики различных заболеваний все шире начинают использоваться лекарственные средства на основе растительного сырья. Например, сегодня при лечении сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний препараты, получаемые из растений, составляют около 50%. При этом в медицине используют около 3000 видов растений, из них более 100 специально выращивают, остальные произрастают в дикой природе [1]. Поэтому природные запасы растительных лекарственных ресурсов быстро истощаются, под угрозой исчезновения находятся ценные в фармакологическом отношении виды. В этой связи становится актуальным поиск альтернативных источников сырья для фармакологии. В последние годы в качестве такого альтернативного источника рассматривают растительную биомассу (каллусную или суспензионную культуру), выращиваемую в условиях контролируемого эксперимента *in vitro*. Замена природного лекарственного сырья на гарантированно получаемую биомассу видится сегодня как один из радикальных способов, позволяющих сохранить ресурсы исчезающих видов лекарственных растений.

Мята перечная (*Mentha piperita* L.) – лекарственное и эфиромасличное растение с широким спектром практического использования, в диком виде не произрастает. Промышленные посадки мяты сосредоточены в Крыму [2]. Основное практическое

значение, обусловлено эфирным маслом, основным компонентом которого является ментол. Кроме того, в растении содержатся дубильные и смолистые вещества, каротин, геспередин, аскорбиновая, хлорогеновая, кофейная, урсоловая и олеоновая кислоты, тритерпеновые соединения, флавоноиды, рутин и бетаин [3].

Немаловажное значение имеют, накапливающиеся в растениях макро- и микроэлементы, способные оказывать существенное влияние на организм человека. Вместе с тем, далеко не все из них растения мяты способны аккумулировать из природной среды. Одним из примеров может служить селен, использование которого активно внедряется при разработке медицинских препаратов на основе растительного сырья. Установлено, что селен оказывает положительное влияние на состояние сердечно-сосудистой системы и иммунной систем организма человека [4, 5].

В этой связи, актуальным является разработка приемов получения каллусных культур мяты перечной *in vitro* с использованием модифицированных селенсодержащих питательных сред.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследования служили растения мяты перечной (*Mentha piperita* L), выращенные в условиях закрытого грунта. В случае проявления первых визуальных признаков заболеваний или поражения вредителями, растения удаляли и в работе не использовали. В качестве эксплантов для введения в культуру *in vitro* были взяты молодые листья и стеблевые сегменты длиной 0,7-1,0 см. При выполнении экспериментальной работы использовали методы, общепринятые в исследованиях по культуре изолированных тканей растений [6]. Растительный материал поверхностно стерилизовали препаратом «Белизна» в течение 6 минут, а затем промывали в трех сменах автоклавированной дистиллированной воды. Экспланты помещали на поверхность модифицированных агаризованных питательных сред Мурасиге и Скуга [7], дополненных 2,4-Д (дихлорфеноксисукусная кислота) 2,0 мг/л, 6-БАП (6-бензиламинопурин) 0,5 мг/л, кинетином 0,5 мг/л и селеном в различных концентрациях. В качестве культуральных сосудов использовали химические пробирки 16 x 150мм, содержащие 10-15 мл питательной среды. В каждый культуральный сосуд помещали по одному экспланту. Экспланты культивировали в условиях термостатированного помещения (25–27 °С) при относительной влажности воздуха 60-70%, освещенности 2-3 тыс. люкс и 16-часовом фотопериоде. В процессе культивирования проводили визуальный анализ первичного каллуса, измерение ростовых характеристик и морфометрических параметров. Частоту каллусообразования определяли по количеству эксплантов, давших каллус, от общего числа эксплантированных.

Для цитологического анализа каллусных культур их фиксировали по Карнуа, окрашивали ацетокармином и готовили временные препараты [8]. Цитологические исследования проводили на световом микроскопе МР1-5.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Культивирование молодых листьев и стеблевых сегментов в условиях *in vitro* на различных модификациях питательной среды Мурасиге и Скуга позволило выявить их различную способность к каллусообразованию (табл.1, табл.2).

Таблица 1

Частота каллусообразования и интенсивность роста каллусных культур, индуцированных из молодых листьев, на различных модификациях питательной среды Мурасиге и Скуга (0-пассаж)

Типы и концентрации фитогормонов, мг/л			Частота каллусообразования, $\bar{X} \pm S_x$	Интенсивность роста каллуса*
Кинетин	БАП	2,4-Д		
-	-	-	0,0	-
-	0,1	1,0	98,8 ± 1,1	++
-	0,5	2,0	97,7 ± 2,3	+++
0,1	-	1,0	94,4 ± 2,9	++
0,5	-	2,0	93,3 ± 1,9	++
0,5	0,5	2,0	100,0 ± 0,0	+++

Примечание: * + - низкая интенсивность роста, ++ - средняя интенсивность роста, +++ - высокая интенсивность роста.

Из результатов, представленных в таблицах, следует, что на безгормональной питательной среде индукция каллусообразования в культуре вегетативных органов не наблюдалась. Вместе с тем, при использовании питательных сред, содержащих экзогенные фитогормоны в различных концентрациях частота каллусообразования наблюдалась в пределах 94,4% – 100,0%. Отличия сводились, главным образом, к интенсивности роста каллусных культур.

Таблица 2

Частота каллусообразования и интенсивность роста каллусных культур, индуцированных из стеблевых эксплантов, на различных модификациях питательной среды Мурасиге и Скуга (0-пассаж)

Типы и концентрации фитогормонов, мг/л			Частота каллусообразования, $\bar{X} \pm S_x$	Интенсивность роста каллуса*
Кинетин	БАП	2,4-Д		
-	-	-	0,0	-
-	0,1	1,0	92,2 ± 2,9	++
-	0,5	2,0	90,0 ± 5,1	+
0,1	-	1,0	84,4 ± 4,8	+
0,5	-	2,0	90,0 ± 2,7	++
0,5	0,5	2,0	100,0 ± 0,0	+++

Первые признаки индукции каллусообразования в культуре вегетативных органов *M. piperita* визуально обнаруживались на 10–14 сутки культивирования в зависимости от типа экспланта и состава питательной среды. На эксплантах молодых листьев образование каллуса наблюдалось в базальной части в местах

рассечения ткани. Образование каллуса в культуре стеблевых сегментов было приурочено к поверхности среза. Формирующийся каллус имел светло-зеленую окраску и рыхлую консистенцию (рис. 1).

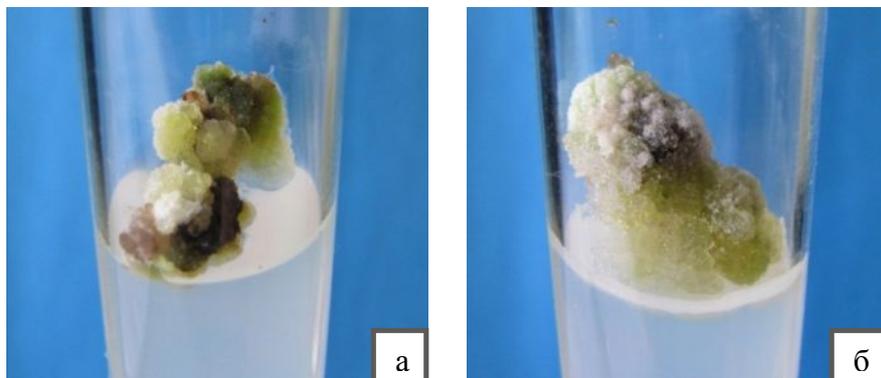


Рис.1. Каллусная культура *Mentha piperita* L., индуцированная в культуре листовых (а) и стеблевых эксплантов (б).

Проведенные исследования показали преимущество использования для индукции каллусогенеза в культуре листовых и стеблевых эксплантов *M. piperita* модифицированных питательных сред, дополненных 2,4-Д, БАП и кинетином. Использование различных концентраций 2,4-Д для индукции каллусообразования является хорошо известным и наиболее распространенным методическим подходом. Аналогичный подход, основанный на использовании отличных от установленных нами концентраций фитогормонов, был использован ранее и другими авторами для получения каллусных культур различных видов мяты. При этом не была обнаружена зависимость индукции каллусогенеза от типа экспланта. В наших исследованиях образование каллуса наблюдалось при использовании в качестве экспланта как молодых листьев, так и стеблевых сегментов.

Для изучения влияния селена на частоту каллусообразования и цитологические особенности каллусных культур *M. piperita* нами было проведено культивирование стеблевых эксплантов на модифицированной питательной среде Мурасиге и Скуга, содержащей 2,0 мг/л 2,4-Д, 0,5 мг/л 6-БАП, 0,5 мг/л кинетина (контроль без селена) и селен в различных концентрациях (рис. 2).

Полученные результаты показали зависимость частоты каллусообразования от концентрации селена в питательной среде. Содержание селена в концентрациях 0,1 мг/л, 0,2 мг/л, 0,5 мг/л и 1 мг/л снижало частоту каллусообразования на 15% - 30% относительно контроля. Вместе с тем, добавление селена в состав питательной среды в более высоких концентрациях (5 мг/л и 10 мг/л) повышало частоту каллусообразования до 96% - 100%, что соответствовало контрольному варианту опыта.

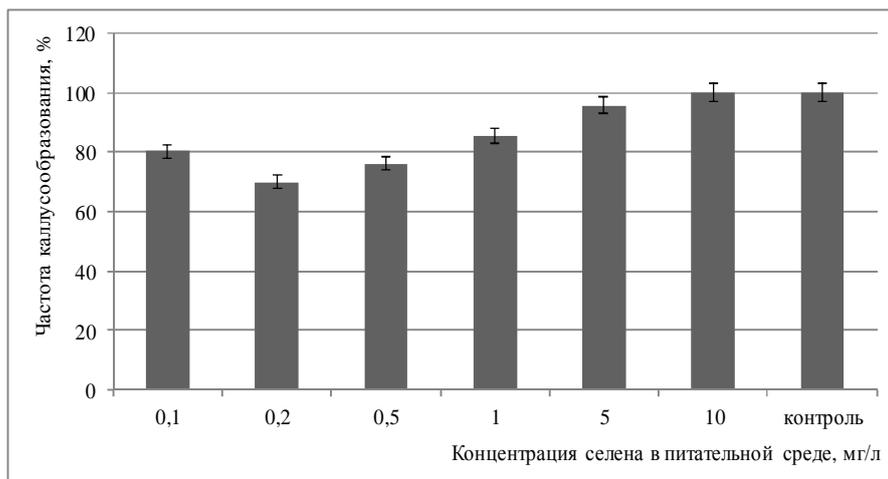


Рис.2. Влияние различных концентраций селена на частоту каллусообразования в культуре стеблевых эксплантов *Mentha piperita* L. *in vitro*.

Присутствие селена в питательной среде оказывало влияние и на морфологические особенности каллусных культур мяты (рис. 3). В зависимости от повышения концентрации селена окраска каллуса изменялась от светло-зеленой до бордово-коричневой.



Рис.3. Морфологические особенности каллусных культур *Mentha piperita* L. в зависимости от содержания селена в питательной среде: а - 0,1 мг/л, б - 5,0 мг/л, в - 10,0 мг/л.

Цитологические исследования позволили установить, что каллусные культуры *M. piperita*, индуцированные на селенсодержащих питательных средах, состояли преимущественно из клеток паренхимного типа, характеризующихся крупными размерами, небольшим количеством цитоплазмы и сильной вакуолизацией. Такие клетки имели округлую, овальную и удлиненную форму (рис. 4). Однако, при низких концентрациях селена в питательной среде, паренхимные клетки отличались большими размерами, и среди каллусных клеток встречались трахеидоподобные

элементы. С увеличением концентрации селена наблюдалась тенденция к уменьшению размеров паренхимных клеток, на фоне которых встречались одиночные гигантские клетки изометрической формы.

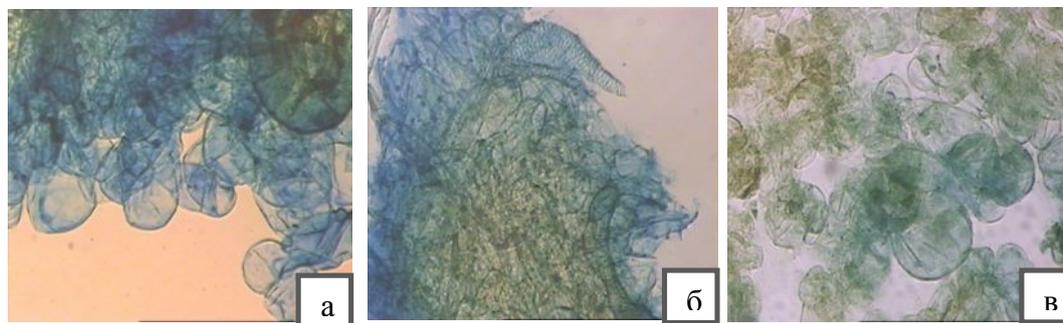


Рис. 4. Морфология клеток каллусных культур *Mentha piperita* L индуцированных на питательных средах, содержащих селен в различных концентрациях: а, б – 1 мг/л, в – 10 мг/л (увеличение 15x10, окраска - метиленовый синий).

Таким образом, проведенные нами исследования показали возможность получения каллусных культур *M. piperita* на питательной среде, дополненной 2,4-Д, БАП и кинетином. При этом не обнаруживалась зависимость индукции каллусообразования от типа исходного экспланта. В наших исследованиях образование каллуса наблюдалось как в культуре молодых листьев, так и в культуре стеблевых сегментов. Полученные результаты согласуются с данными ранее выполненных исследований по культивированию *in vitro* вегетативных органов промышленных сортов мяты [9, 10].

Результаты культивирования стеблевых сегментов *M. piperita* на селенсодержащих питательных средах показали стимулирующее влияние высоких концентраций селена на частоту каллусообразования. Вероятно, проявление данной зависимости связано с цитологическими характеристиками каллусных культур, проявляющимися в уменьшении размеров и меристематизацией клеток паренхимного типа при более высоких концентрациях селена в питательной среде.

ВЫВОДЫ

1. Подобран состав питательной среды для индукции каллусообразования в культуре вегетативных органов *M. piperita*.
2. Установлено, что концентрации селена в питательной среде 5 мг/л и 10 мг/л оказывают стимулирующее действие на индукцию каллусообразования в культуре стеблевых сегментов *M. piperita*.

Список литературы

1. Кунах В.А. Биотехнология лекарственных растений. Генетичні та фізіолого-біохімічні основи / Кунах В.А. – К.: Логос. – 2005. – 724 с.
2. Мустаце Г.И. Культура мяты перечной / Мустаце Г.И. – Кишинев: Штиинца. – 1985. – 165 с.
3. Бойченко Э.С. О ментольности эфирного масла мяты сорта 541 / Э.С. Бойченко / Медицинская промышленность СССР. – 1960. – № 10. – С. 18–21.
4. Запроматов М.Н. Вторичный метаболизм и его регуляция в культурах клеток и тканей растений / М.Н. Запроматов // Культура клеток растений: [сб. статей под. ред. Р. Г. Бутенко]. – М.: Наука, 1981. – С 37–50.
5. Селен в депонирующих средах Нечерноземной зоны Европейской части России и агрохимический метод коррекции дефицита селена / С.П. Торшин, Т.М. Удельнова, Н.И. Конова [и др.] // Экология. – 1996. – № 4. – С. 253–258.
6. Калинин Ф.Л. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений / Ф.Л. Калинин, В.В. Сарнацкая, В.Е. Полищук. – Киев: Наукова думка, 1980. – 488 с.
7. Murashige T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture / T. Murashige, F. Skoog // *Physiol. Plant.* – 1962. – Vol.15, № 13. – P. 473–497.
8. Паушева Л.А. Практикум по цитологии растений / Паушева Л.А. – М.: Колос, 1980. – 304 с.
9. Бугара И.А. Клональное микроразмножение мяты в культуре стеблевых сегментов *in vitro* / И.А. Бугара // Тематический сборник научных трудов «Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана». – 2004. – С. 97–103.
10. Бугара И.А. Морфологическое и цитохимическое исследование каллусных культур мяты / И.А. Бугара // Ученые записки ТНУ им. Вернадского. Серия «Биология, химия». Т.21. – 2008. – №1. – С. 44–52.

Бугара І.О. Одержання калусних культур *Mentha piperita* L. та їх цитологічна характеристика при вирощуванні на живильних середовищах з різною концентрацією селену / І.О. Бугара, О.А. Мальцева // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 17-23.

Досліджено особливості калусоутворення в культурі вегетативних органів м'яты перцевої (*Mentha piperita* L.) *in vitro* на модифікованому живильному середовищі Мурасиге та Скуга, що містить 2, 4-Д 2,0 мг/л, БАП 0,5 мг/л, кінетин 0,5 мг/л і селенів у різних концентраціях. Установлено, що зміст селену у живильному середовищі у концентраціях 5 мг/л та 10 мг/л виявляє стимулюючу дію на індукцію калусоутворення в культурі листових есплантів м'яты перцевої.

Ключові слова: *Mentha piperita* L., калусная культура, селен.

Bugara I.A. Receive of *Mentha piperita* L. callus culture and their cytological characteristics when grown in nutrient medium with different concentrations of selenium / I.A. Bugara, O.A. Malceva // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 17-23.

The features of callus cultures in vegetative organs of peppermint (*Mentha piperita* L.) *in vitro* on a modified medium Murashige and Skoog containing 2,4-D 2,0 mg /l, BAP 0,5 mg/l kinetin 0,5 mg/l and various concentrations of selenium was investigation. It was established that the selenium in the medium in concentrations of 5 mg/l and 10 mg/l has a stimulating effect on the induction of callusogenesis of leaf explants of mint.

Keywords: *Mentha piperita* L., callus culture, selenium.

Поступила в редакцию 20.11.2011 г.

УДК 612.2:612.766.1]:055,2-053.82

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АДАПТАЦИОННЫХ РЕЗЕРВОВ РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ДЕВУШЕК 19-20 ЛЕТ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Буков Ю.А., Минина Е.Н.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: tnu-fr @ rambler.ru*

Проведены исследования адаптационных резервов респираторной системы молодых девушек с различным уровнем физической работоспособности. Выявлено, что энергетические ресурсы организма во многом определяются функциональными резервами кислородтранспортной системы.

Ключевые слова: девушки, респираторная система, физическая работоспособность, функциональные резервы.

ВВЕДЕНИЕ

Адаптивные способности человека в значительной степени зависят от резервных возможностей его организма. В свою очередь функциональные резервы основных физиологических систем и их взаимодействие определяют «запас здоровья», его потенциальные ресурсы [1]. Среди практически здоровых людей с одинаковыми среднестатистическими параметрами, не выходящими за пределы физиологической нормы, можно выделить группы людей с разными резервными возможностями и, следовательно, с разным уровнем качественного и количественного состояния приспособительных механизмов, вплоть до пограничных состояний между здоровьем и болезнью. При этом основным критерием формирования этих состояний следует считать уровень энергетического потенциала организма [2]. Следовательно, чем выше доступные для использования резервы биоэнергетики, тем более жизнеспособен организм человека.

Способность к выполнению мышечной работы, являющейся одной из важнейших биологических функций человека, определяется возможностями потребления кислорода. Чем выше способности организма использовать кислород в метаболических реакциях, тем выше его аэробный потенциал и физическая работоспособность [3]. Обеспечение адекватного метаболическому запросу кислородного режима организма определяется в первую очередь возможностями кислородтранспортной системы. В ряде случаев система транспорта кислорода выступает в качестве лимитирующего фактора приспособительных возможностей организма [4]. В этой связи оценка функциональных резервов системы обеспечения организма кислородом является важным звеном в комплексной характеристике адаптационного потенциала организма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Было обследовано 50 девушек в возрасте 19-20 лет. С целью дифференцированной оценки адаптационных резервов респираторной системы все обследуемые были разделены на три группы, характеризующиеся различным уровнем физической работоспособности. Первую группу составили девушки с низким уровнем физической работоспособности (НУФР), во вторую группу были определены девушки со средними показателями работоспособности (СУФР) и третья группа была укомплектована девушками с высокими параметрами энергетического потенциала (ВУФР). Функциональное состояние респираторной системы изучали методом пневмотахометрии с использованием прибора «Спиро-Тест РС» с компьютерной обработкой регистрируемых показателей. При этом фиксировали следующие функциональные показатели: объём легочной вентиляции (VE , л/мин), дыхательный объём (VT , мл), частоту дыхательных движений (f , цикл/мин), пиковую объёмную скорость форсированного выдоха (ПОС, л/с), максимальную вентиляцию лёгких (MVC , л), жизненную ёмкость лёгких (VC , л). Фракционное содержание кислорода и углекислого газа в пробах выдыхаемого (FE_{O_2} , FE_{CO_2} , об.%) воздуха определяли с использованием газоанализаторов ПГА-КМ и ПГ-ДУМ. В дальнейшем рассчитывали скорость потребления кислорода (VO_2 , мл/мин) и выделения углекислого газа (VCO_2 , мл/мин), вентиляционный эквивалент по кислороду (B_{EO_2} , отн.ед), процент утилизации кислорода (ΔFO_2), кислородную стоимость дыхательного цикла (VO_2/f , мл/цикл/мин), относительные величины легочной вентиляции (VE/W , л/мин/Ватт) и скорости потребления кислорода (VO_2/W , мл/мин/Ватт). Объёмные показатели приведены к условиям VT_{PS} , а показатели газообмена к альвеолярным. Функциональные возможности системы внешнего дыхания оценивали по параметрам резервов мощности (VC , ПОС, MVC), эффективности (B_{EO_2} , VO_2/f , ΔFO_2) и мобилизации (VT/VC , VE/MVC). Исследования проводились в условиях относительного покоя и при выполнении двухступенчатого велоэргометрического теста [5]. Результаты обрабатывались статистически с использованием t -критерия Стьюдента и корреляционного анализа.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как следует из представленных результатов исследования, девушки с различным уровнем работоспособности обладали различными приспособительными возможностями, которое в полной мере можно характеризовать функциональными резервами кардиореспираторной системы. Значительная роль в реализации метаболического запроса организма отводится системе внешнего дыхания. Оценка состояния вентиляторной и газообменной функций лёгких девушек проводилась как в состоянии покоя, так и при выполнении дозированных физических нагрузок (табл. 1).

Таблица 1.
Показатели вентиляторной и газообменной функции девушек 19-20 лет с
различным уровнем физической работоспособности

Показатели	группа	покой	1 нагрузка	2 нагрузка	P1-2	P1-3	P2-3
f, цикл/мин	НУФР	20,4±0,5	22,8±0,2	28,6±0,3	p<0,001	p<0,001	p<0,001
	СУФР	18,0±0,2	20,2±0,2	31,1±0,2	p<0,001	p<0,001	p<0,001
	ВУФР	14,0±1,07	25,1±0,2	27,2±0,3	p<0,001	p<0,001	p<0,001
V _T ,мл	НУФР	630,0±41,0	1226,7±45,4	1860±26,5	p<0,001	p<0,001	p<0,001
	СУФР	568,3±13,5	1057,3±23,5	1516±123,5	p<0,001	p<0,001	p<0,001
	ВУФР	537,8±10,0	1286,8±50,5	1515,8±100,3	p<0,01	p<0,001	p<0,05
VE,л/мин	НУФР	13,01±0,64	26,2±0,92	53,6±3,25	p<0,001	p<0,001	p<0,001
	СУФР	10,23±0,87	20,74±1,07	47,2±1,87	p<0,001	p<0,001	p<0,001
	ВУФР	7,53±1,07	32,3±1,95	41,23±8,25	p<0,001	p<0,001	
PE O ₂ ,мм.рт. ст	НУФР	124,2±1,8	119,5±0,9	118,6±1,2	p<0,05	p<0,05	
	СУФР	127,71±1,90	116,1±0,80	114,2±0,97	p<0,001	p<0,001	
	ВУФР	114,7±2,1	112,6±1,0	111,2±1,3			
PE CO ₂ ,мм рт.ст	НУФР	22,2±0,5	27,9±1,0	29,5±0,9	p<0,001	p<0,001	
	СУФР	21,6±0,4	30,1±0,6	30,8±0,2	p<0,001	p<0,001	p<0,001
	ВУФР	25,6±0,9	31,3±0,9	32,8±0,6	p<0,001	p<0,001	
VO ₂ , мл/мин	НУФР	448±11,0	1100,4±45,1	2123,6±75,2	p<0,001	p<0,001	p<0,001
	СУФР	343,2±10,0	904,9±35,1	1950±40,1	p<0,001	p<0,001	p<0,001
	ВУФР	325,8±10,0	1392,2±15,6	1616±20,5	p<0,001	p<0,001	p<0,001
VCO ₂ , мл/мин	НУФР	369,7±11,7	998,5±46,1	2124,7±57,4	p<0,001	p<0,001	p<0,001
	СУФР	274,4±12,1	805,3±21,7	1755±41,7	p<0,001	p<0,001	p<0,001
	ВУФР	244,2±12,0	1127,7±22,3	1325,1±31,4	p<0,001	p<0,001	p<0,001

В условиях относительного покоя для девушек с низким уровнем работоспособности характерным являлся высокий объем легочной вентиляции, величина которого составляла 13,01±0,64 (л/мин), что на 27,5 % выше значений, зарегистрированные в группе СУФР, (p<0,05) и на 72,8 %, (p<0,001) больше по отношению к группе ВУФР. Высокие значения VE в группе НУФР были связаны с тахипноическим паттерном дыхания, тогда как с ростом показателей физической работоспособности, особенно в группе ВУФР, паттерн дыхания приобретал черты брадипноического. Формирование брадипноического паттерна дыхания, снижение величины дыхательного объема примерно до 537,8±10,0 мл у девушек с высоким уровнем работоспособности является проявлением феномена экономизации функции и свидетельствует о значительном расширении функциональных резервов организма. Высокая вентиляторная активность в состоянии относительного покоя у девушек группы НУФР нашла свое отражение и в кинетике респираторных газов. Зарегистрированы высокие значения парциального давления кислорода в пробах выдыхаемого воздуха, величина которого составляла 124,2±1,8 мм рт.ст. и низкие величины PE_{CO₂} в пределах 21-22 мм рт.ст. по сравнению с показателями в группе ВУФР, (p<0,05-0,01). Отмеченная динамика изменения состава выдыхаемого воздуха может свидетельствовать об избыточной вентиляции в состоянии покоя,

что в дальнейшем может являться провоцирующим фактором развития гипокapнического состояния. Относительная гипервентиляции в состоянии покоя в группе НУФР сопровождалась увеличением скорости потребления кислорода до $448,8 \pm 11,0$ мл/мин и выделения углекислого газа до $369,7 \pm 11,7$ мл/мин, что на 30,0 %, ($p < 0,001$) больше относительно показателей в группе СУФР и примерно в 1,5 раза ($p < 0,001$) выше значений, зафиксированных в группе ВУФР. Данный факт может свидетельствовать о росте энергетических трат респираторной мускулатуры и повышение кислородной «стоимости» дыхания.

Таким образом, в состоянии относительно покоя для девушек с низкими показателями физической работоспособности характерным является тахипноический тип дыхания, относительная гипервентиляция, высокие энергетические траты респираторной мускулатуры. С повышением физической работоспособности паттерн дыхания приобретал черты брадипноического, отмечалась экономизация вентиляторной функции, снижение энергетических трат на осуществление дыхательного акта. Все эти изменения можно связать с ростом функциональных резервов и повышением приспособительных возможностей организма.

Вместе с тем физиологические характеристики системы внешнего дыхания в состоянии покоя не дают полного представления о её функциональных возможностях. Использование физических нагрузок в этой связи является тем инструментом, который позволяет выявить адаптационную тренированной системы и её функциональные резервы. С этой целью использовали велоэргометрический тест, состоящий из двух нагрузок различной мощности (табл. 1). Предъявление организму функциональных требований в виде физических нагрузок сопровождалось у обследуемых различных групп активизацией легочной вентиляции. Однако выраженность вентиляторной реакции была различна. Так как в группах обследуемых использовали нагрузки различной мощности, то с целью объективной оценки достигнутых уровней вентиляторной реактивности рассчитывали относительную величину прироста VE на один Ватт выполняемой нагрузки (рис. 1).

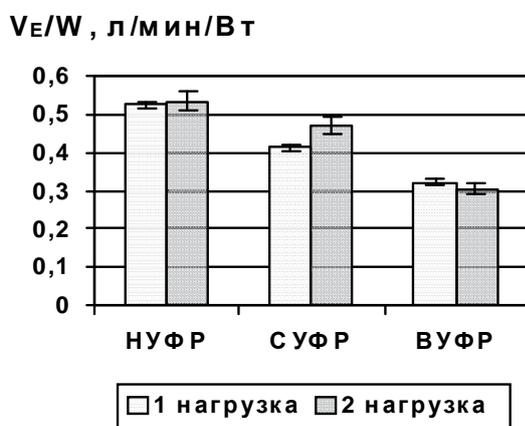


Рис. 1. Относительные величины вентиляторной реакции обследуемых при выполнении нагрузочного теста.

Как видно из графика в группах девушек НУФР и СУФР вентиляторная реакция носила ярко выраженный характер, при этом наибольшие величины прироста объёма легочной вентиляции наблюдались в группе девушек с низким уровнем физической работоспособности. С началом выполнения нагрузочного теста относительный прирост вентиляции составил у них в среднем $0,525 \pm 0,028$ л/мин/Вт и практически в дальнейшем не изменялся. В группе СУФР зарегистрировано ступенчатое повышение вентиляторной реакции с $0,414 \pm 0,019$ л/мин/Вт на первой нагрузке до $0,472 \pm 0,016$ л/мин/Вт в конце нагрузочного теста ($p < 0,05$). Для обследуемых девушек с высоким уровнем физической работоспособности характерным являлись низкие значения VE/Вт, не превышавшие $0,323 \pm 0,014$ л/мин/Вт на каждой ступени нагрузки. Во всех группах обследуемых легочная вентиляция увеличивалась при выполнении физической работы, как за счёт роста частотного компонента, так и объёмных характеристик дыхания. Вместе с тем следует отметить, что при выполнении стандартной физической нагрузки мощностью 100 Ватт (для групп НУФР и СУФР это вторая, а для группы ВУФР первая нагрузка) величина дыхательного объёма была минимальной в группе ВУФР и не превышала величины $1286,8 \pm 50,0$ мл. У девушек со средними и низкими показателями физической работоспособности этот показатель возрастал до $1516,0 \pm 23,5$ мл и $1860,0 \pm 26,5$ мл соответственно, ($p < 0,001$). Для девушек групп СУФР и НУФР характерным было также и более выраженное увеличение частотных характеристик дыхания по сравнению с обследуемыми группы ВУФР. Формирование паттерна дыхания, характеризующегося значительными объёмно-частотными составляющими, представляется энергетически не выгодным с точки зрения обеспечения приспособительного эффекта [6]. Значительные энергетические траты, связанные с работой респираторной мускулатуры, очевидно, могут служить лимитирующим фактором эффективности мышечной деятельности. На Рисунке 2 представлены относительные показатели потребления кислорода у обследуемых при выполнении нагрузки мощностью 100 Ватт.

VO₂/W, мл/мин/Вт

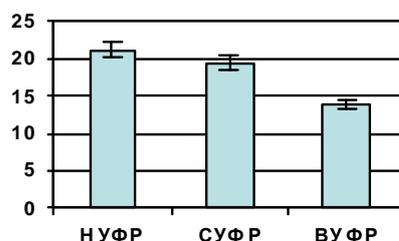


Рис. 2. Относительные величины потребления кислорода у обследуемых при выполнении нагрузки 100 Вт.

Как видно из графика, наибольшие энергетические траты, связанные с преодолением нагрузки были у девушек с низким и средним уровнем физической работоспособности. На один Ватт мощности выполняемой нагрузки потребление

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АДАПТАЦИОННЫХ РЕЗЕРВОВ...

кислорода составляло у них $22,0 \pm 0,1$ и $19,5 \pm 0,2$ мл/мин/Вт соответственно. У девушек с высоким уровнем работоспособности энергетические траты были значительно ниже и не превышали значений $13,9 \pm 1,1$ мл/мин/Вт, ($p < 0,001$), что может свидетельствовать о достаточно высокой эффективности кислородтранспортной системы в обеспечении мышечной деятельности. Следовательно, чем выше физическая работоспособность у девушек 19-20 лет, тем в меньшей степени выражена вентиляторная реакция на стандартную физическую нагрузку, и тем меньше энергетические траты респираторной мускулатуры в валовом расходе энергии организмом.

С ростом эффективности вентиляции улучшались условия для газообмена в легких. К числу наиболее информативных показателей, характеризующих активность газообменных процессов, относят величины парциальное давление кислорода и углекислого газа в составе выдыхаемого воздуха. Изменение показателей PEO_2 и $PECO_2$ напрямую связано с уровнем газообмена и вентиляторной реакцией и определяет направленность приспособления внешнего дыхания в связи с меняющимися условиями [7] (рис. 3).

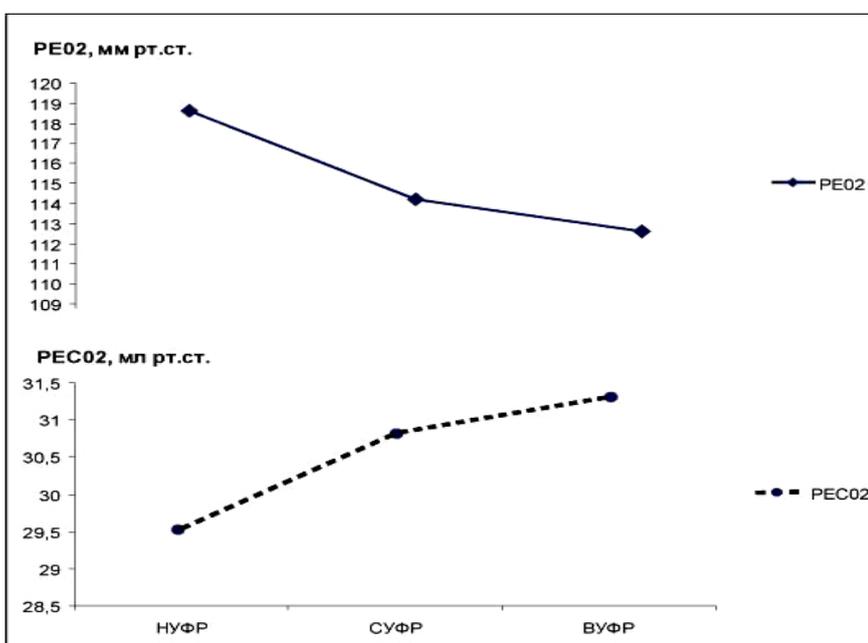


Рис. 3. Изменение состава выдыхаемого воздуха у обследуемых при выполнении нагрузки 100 Вт.

При предъявлении организму повышенных функциональных требований в виде физической нагрузки, мощностью 100 Ватт, у девушек с различным уровнем работоспособности отмечается разнонаправленное изменение газообмена. Для лиц с низким уровнем работоспособности характерным являются высокие значения PEO_2

в пределах $118,6 \pm 1,2$ мм рт.ст. и низкие величины $PECO_2$, составляющие $29,5 \pm 0,9$ мм рт.ст. по отношению к девушкам групп СУФР и ВУФР, ($p < 0,05$). С повышением физической работоспособности отмечалось снижение pO_2 и повышение pCO_2 в пробах выдыхаемого воздуха. Данная динамика свидетельствует с одной стороны о росте возможностей для обеспечения адекватного кислородного режима организма, а с другой стороны созданию условий для поддержания изокапнического уровня CO_2 .

Учитывая то, что адаптационные возможности организма определяются в первую очередь функциональными резервными основными физиологическими систем, то выявление их уровня представляется крайне важным аспектом интегральной оценки активной жизнеспособности человека. Значительная роль в приспособительных реакциях организма отводится системе внешнего дыхания как основного звена единой кислородтранспортной системы. Потенциальные резервы системы дыхания характеризуются её способностью обеспечить адекватный кислородный режим организма за счет реализации резервов мощности, мобилизации и эффективности (табл. 2).

Таблица 2

Показатели резервных возможностей системы внешнего дыхания девушек 19-20 лет с различным уровнем физической работоспособности С.Н.

Показатели и условия		НУФР	СУФР	ВУФР	P1-2	P1-3	P2-3
VC, л	Покой	$3,5 \pm 0,2$	$3,6 \pm 0,2$	$3,41 \pm 0,7$			
	1 нагрузка	$3,5 \pm 0,1$	$3,2 \pm 0,7$	$4,12 \pm 0,1$		$p < 0,001$	
	2 нагрузка	$3,5 \pm 0,1$	$3,2 \pm 0,2$	$4,07 \pm 0,1$	$p < 0,05$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
MVC, л	Покой	$95,1 \pm 1,2$	$102,4 \pm 0,9$	$159,1 \pm 2,5$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
PEV, л/с	Покой	$5,50 \pm 0,3$	$5,02 \pm 0,4$	$6,7 \pm 0,9$			
	1 нагрузка	$5,90 \pm 0,2$	$5,84 \pm 0,2$	$7,0 \pm 0,3$		$p < 0,05$	$p < 0,05$
	2 нагрузка	$5,4 \pm 0,2$	$6,1 \pm 0,2$	$7,3 \pm 0,5$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
$V_T / VC, \%$	2 нагрузка	$53,7 \pm 1,5$	$47,2 \pm 2,0$	$37,3 \pm 1,8$	$p < 0,05$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
VE/ MVC, %	2 нагрузка	$56,1 \pm 1,1$	$46,2 \pm 1,5$	$25,9 \pm 1,0$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
R, отн.ед	Покой	$0,82 \pm 0,02$	$0,80 \pm 0,02$	$0,75 \pm 0,01$		$p < 0,05$	$p < 0,05$
	1 нагрузка	$0,90 \pm 0,04$	$0,89 \pm 0,01$	$0,81 \pm 0,01$		$p < 0,05$	$p < 0,001$
	2 нагрузка	$0,99 \pm 0,04$	$0,90 \pm 0,01$	$0,82 \pm 0,01$	$p < 0,05$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
$\Delta FO_2, \text{ об\%}$	Покой	$3,4 \pm 0,1$	$3,0 \pm 0,1$	$4,8 \pm 0,1$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
	1 нагрузка	$4,2 \pm 0,1$	$4,6 \pm 0,1$	$5,2 \pm 0,1$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
	2 нагрузка	$4,1 \pm 0,1$	$4,9 \pm 0,1$	$5,3 \pm 0,1$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
VO ₂ /f мл/цикл/мин	Покой	$21,9 \pm 1,1$	$19,0 \pm 0,8$	$23,2 \pm 0,5$	$p < 0,05$		$p < 0,001$
	1 нагрузка	$48,2 \pm 1,0$	$45,2 \pm 0,9$	$55,6 \pm 1,1$	$p < 0,05$	$p < 0,001$	$p < 0,001$
	2 нагрузка	$75,8 \pm 1,2$	$62,9 \pm 1,0$	$59,4 \pm 1,2$	$p < 0,001$	$p < 0,001$	$p < 0,05$

Наиболее информативными показателями, характеризующими резервы мощности системы дыхания, являются жизненная ёмкость лёгких (VC),

максимальная вентиляция лёгких (MVC), пиковая объёмная скорость форсированного выдоха (PEV). Резервы мобилизации оценивали по отношению величины дыхательного объёма к жизненной ёмкости легких (VT/VC) и отношению объёма лёгочной вентиляции к уровню максимальной вентиляции лёгких (VE/MVC). Резервы эффективности характеризовали показателями дыхательного коэффициента (R), процентной величиной утилизации кислорода (ΔF_{O_2}), кислородной «стоимости» дыхательного цикла (VO_2/f).

Как известно, способность поддерживать адекватный метаболическому запросу уровень вентиляции характеризуется величиной VC [8]. Как следует из представленных результатов, значения VC в состоянии покоя у девушек с различным уровнем работоспособности практически не различались и находились в пределах возрастной нормы. В месте с тем при проведении динамической спирометрии в группе девушек СУФП зарегистрирован рост величины жизненной ёмкости легких при выполнении стандартной нагрузки, мощностью 100 Ватт до $4,12 \pm 0,10$ л, ($p < 0,001$), тогда как этот показатель в группах НУФР и СУФР не изменялся. Можно предположить, что обеспечение высокого уровня физической работоспособности связано с необходимостью увеличения активности респираторной мускулатуры, что является необходимым условием роста толерантности к физическим нагрузкам. Важной характеристикой резервов мощности системы внешнего дыхания является способность поддерживать высокий уровень вентиляции и объёмно-скоростные характеристики бронхиальной проходимости (рис. 4).

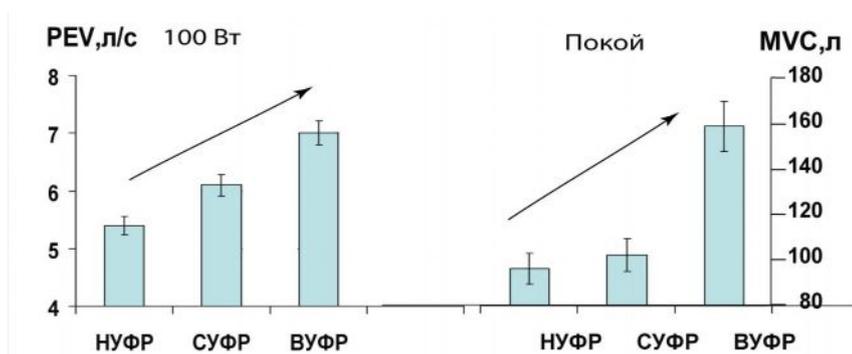


Рис. 4. Сравнительная характеристика резервов мощности в группах с различным уровнем физической работоспособности.

Определение уровня максимальной произвольной вентиляции даёт возможность оценить потенциальные вентиляторные способности системы дыхания. Девушки с высоким уровнем физической работоспособности обладали значительными способностями к осуществлению вентиляторной функции. Величины MVC у них в среднем составляли $159,1 \pm 2,5$ л, что на 40,2 %, ($p < 0,001$) выше значений девушек группы НУФР и на 35,6%, ($p < 0,001$), превышали данные группы СУФР. Способность развивать высокую вентиляторную мощность в

значительной степени определяет объёмно-скоростные характеристики воздушного потока в бронхах. Наименьшие значения пиковой объёмной скорости воздушного потока в бронхах при нагрузке 100 Ватт были зарегистрированы в группе девушек НУФР, ($5,4 \pm 0,2$ л/с). С ростом физической работоспособности повышались и показатели бронхиальной проходимости, особенно при функциональной нагрузке. В группе девушек СУФР за счет роста мощности дыхательного аппарата пиковые значения максимального форсированного выдоха увеличивались до $6,1 \pm 0,2$ л/с, ($p < 0,05$), тогда как в группе ВУФР эти значения составляли $7,0 \pm 0,3$ л/с, ($p < 0,05$).

Резервы мобилизации системы внешнего дыхания при выполнении стандартной физической нагрузки могут свидетельствовать о степени реализации резервных возможностей, направленных на осуществление приспособительного эффекта (рис. 5).

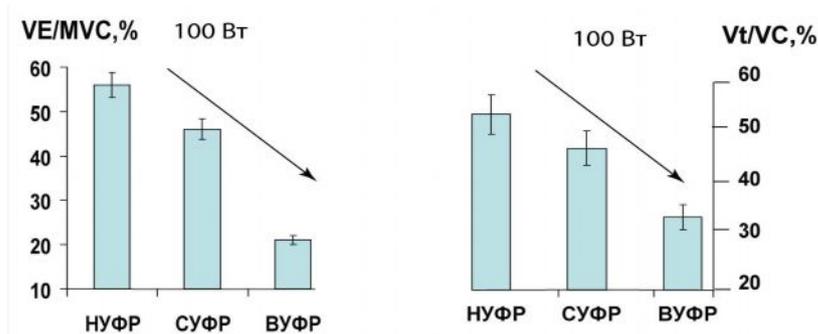


Рис. 5. Сравнительная характеристика резервов мобилизации в группах с различным уровнем физической работоспособности.

По этому, чем в меньшей степени задействованы резервы в процессе адаптации, тем выше потенциальные ресурсы системы. Анализируя полученные результаты, следует обратить внимание на то, что девушки с высоким уровнем физической работоспособности значительно превосходили своих сверстниц из других групп по способности эффективно адаптироваться к физическим нагрузкам. Так, для обеспечения адекватного кислородного режима организма в условиях повышенного функционального запроса, увеличение дыхательного объёма у них не превышало 37,3% жизненной ёмкости легких, тогда как в группе НУФР эти значения возрастали до 47,2 %, ($p < 0,01$), а для девушек группы НУФР требовалось использование более 53,7% VC, ($p < 0,01$) для обеспечения адекватного вентиляторного ответа. Оценивая использование резервов мобилизации по соотношению VE/MVC при стандартной физической нагрузке можно определить уровень напряжения вентиляторного аппарата в реализации метаболического запроса организма. Наиболее значительные вентиляторные ресурсы использовались девушками с низким уровнем физической работоспособности. Уровень легочной вентиляции у них составлял 56,1 % максимальной вентиляции легких при выполнении нагрузки в 100 Ватт, что может свидетельствовать о значительных энергетических тратах на осуществление вентиляции. Наименьшие значения VE/MVC были зарегистрированы в группе ВУФР, которые не превышали 25,9 %, ($p < 0,001$). Следовательно, чем выше уровень физической работоспособности

девушек, тем в меньшей степени реализуются потенциальные возможности аппарата дыхания при стандартной физической нагрузке, тем в большей степени выражен экономизирующий эффект.

Об эффективности легочной вентиляции судили по показателям дыхательного коэффициента и величине утилизации кислорода (рис. 6.).

Дыхательный коэффициент, как известно, характеризует, с одной стороны, уровень метаболизма, а с другой стороны свидетельствует о степени развития гипервентиляции в ответ на функциональную нагрузку [9].

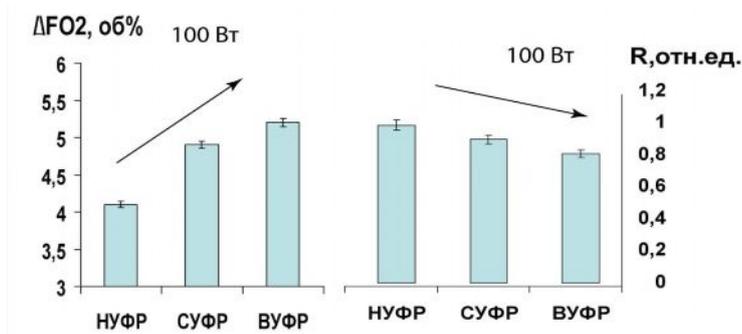


Рис. 6. Сравнительная характеристика резервов мобилизации в группах с различным уровнем физической работоспособности.

Как видно из рисунка наибольшие значения дыхательного коэффициента при нагрузке в 100 Ватт были зафиксированы в группе НУФР, когда его величины приближались в среднем к 1,00, ($p < 0,01$), что можно классифицировать как состояние гипервентиляции, сопровождающиеся значительным усилением элиминации метаболического CO_2 через легкие. В группе девушек с высоким уровнем работоспособности величины дыхательного коэффициента не превышали значений $0,81 \pm 0,01$, ($p < 0,01$), что даёт основание сделать заключения о росте эффективности системы внешнего дыхания в обеспечении газового гомеостаза организма. Важным параметром эффективности системы внешнего дыхания является также показатель утилизации кислорода. Наибольшие значения ΔFO_2 , как в состоянии покоя, так и при нагрузке 100 Ватт зарегистрированы в группе ВУФР. Снижение вентиляторной реакции у девушек этой группы сопровождалось ростом эффективности газообменной функции, что нашло свое отражение в увеличении утилизации кислорода из вдыхаемого воздуха в среднем на 50,0 %, ($p < 0,01$) относительно девушек с низким и средним уровнем физической работоспособности. Данная динамика сохранилась и при выполнении стандартной физической нагрузки: с ростом физической работоспособности возможности утилизации кислорода возрастали, при этом уровень вентиляторной реактивности снижался.

Таким образом, с ростом физической работоспособности у девушек 19-20 лет отмечалось повышение функциональных резервов, увеличение эффективности и экономичности респираторной системы.

ВЫВОДЫ

1. Функциональные резервы респираторной системы являются лимитирующим фактором физической работоспособности девушек 19-20 лет, что в значительной степени ограничивает приспособительные возможности организма.
2. Для девушек с низким уровнем физической работоспособности характерным являлись тахипноический паттерн дыхания, высокая вентиляторная активность в состоянии покоя, измененный баланс CO_2 в организме, значительные энергетические траты респираторной мускулатуры. Рост энергетического потенциала организма у девушек групп СУФР и ВУФР сопровождался оптимизацией вентиляторной функции и кислородного режима организма. Выявленный эффект экономизации респираторной системы проявлялся в большей степени по мере повышения уровня физической работоспособности девушек.
3. При выполнении стандартного нагрузочного теста выявлены различные уровни вегетативного обеспечения деятельности. Наиболее выраженные вентиляторные реакции отмечались в группе НУФР. Так, относительный прирост вентиляции у них превышал значения VE/W в группе СУФР в среднем на 20,0 %, ($p < 0,01$), а в группе ВУФР на 41,0 %, ($p < 0,001$); скорость потребления кислорода VO_2/W при этом увеличивалась более чем на 37,0%, ($p < 0,001$) относительно группы ВУФП. У девушек с различным уровнем работоспособности выявлены разноплановые изменения в газообмене, связанные с кинетикой респираторных газов: для лиц с низким уровнем работоспособности характерными были высокие значения PO_2 и низкие величины PCO_2 в составе выдыхаемого воздуха. С повышением физической работоспособности уровень газообмена изменялся, обеспечивая газовый гомеостаз организма.
4. Реализация потенциальных резервов мощности, мобилизации и эффективности респираторной системы при выполнении физических нагрузок характеризует её способности обеспечить адекватный кислородный режим организма. Так, максимальный уровень произвольной вентиляции у девушек группы ВУФР составлял около 160 л, что на 35,6 % выше значений группы СУФР и на 40,2 % группы НУФР, ($p < 0,001$). Наименьшие значения пиковой объёмной скорости воздушного потока в бронхах были зарегистрированы в группе НУФР, не превышавшие $5,4 \pm 0,2$ л/с. Рост мощности дыхательного аппарата у девушек групп СУФР и ВУФР сопровождался увеличением ПОС, при чем максимальные значения были отмечены у девушек с высоким уровнем физической работоспособности в пределах $7,0 \pm 0,2$ л/с, ($p < 0,01$). Высокий уровень толерантности к физическим нагрузкам у девушек группы ВУФР определялся меньшим напряжением респираторной системы в обеспечении метаболического запроса организма, что проявлялось снижением энергетических трат на осуществление вентиляции. При этом показатели эффективности возрастали.

Список литературы

1. Агаджанян Н.А. Проблемы адаптации и учение о здоровье / Н.А. Агаджанян, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева // Москва, Из-во Российского университета дружбы народов. – 2006. – 281 с.
2. Апанасенко Г.Л. Эволюция биоэнергетики и здоровье человека / Г.Л. Апанасенко // С-П.: МГП «Петрополис», 1992. – 124 с.
3. Виру А.А. Аэробные упражнения. / А.А. Виру, Т.А. Юримяз, Т.А. Смирнова // Москва. Из-во «Физическая культура и спорт». – 1988. – 142 с.
4. Дубилей В.В. Физиология и патология системы дыхания у спортсменов / Дубилей В.В., Дубилей П.В., Кучкин С.Н. – Казань, 1991. – 143 с.
5. Аулик И.В. Определение физической работоспособности в клинике и спорте / Аулик И.В. // М.- Медицина, 1990. – 192 с.
6. Бреслав И.С. Паттерн дыхания / Бреслав И.С. // Ленинград Наука. – 1984. – 204 с.
7. Норейко Б.А. Клиническая физиология дыхания / Норейко С.Б. // Донецк: КИТИС, 2000. – 116 с.
8. Кучкин С.Н. Резервы дыхательной системы при различных уровнях аэробной производительности / С.Н. Кучкин // Физиология человека. 1983. – Т.9., №3 – С.406–415.
9. Шишкин Г.С. Функциональная вариабельность показателей вентиляции и газообмена у здоровых молодых мужчин в Западной Сибири / Г.С. Шишкин, Н.В. Устюжанникова // Физиология человека – 2006. –Т.32., №3. – С. 70–83.

Буков Ю.О. Порівняльна характеристика адаптаційних резервів респіраторної системи дівчат 19-20 років з різним рівнем фізичної працездатності / Ю.О. Буков, О.М. Мініна // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 24-35.

Проведені дослідження адаптаційних резервів респіраторної системи молодих дівчат з різним рівнем фізичної працездатності. Виявлено, що енергетичні ресурси організму багато в чому визначаються функціональними резервами кислородтранспортної системи.

Ключові слова: дівчата, респіраторна система, фізична працездатність, функціональні резерви.

Bukov U.A. Comparative description of adaptation backlogs of respirator system of girls is 19-20 years with different level of physical capacity / U.A. Bukov, E.N. Minina // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 24-35.

Researches of adaptation backlogs of the respirator system in young girls were performed with the different level of physical capacity. It is exposed, that the energy resources of organism are determined in a great deal by functional backlogs of the oxygen-transport system.

Keywords: girls, respirator system, physical capacity, functional backlogs.

Поступила в редакцію 10.11.2011 г.

УДК 612.21/. 22: 612.28] – 055.2-053.9

ИЗМЕНЕНИЯ ПАТТЕРНА ДЫХАНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ЛЕГКИХ У ЖЕНЩИН ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА ПОД ВЛИЯНИЕМ ХЕМОРЕЦЕПТОРНОГО СТИМУЛА

Букова А.В.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: tnu-fr @rambler.ru*

Проведены исследования паттерна дыхания и вентиляционной функции легких женщин пожилого возраста. Выявлены возрастные особенности регуляции дыхания. Определены диагностические возможности хеморецепторной стимуляции в оценке функционального состояния респираторной системы лиц пожилого возраста.

Ключевые слова: женщины пожилого возраста, хеморецепторный стимул, паттерн дыхания, вентиляция.

ВВЕДЕНИЕ

Старение можно определить как неизбежно и закономерно нарастающий во времени процесс, ведущий к уменьшению приспособительных возможностей организма. В ходе старения на физиологические изменения в органах и тканях накладываются внешние патогенетические воздействия, которым человек подвергается в течении жизни. Ведущими причинами, способствующими активизации процессов дезинтеграции, следует считать снижение стимулирующих влияний различных средовых факторов на адаптационные резервы стареющего организма.

Старение организма сопряжено с большим числом обменных и регуляторных изменений, конечные следствия которых проявляются сужением адаптационных возможностей. Отмечена неразрывная связь старения с фундаментальными закономерностями биологической организации – теми, которые определяют способность организма и к сохранению самостождественности, и к эквифинальному то есть к устойчивому развитию [1]. Поскольку возрастной фактор носит антигомеостатический, дезадаптационный характер, то в процессе гомеостатического регулирования возникают количественные и качественные изменения в согласованности систем, обеспечивающих гомеостаз. В свою очередь механизмы гомеостаза имеют конечную функциональную способность, определяемую физическими ограничениями процессов саморегуляции. Применительно к определенным физиологическим параметрам эту способность можно определить через величину отклонения, с которым организм способен справиться [2]. В комплексе исследований механизмов гомеостатической регуляции

важное место занимает изучение возрастных особенностей системы внешнего дыхания. Это обусловлено, прежде всего, значением аппарата внешнего дыхания в обеспечении организма кислородом и существенной ролью гипоксии в генезе возрастных изменений ряда органов и систем, особенно при преждевременном старении, а также необходимостью выявления причин и механизмов, определяющих развитие ряда заболеваний органов дыхания при старении [3]. В этой связи знание нормативных показателей функций системы внешнего дыхания у пожилых людей, так и понимание механизмов их изменения в процессе старения позволит определить эндогенные предпосылки формирования заболеваний бронхо-легочной системы [4].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Было обследовано 20 женщин в возрасте 65-70 лет. Вентиляционную функцию легких и паттерн дыхания изучали методом пневмотахометрии с использованием прибора «Спиро-Тест РС» с компьютерной обработкой регистрируемых показателей. При этом фиксировали следующие функциональные показатели: объем легочной вентиляции (VE, л/мин), дыхательный объем (VT, мл), частоту дыхательных движений (f, цикл/мин), ЖЕЛ вдоха (ЖЕЛвд, л), форсированную ЖЕЛ (ФЖЕЛ, л), объем форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ 1, л), пиковую объемную скорость (ПОС, л/с), мгновенную объемную скорость на уровне 25, 50, 75 % ЖЕЛ (МОС 25, МОС 50, МОС 75, л/с), среднюю объемную скорость на уровне 25-75 % ЖЕЛ (СОС25-75, л/с), среднюю объемную скорость на уровне 75-85 % ЖЕЛ (СОС 75-85, л/с), ЖЕЛ выхода (ЖЕЛвыд, л), резервный объем вдоха (РОвд, мл), резервный объем выдоха (Ровыд, мл), отношение времени выдоха ко времени вдоха (Твыд/Твд), ёмкость вдоха (Евд, л), длительность дыхательного цикла (Тцикл., с), длительность инспираторной (Ti, с) и экспираторной (Te, с) фаз. Оценивали уровень дыхания (УД, отн.ед) по соотношению РОвыд/РОвд, проводили пробу Тифно-Вотчала (ОФВ1/ЖЕЛвд, %). Фактические показатели сравнивали с должными значениями. Хеморецепторную стимуляцию проводили в течение 10 минут дыхания гипоксически-гиперкапнической газовой смесью, содержащей 17,0 % O₂ + 4,0% CO₂.

Математическая обработка полученных результатов проводилась с использованием программы STATISTICA V.6.0. Для оценки достоверности отличий использовали t-критерий Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Кратковременные ингаляции гиперкапническими газовыми смесями, как известно, позволяют определить не только функциональные резервы системы внешнего дыхания, но и выявить возрастные изменения в механизмах регуляции вентиляционной функции. Особое внимание при этом следует обратить на состоянии механики дыхания, обеспечивающей необходимый уровень инспираторного и экспираторного потоков, изменения которых во многом определяют газовый гомеостаз организма. Оценивая исходное состояние механики дыхания женщин пожилого возраста, следует обратить внимание на ряд возрастные

изменений, ограничивающих возможности для обеспечения эффективной вентиляции (табл. 1).

Таблица 1.
Изменения показателей механики дыхания у женщин пожилого возраста под влиянием хеморецепторного стимула (n=20, X±Sx)

ПОКАЗАТЕЛИ		ФОН	СТИМУЛЯЦИЯ	ρ
ЖЕЛ вд	Фактические, л	2,08±0,16	2,14±0,13	> 0,05
	Должные значения, л	2,74±0,14	2,95±0,18	
	%	80,0	77,9	
ФЖЕЛ	Фактические, л	2,27±0,16	2,47±0,14	> 0,05
	Должные значения, л	2,79±0,13	2,80±0,17	
	%	80,2	88,5	
ОФВ ₁	Фактические, л	1,94±0,19	2,12±0,18	> 0,05
	Должные значения, л	2,32±0,16	2,29±0,19	
	%	84,1	93,4	
ОФВ ₁ / ФЖЕЛ	Фактические, %	85,3	86,8	> 0,05
	Должные значения, %	79,2	79,0	
	%	106,9	110,0	
ПОС	Фактические, л/с	3,85±0,18	5,13±0,16	< 0,001
	Должные значения, л/с	5,65±0,24	5,64±0,17	
	%	68,0	92,3	
МОС ₂₅	Фактические, л/с	3,23±0,21	4,72±0,24	< 0,001
	Должные значения, л/с	4,97±0,18	4,95±0,16	
	%	65,6	94,5	
МОС ₅₀	Фактические, л/с	2,32±0,13	3,22±0,20	< 0,01
	Должные значения, л/с	3,89±0,21	3,55±0,19	
	%	65,0	91,2	
МОС ₇₅	Фактические, л/с	1,67±0,09	1,51±0,08	> 0,05
	Должные значения, л/с	1,67±0,10	1,50±0,07	
	%	100,0	102,5	
СОС ₂₅₋₇₅	Фактические, л/с	2,24±0,19	3,15±0,22	< 0,01
	Должные значения, л/с	2,71±0,18	2,74±0,23	
	%	82,9	101,3	

В первую очередь это относится к респираторной мускулатуре, функциональные возможности которой резко снижаются под влиянием процессов старения. При этом дегенеративно-дистрофические нарушения затрагивают как в инспираторные, так и в экспираторные мышцы, что приводит к их ригидности, падению сократительной способности. Так, функциональная недостаточность инспираторной мускулатуры проявилась снижением величины ЖЕЛвдоха по отношению к должным значениям более чем на 20,0%, ($p < 0,05$). Очевидно, возрастные изменения сопряжены с неспособностью диафрагмы и наружных

межреберных мышц обеспечить рост инспираторной активности при легочных объемах, превышающих 75-80 % ЖЕЛ вдоха. Возрастная недостаточность экспираторной мускулатуры проявлялась в свою очередь падением скорости воздушного потока при форсированном выдохе в бронхах большого и среднего калибра, когда значения МОС25 и МОС50 определяются главным образом силой мышечного сокращения. Эти показатели в среднем составляли 65,0% должных значений, ($p < 0,01$). Так же зарегистрировано значительное снижение ПОС в среднем на 1,8 л/с, ($p < 0,01$).

Кратковременная хеморецепторная стимуляция сопровождалась развитием респираторного ацидоза, активизацией синокаротидных и медуллярных рефлексогенных зон, увеличением легочной вентиляции [5]. Однако вместо ожидаемого значительно усиления инспираторной активности в ответ на действие гиперкапнического драйва, зарегистрирован рост скорости экспираторного потока в бронхиальной системе. Так, показатели пиковой объёмной скорости форсированного выдоха возросли на 1,28 л/с, ($p < 0,001$), значения МОС25 и МОС50 на 46,1 % и 38,5 % соответственно, ($p < 0,001$).

Возможно, несмотря на усиление центральной инспираторной активности, существенную роль в ограничении инспираторной фазы играют морфологические возрастные изменения дыхательного аппарата, особенно в мышцах грудной клетки [3]. В этой связи за счет уменьшающейся по мере старения дыхательной подвижности реберно-позвоночных и реберно-грудинных суставов, экскурсия диафрагмы резко сниженными становятся возможности для осуществления активного вдоха. Кроме того нельзя исключать возрастные ограничения предельных возможностей центральной регуляции дыхания, вследствие чего интенсивность эфферентных импульсов из дыхательного центра оказывается ниже, чем у молодых [6]. Вместе с тем следует отметить, что при гиперкапнии происходит усиление возбуждения экспираторных нейронов вентрального дыхательного ядра. Активность экспираторной части вентрального ядра повышается за счет хеморецепторного входа. Кроме того, возбуждение экспираторных нейронов облегчается импульсами рецепторов растяжения легких. Частота разрядов многих из этих нейронов, в особенности бульбо-спинальных, увеличивается при раздувании легких. Соответственно, раздувание легких усиливает экспираторную активность внутренних межреберных мышц и косых мышц живота [8]. Очевидно, одним из проявлений процесса старения может служить нарушение отношений между инспираторными и экспираторными нейронами, что способствует ослаблению рефлекса Беринга-Брейера. К числу возможных механизмов, обеспечивающих увеличение скорости воздушного потока в бронхах при форсированном выдохе в ответ на усиление хеморецепторного драйва, следует отнести экспираторное закрытие дыхательных путей [9]. Возможно, увеличение концентрации углекислоты в бронхах может способствовать изменению тонуса бронхиальной мускулатуры, что обеспечит рост внутрибронхиального давления по отношению к плевральному при форсированном выдохе. Таким образом, точка равного давления сместится в более мелкие бронхи и тем самым обеспечит более позднее закрытие дыхательных путей.

Объёмно-временные параметры дыхательного цикла в состоянии покоя и при хеморецепторной стимуляции представлены в Таблице 2.

Таблица 2.

Изменение параметров паттерна дыхания у женщин пожилого возраста под влиянием хеморецепторного стимула (n=20, X±Sx)

№	Показатели	ФОН	СТИМУЛЯЦИЯ	ρ
1	ЖЕЛ, л	2,70±0,09	3,03±0,10	<0,05
2	РО вд, л	1,75±0,12	1,70±0,14	>0,05
3	ДО, л	0,671±0,03	0,816±0,02	<0,01
4	РО выд, л	0,279±0,09	0,486±0,10	<0,001
5	Е вд, с	2,35±0,17	2,47±0,12	>0,05
6	МОД, л/мин	12,15±0,90	15,18±1,10	<0,05
7	Твыд/Твд, от.ед	1,44±0,06	1,32±0,04	<0,05
8	ЧД, цикл/мин	17,8±0,7	18,6±0,9	>0,05
9	Ровыд/Ровд, отн.ед	0,15±0,04	0,33±0,06	<0,05

В состоянии относительного покоя при дыхании атмосферным воздухом у женщины пожилого возраста зарегистрирован повышенный объём легочной вентиляции, составлявший 12,15±0,90 л/мин. Основной вклад в вентиляционные характеристики дыхания в большей степени можно отнести на счет дыхательного объёма, равнявшегося 0,671±0,03. При достаточно высоких значениях VE в состоянии покоя жизненная ёмкость легких, определяющая вентиляционные резервы, не превышала 2,70±0,09 л. При этом процентное распределение составляющих ЖЕЛ было следующим: VT 24,8 %; РОвдох. 64,8 %; РОвыд. 10,4 %. Соотношение фаз выдоха и вдоха при спокойном дыхании составляло 1,44±0,06, что позволяет сделать заключение о наличии обструктивных процессов в бронхах. Для женщин пожилого возраста также был характерен низкий уровень дыхания. Соотношение РОвыд./РОвдох не превышало значений 0,15±0,04, что может свидетельствовать о гипервентиляции, сопровождающейся усилением процессов элиминации метаболического CO₂.

Гиперкапнический стимул оказал значительное влияние, как на инспираторную активность дыхательного центра, так и на объёмно-временные параметры дыхательного цикла. Объём легочной вентиляции возрос в среднем на 3,0 л/мин, (p<0,05) в первую очередь за счет увеличения VT более чем на 20,0 %, (p<0,01) при этом отмечалось укорочение фазы выдоха на что указывает уменьшение Te/Ti до 1,32 отн.ед., (p<0,05). Гиперкапнический стимул, как известно, в большей степени усиливает центральную инспираторную активность, с которой непосредственно связано увеличение дыхательного объёма [10]. Однако существует механизм инспираторного выключения, связанный с усилением импульсной активности с рецепторов растяжения легких. Так, у молодых людей прогрессирующая гиперкапния начинает укорачивать вдох, когда дыхательный объём достигнет примерно 1,5 л. Возможно при старении снижается порог чувствительности

механорецепторов легких и реакция на ограничение вдоха включается при меньших объемах раздувания легких. Длительность экспираторной фазы наиболее лабильный компонент паттерна дыхания. Значительная роль в регуляции этой фазы связана с длительностью предшествующего вдоха и интенсивностью хеморецепторной стимуляции дыхания. Можно предположить, что у пожилых людей в связи с ранним укорочением вдоха и ограничением активности центральных структур в регуляции дыхания фаза выдоха укорачивается, но повышается её активность.

Ингаляция гиперкапнической газовой смесью способствовала изменению уровня дыхания. Увеличение $P_{O_{выд}}$, при этом обеспечивало рост отношения $P_{O_{выд}}/P_{O_{вд}}$, до $0,33 \pm 0,06$ отн.ед., ($p < 0,05$). Формирование более высокого уровня дыхания у пожилых людей в условиях гиперкапнии обусловлено феноменом ретенции метаболической углекислоты в связи с увеличением pCO_2 в альвеолах лёгких. Следовательно, кратковременное дыхание газовой смесью с повышенным содержанием углекислого газа способствует росту напряжения CO_2 в организме и может быть использовано с целью коррекции гипокапнических состояний у лиц пожилого возраста.

ВЫВОДЫ

1. Выявлены возрастные изменения, ограничивающие возможности для обеспечения эффективной вентиляции у женщин пожилого возраста. Так, функциональная недостаточность инспираторной мускулатуры проявилась снижением величины ЖЕЛВдоха по отношению к должным значениям более чем на 20,0%, ($p < 0,05$). Тогда как возрастные изменения экспираторной мускулатуры были связаны падением скорости воздушного потока при форсированном выдохе в бронхах большого и среднего калибра.
2. Хеморецепторная стимуляция сопровождалась усилением как инспираторной, так и экспираторной активности. Однако в большей степени отмечался рост экспираторного потока. Так, показатели пиковой объёмной скорости форсированного выдоха возросли на 1,28 л/с, ($p < 0,001$), значения МОС25 и МОС50 на 46,1 % и 38,5 % соответственно, ($p < 0,001$). Существенную роль в ограничении инспираторной фазы играют морфологические возрастные изменения дыхательного аппарата, нарушения отношений между инспираторными и экспираторными нейронами. К числу возможных механизмов, обеспечивающих увеличение скорости воздушного потока в бронхах при форсированном выдохе в ответ на усиление хеморецепторного драйва, следует отнести смещение точки раннего экспираторного закрытия дыхательных путей.
3. Хеморецепторный стимул оказал влияние, как на инспираторную активность дыхательного центра, так и на объёмно-временные параметры дыхательного цикла. Объём легочной вентиляции возрос в среднем на 3,0 л/мин, ($p < 0,05$) в первую очередь за счет увеличения VT более чем на 20,0 %, ($p < 0,01$) при этом отмечалось укорочение фазы выдоха ($p < 0,05$). Определен механизм инспираторного выключения, связанный со снижением порога чувствительности механорецепторов легких. Ингаляция гиперкапнической газовой смесью

способствовала изменению уровня дыхания. Увеличение $PO_{\text{выд.}}$, при этом обеспечивало рост отношения $PO_{\text{выд.}}/PO_{\text{вд.}}$ до $0,33 \pm 0,06$ отн.ед., ($p < 0,05$). Формирование более высоко уровня дыхания у пожилых людей в условиях гиперкапнии обусловлено феноменом ретенции метаболической углекислоты в связи с увеличением pCO_2 в альвеолах лёгких.

Список литературы

1. Войтенко В.П. Системные механизмы развития и старения / В.П. Войтенко, А.М. Полухов. – Ленинград: Наука, 1986. – 280 с.
2. Горизонтов С.В. Гомеостаз / Горизонтов С.В. – М: Медицина, 1981. – 440 с.
3. Коркушко О.В. Возрастные изменения дыхательной системы при старении и их роль в развитии бронхо-легочной патологии / О.В. Коркушко, Д.Ф. Чеботарев, Н.Д.Чеботарев // Украинський пульмонологічний журнал. – 2005. – №3. – С. 35–41.
4. Фещенко Ю.И. Проблемы хронических обструктивных заболеваний легких / Ю.И. Фещенко // Украинський пульмонологічний журнал. – 2002. – №1. – С. 5–10.
5. Человек в условиях гипоксии и гиперкапнии / [Агаджанян Н.А., Полунин И.Н., Степанов В.К., Поляков В.Н]. – Астрахань-Москва, 2001. – 340 с.
6. Иванов Л.А. Особенности вентиляционной функции легких при гиперкапнии в пожилом и старческом возрасте / Л.А. Иванов // Физиология человека. – 1985. – Т.11., №2. – С. 272–279.
7. Бреслав И.С. Паттерны дыхания человека при гиперкапнии и гипоксии / И.С.Бреслав, А.М. Шмелёва, С.М. Сидиков // Физиологический журнал. – 1983. – Т. 119., №4. – С.18–24.
8. Бреслав И.С. Регуляция дыхания / И.С. Бреслав, В.Д. Глебовский – Ленинград: Наука, 1981. – 280 с.
9. Зильбер А.П. Дыхательная недостаточность / Зильбер А.П. – М.: Медицина, 1989. – 511 с.
10. Буков Ю.А. Работоспособность в условиях измененной газовой среды. Кислород. Азот. Гелий, CO_2 / Ю.А. Буков, Н.П. Красников – Симферополь, 1998. – 211с.

Букова А.В. Особливості механіки дихання у жінок похилого віку / А.В. Букова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 36-42.

Проведені дослідження патерну дихання і вентиляційної функції легких жінок літнього віку. Виявлені вікові особливості регуляції дихання. Визначені діагностичні можливості хеморецепторної стимуляції в оцінці функціонального стану респіраторної системи осіб літнього віку.

Ключові слова: жінки похилого віку, хеморецепторний стимул, патерн дихання, вентиляція.

Bukova A.V. Respiratory mechanics properties in elderly women / A.V. Bukova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 36-42.

Respiratory pattern and ventilating function were investigated in the elderly women. The age properties in respiratory regulation were exposed. Diagnostic abilities of chemoreceptive stimulation in the elderly women's respiratory system functional state determination were estimated.

Keywords: elderly women, chemoreceptive stimulation, respiratory pattern, ventilating.

Поступила в редакцію 17.11.2011 г.

УДК 379.8

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ОСНОВНЫЕ ЭКСПОЗИЦИИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ТАВРИЧЕСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ В.И.ВЕРНАДСКОГО

Ворошилова Н.В., Касьян И.А., Вашкевич Е.А.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: Khlyzina@ukr.net*

Полученные результаты подтверждают неравномерность распределения рекреационной нагрузки на основные композиции Ботанического сада ТНУ имени В.И. Вернадского. Они могут найти практическое применение при определении путей регулирования рекреационной нагрузки.

Ключевые слова: экспозиция, рекреант, рекреационная нагрузка.

ВВЕДЕНИЕ

В течение последних десятилетий проблема рационального использования и охрана природных ресурсов становится все более актуальной и злободневной. В природных ресурсах планеты ведущее место занимает растительный мир. Зеленые массивы выполняют весьма важную социальную роль. Человек испытывает потребность быть на лоне природы, находиться среди растений. Растения благотворно действуют на психику человека, поднимают его жизненный тонус, способствуют эстетическому воспитанию.

Важную роль в изучении, обогащении, охране растительного мира, а также в экологическом образовании и воспитании играют ботанические сады. Ландшафты, которые используются для рекреационных целей, представляют собой ценнейшие природные участки, занимающие особое место в жизни человека. Они являются необходимым условием существования человека, местом его поселений, разнообразной деятельности, а также для отдыха и туризма. Наряду с сохранением территории, объекты природно-заповедного фонда Украины в соответствии со ст. 9 Закона Украины «Про природно-заповідний фонд України» [1] при условии соблюдения природоохранного режима, регламентированного этим Законом и другими Актами действующего законодательства Украины, могут использоваться в оздоровительных и других рекреационных целях.

В настоящее время изучение последствий рекреационной нагрузки на парковый биогеоценоз является актуальной задачей. Это обусловлено тем, что во многих рекреационных ландшафтах сокращается площадь лесных насаждений за счет вытаптывания и уплотнения рекреационных территорий. Кроме того, ежегодно с ростом урбанизации повышается спрос на места отдыха, однако стихийное

освоение рекреационных территорий приводит к снижению экологической защищенности ландшафтов.

Целью настоящей работы является сравнительная оценка рекреационной нагрузки на основные экспозиции ботанического сада ТНУ имени Вернадского.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований служит территория основных экспозиций ботанического сада Таврического национального университета имени В.И.Вернадского.

При выполнении работы мы использовали описательный, оценочный методы, метод анализа, применяли регистрационно-измерительный метод, который предназначен для проведения наблюдений и основан на регистрации посетителей и времени пребывания их на пробных площадях.

Основная информация, представленная в работе, получена при проведении визуальных наблюдений и подсчетов непосредственно авторами, а также при анализе литературных данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ботанический сад Таврического национального университета имени В.И.Вернадского основан в 2004 году на базе парка-памятника «Салгирка», расположенного на юго-восточной окраине города Симферополя. Территория ботанического сада представляет единый историко-природный комплекс, включающий усадьбы академика П.С.Палласа и графа М.С.Воронцова [2].

Ботанический сад является структурным подразделением университета и выполняет следующие основные функции: 1) научно-исследовательскую; 2) природоохранную; 3) учебную; 4) воспитательную; 5) просветительскую. Общая земельная площадь сада составляет 32 га. В настоящее время в коллекциях сада насчитывается около 3500 видов, разновидностей, форм и сортов декоративных деревьев и кустарников, цветочных, эфиромасличных и технических культур. Наиболее обширно представлены следующие культуры: розы, ирисы, сирени, тюльпаны, канны, лилейники, растения закрытого грунта и др.

Основную часть занимает коллекция древесно-кустарниковых видов – дендрарий. Большинство древесно-кустарниковых групп посажено в соответствии с декоративно-куртинным, художественно-эстетическим и систематическим принципами. К регулярным посадкам следует отнести аллеи, являющиеся настоящим украшением ботанического сада: кедрово-сакуровая, ореховая, катальповая, каштановая, туевая и др.

За время существования сада организовано несколько специализированных экспозиций: моносад роз (розарий), экспозиция декоративных кустарников (сирингарий), малая экспозиция декоративных многолетников (иридарий), большая экспозиция декоративно-цветочных культур (Большая поляна), экспозиция растений закрытого грунта (зимний сад) и др. Восстановлено функционирование каскада водоемов, где создается экспозиция водных и прибрежно-водных растений. В 2011 году открыт лабиринт, где представлена коллекция семейства Rosacea.

На территории сада сформировалась разнообразная в видовом отношении естественная фауна, которая тесно связана с его растительным миром и составляет неотъемлемую часть всего экологического комплекса.

Непрерывно возрастающий процесс вовлечения все большего числа людей в циклы рекреационных занятий обуславливает процесс интенсификации использования территории, что ведет к повышению уровня воздействия рекреантов на природные комплексы. В этой связи возникла проблема оптимизации рекреационных нагрузок на природные комплексы в целях предотвращения их деградации и сохранения комфортных условий рекреационной деятельности. Сущность этой проблемы сводится к обоснованию экологической нагрузки на природные комплексы путем установления нормативов рекреационного воздействия на них. Природные комплексы и составляющие их элементы существенно различаются по своей потенциальной устойчивости к рекреационным нагрузкам. Под нормой рекреационных нагрузок обычно понимается единовременная нагруженность, измеряемая численностью людей в единицу времени на единицу площади, например, человеко-час/га [3]. Если же ввести в это понятие также период интенсивного рекреационного использования территории в течение суток, то мы получим более достоверную нагрузку на природный комплекс с запроектированным заданным временем. Рекреационная нагрузка является тем показателем, который отражает совокупное воздействие рекреационной деятельности на ландшафтные комплексы. В качестве источника воздействия, который необходимо нормировать, принимается количество рекреантов. Ключевое значение имеют нормы допустимой единовременной рекреационной нагрузки, годовые и установленные на более длительный период для измерения рекреационной нагрузки допустимо применение двух единиц: 1) единовременное количество отдыхающих вида отдыха на единице площади в среднем за учетный период, обозначение – P ; 2) суммарное время вида отдыха на единице площади за учетный период, обозначение – i . Эти единицы связаны между собой следующими соотношениями, позволяющими перейти от одной к другой:

$$i = T X P \quad (1) \quad \text{и} \quad P = i X T^{-1} \quad (2),$$

где: i - час/га вида отдыха за учетный период; P - чел./га вида отдыха среднее единовременное за учетный период; T - продолжительность учетного периода в часах. Продолжительность учетного периода при измерении рекреационных нагрузок следует принимать равной одному году ($T = 1 \text{ год} = 8760 \text{ часов}$) по следующим причинам. Во-первых, год является основной единицей времени, принятой в планировании. Во-вторых, продолжительность отдыха в разных природных и экономических условиях существенно различается в связи с длиной дня, числом дней с комфортной погодой, структурой использования свободного времени, что приводит к определению несопоставимых величин рекреационных нагрузок при учете отдыхающих в несопоставимые по времени сроки (день, сезон и т.п.) [4]. Годовые учеты полностью охватывают сезонные и суточные изменения посещаемости природных объектов отдыхающими и позволяют определять корректные и сопоставимые величины рекреационных нагрузок. В-третьих, в

течение года осуществляются циклы нарушения и восстановления основных компонентов природных комплексов, поэтому годовые учеты отдыхающих позволяют объективно оценивать устойчивость комплексов к рекреационному воздействию. И, наконец, при наличии годовых учетов легко определить рекреационную нагрузку для учетного периода любой продолжительности.

Для достижения поставленных целей нами были проведены натурные эксперименты по определению факторов рекреативности (привлекательности экспозиций для отдыхающих). Для этого подсчитывалось количество рекреантов на выбранных экспозициях.

Для определения рекреационной нагрузки мы применяли регистрационно-измерительный метод, который предназначен для проведения наблюдений и основан на регистрации посетителей и времени пребывания их на пробных площадях. Были выявлены следующие факторы рекреативности:

Древесно-кустарниковые и цветочно-декоративные насаждения

Погода

Время суток

Возраст посетителей

Подсчет отдыхающих в период исследования свидетельствует о том, что наибольшее число рекреантов (включая организованных) приходится на выходные дни - около 400-500 человек в час, при условии хорошей погоды. В будние дни наибольшее число отдыхающих приходится на период с 14.00 до 20.00 в весеннее время и с 9.00 до 11.00 и с 18.00 до 20.00 в летнее время, с 12.00 до 18.00 в осеннее время, в зимнее время не наблюдалось пиков активности. В ходе исследования так же наблюдалась зависимость посещения экспозиций от погодных условий: в весеннее время при солнечной или малооблачной погоде при температуре в пределах +15 + 20 °С – наибольшая посещаемость экспозиций (розарий, сирингарий, Большая поляна); в летнее время наибольший поток рекреантов приходится на утренние и на вечерние часы, при снижении температуры до +22+25 °С; осенью, при положительных температурах и отсутствии осадков посещаемость сада выше, чем в облачную погоду [5]. Так же можно выявить зависимость исследуемых экспозиций (Иридарий (И), Большая поляна (П), Розарий (Р), Сирингарий(С)), от возраста рекреантов. По возрастным категориям можно выделить следующие группы: 1) дети с родителями, 2) от 15 до 24 лет, 3) 24-50 лет, 4) 50 и старше.

$I_1 = 20 \%$	$I_2 = 20 \%$	$I_3 = 25 \%$	$I_4 = 35 \%$
$П_1 = 25 \%$	$П_2 = 20 \%$	$П_3 = 30 \%$	$П_4 = 25 \%$
$Р_1 = 20 \%$	$Р_2 = 25 \%$	$Р_3 = 25 \%$	$Р_4 = 30 \%$
$С_1 = 40 \%$	$С_2 = 15 \%$	$С_3 = 20 \%$	$С_4 = 25 \%$

По результатам проведенных исследований можно сказать, что рекреационная нагрузка распределена по территории Ботанического сада неравномерно и зависит от многих факторов.

Таблица 1.

Сравнительная характеристика посещаемости основных композиций ботанического сада ТНУ имени В.И.Вернадского

Объект	Время года (средняя посещаемость, чел/час)				%
	зима	весна	лето	осень	
Иридарий	27	121	203	123	14,97
Поляна	60	257	238	276	26,25
Розарий	98	305	248	275	29,25
Сирингарий	113	237	287	298	29,54
Итого:	298	920	976	972	3,166

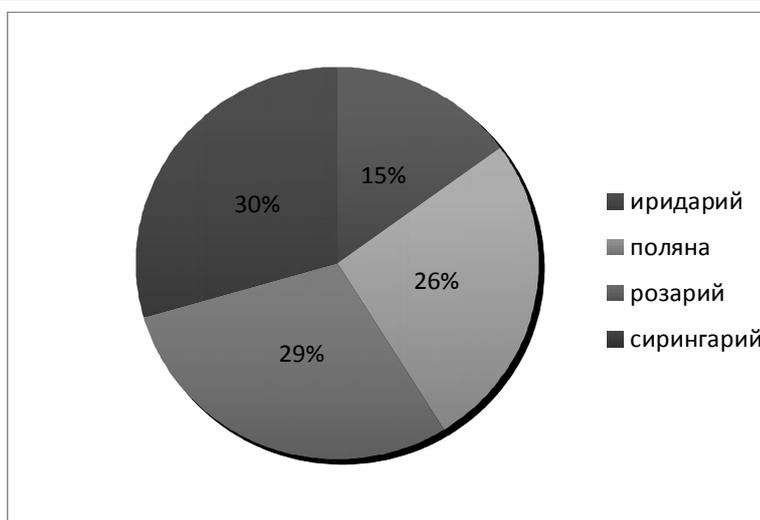


Рис. 1. Соотношение количества рекреантов на основных экспозициях ботанического сада ТНУ имени В.И.Вернадского.

ВЫВОДЫ

Полученные результаты позволили перейти к конкретизации перспектив использования рекреационного потенциала, экспериментальному определению рекреационной емкости различных экспозиций Ботанического сада. Они будут использованы при выработке методик информационно-рекламной деятельности, ценообразования и ассортимента платных услуг.

Список литературы

1. Закон України «Про природно-заповідний фонд України» № 2456-ХІІД 16.06.1992 р.// Відомості Верховної Ради України. – 1992. - № 34. С.502.
2. Ботанический сад Таврического национального университета имени В.И.Вернадского / [Репецкая А.И., Савушкина И.Г., Леонов В.В., Кирпичева Л.Ф.]. – К.:Льбидь, 2008. – 232 с.
3. Временная методика определения рекреационных нагрузок на нагрузки комплексы при организации туризма, экскурсий, массового повседневного отдыха и нагрузок нормы этих нагрузок. М., 1987. – 34 с.
4. Ветрова Н.М. Экологическая безопасность рекреационного региона / Н.М.Ветрова. – Симферополь: РИО НАПКС, 2006. – 326 с.
5. Учебная и воспитательная роль ботанических садов и дендропарков / Материалы международной конференции, 21-24 сентября 2009 г., Симферополь: Доля, 2009. – 214 с.

Ворошилова Н.В. Порівняльна характеристика рекреаційного навантаження на основні експозиції ботанічного саду Таврійського національного університету імені Вернадського / Н.В. Ворошилова, І.О.Касьян, Є.О. Вашкевич // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 43-48.

Отримані результати підтверджують нерівномірність розподілу рекреаційного навантаження на основні експозиції ботанічного саду ТНУ імені В.І.Вернадського. Вони можуть найти практичне використання при визначенні шляхів регулювання рекреаційного навантаження.

Ключові слова: експозиція, рекреант, рекреаційне навантаження.

Voroshilova N.V. Comparative investigation of recreational pressure on the main expositions of Taurida National V.I. Vernadsky University Botanical Garden / N.V. Voroshilova, I.A. Kasyan, Ye.A. Vashkevich // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 43-48.

Got results prove the irregularity of distribution of recreational pressure on the main expositions of Taurida National V.I. Vernadsky University Botanical Garden. The got results might find practical application during determination of the ways for regulation of recreational pressure.

Keywords: exposition, recreants, recreational pressure.

Поступила в редакцію 12.11.2011 г.

УДК 612.357.13:577.17

ВПЛИВ ПРОСТАГЛАНДИНУ $F_{2\alpha}$ НА ПІГМЕНТНИЙ СКЛАД ЖОВЧІ ЩУРІВ

Горенко З.А.¹, Карбовська Л.С.², Весельський С.П.¹

¹НДІ фізіології імені академіка Петра Богача Навчально-наукового центру «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

²Кафедра фізіології людини і тварин Навчально-наукового центру «Інститут біології» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

E-mail: geminiz@ukr.net

В гострих спробах на щурах з канюльованою загальною жовчною протокою досліджено вплив простагландину $F_{2\alpha}$ на вміст пігментів в жовчі. Встановлено, що простагландин $F_{2\alpha}$ в дозі 10 мкг/кг маси тіла тварини, введений внутрішньопортально, в цілому за дослід зменшує кількість секретованої жовчі на 28,7% ($p < 0,01$), а також вміст в ній основних пігментних похідних. Результати досліджень свідчать, що під впливом простагландину $F_{2\alpha}$ вільного білірубину екскретувалось на 46,3% ($p < 0,001$), моноглюкуронідмоноглюкозиду на 56,2% ($p < 0,001$) та диглюкуроніду білірубину на 18,5% ($p < 0,05$) менше щодо контролю. При цьому зменшення виділення з жовчю моноглюкуроніду та сульфату білірубину під впливом простагландину не було статистично значущим.

Ключевые слова: простагландин, печінка, пігменти жовчі, моноглюкуронід білірубину, диглюкуронід білірубину, вільний білірубін.

ВСТУП

Як відомо в складі всіх клітинних мембран є фосфоліпіди, котрі містять арахідонову кислоту – потенційне джерело ейкозаноїдів. Простагландини – універсальні біологічні регулятори, які задіяні в багатьох фізіологічних функціях, і можуть діяти локально як шляхом зв'язування з мембранним рецептором безпосередньо в місці синтезу, так і взаємодіючи з рецепторами сусідніх клітин. Чисельними експериментальними дослідженнями було встановлено ефекти простагландинів на органи шлунково-кишкового тракту. Так в хронічних дослідах на собаках з фістулами шлунка показано, що простагландин E_2 (ПГЕ₂) пригнічує шлункову секрецію, стимульовану гістаміном, пентагастрином, урехоліном і 2-диоксиглюкозою та зменшує вміст в соці іонів H^+ , K^+ , Cl^- а також пепсину [1]. У щурів ПГЕ₂ в малих концентраціях пригнічує, а у високих стимулює шлункову секрецію [2]. В кишечнику ефекти простагландинів спрямовані на регуляцію секреції бікарбонатів, а також на координацію скорочення та розслаблення гладеньких м'язів, що відіграє важливу роль у здійсненні моторики. У печінці простагландини модулюють функції всіх клітин шляхом взаємодії з простагландиновими рецепторами, виконують комунікативну функцію між паренхімними та не паренхімними клітинами цієї залози [3, 4], а також здатні контролювати функції непаренхімних клітин печінки як аутокринним [5], так і паракринним шляхом [6]. Так в експериментах на дуплетах гепатоцитів показано, що ПГЕ₂ та, особливо, $F_{2\alpha}$ (ПГФ_{2 α}) можуть посилювати або

гальмувати розповсюдження кальцієвих хвиль між клітинами печінки [7], що, в свою чергу, може відобразитись на гормональній регуляції метаболізму, секретії жовчі, відповіді на нервові імпульси, тощо. Окрім того в дослідях *in vivo* та *in vitro* показано, що простагландини стимулюють проліферацію гепатоцитів [8], при чому провідна роль належить EP3 рецепторам, а мінорна FP [9]. Проте, не зважаючи на існуючі дані джерел літератури про внутрішньоклітинні ефекти простагландинів в печінці, залишаються відкритими питання про участь цих біорегуляторів в регуляції жовчосекреторної функції печінки, зміни якісного складу пігментів жовчі при дії простаноїдів, що і стало темою наших досліджень.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Досліди проведені за умов гострої спроби на самцях білих лабораторних щурів масою 190-225 г. Тварини знаходились на звичайному харчовому раціоні віварію, а перед дослідом голодували (18-20 годин) з вільним доступом до води. Щоб уникнути похибок в оцінці отриманих результатів, пов'язаних із впливом добового обмінного ритму на холерез, спроби проводились в один і той же час доби (10⁰⁰-15⁰⁰). Оперативне втручання проводили під тіопенталовим наркозом (75 мг/кг маси тіла тварини в 1 мл фізіологічного розчину, внутрішньочеревно), в ході якого у відпрепаровану загальну жовчну протоку вводили тонку канюлю, з'єднану з мікропіпеткою, в яку збирали жовч. Дослідній групі щурів (n=6) у ворітну вену вводили ППГ_{2α} («Ензапрост-Ф»; ХІНОІН Будапешт, Угорщина) в дозі 10 мкг/кг маси тіла тварини, розчинений у фізіологічному розчині (з розрахунку об'єму 1 мл/кг маси тіла тварини). Контролем слугували спроби (n=7) із внутрішньопортальним введенням тваринам відповідного об'єму фізіологічного розчину. Впродовж досліді збирали 6 півгодинних порцій жовчі, враховуючи її об'єм (мкл/г маси тіла). У кожній відібраній пробі жовчі за допомогою розробленого нами методу [10] визначали концентрацію (мг%) окремих фракцій пігментів жовчі з подальшим розрахунком їх дебітів (мг/г маси тіла).

Статистична обробка даних проводилася за допомогою пакету програм STATISTICA 6.0 (StatSoft, USA). Для оцінки нормальності розподілу використовувався тест Шапіро-Вілка. Для оцінки значущих відмінностей між вибірками використовувався критерій Ст'юдента. Відмінності між групами вважались значущими при рівні значущості $p \leq 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Результати наших досліджень показали, що ППГ_{2α} впродовж всього досліді статистично вірогідно гальмував об'ємну швидкість холесекретії (рис. 1). Так вже в перші 30 хв після внутрішньопортального введення простагландину кількість секретованої печінкою щурів жовчі зменшилась на 32,5% ($p < 0,001$), в другі на 30,9% ($p < 0,001$), в треті на 29% ($p < 0,01$), в четверті на 27,1% ($p < 0,01$), в п'яті на 26,2% ($p < 0,01$) і в шості на 24,7% ($p < 0,01$). Всього за три години досліді із застосуванням простаноїду жовчі виділилось на 28,7% ($p < 0,01$) менше, ніж у контрольних тварин.

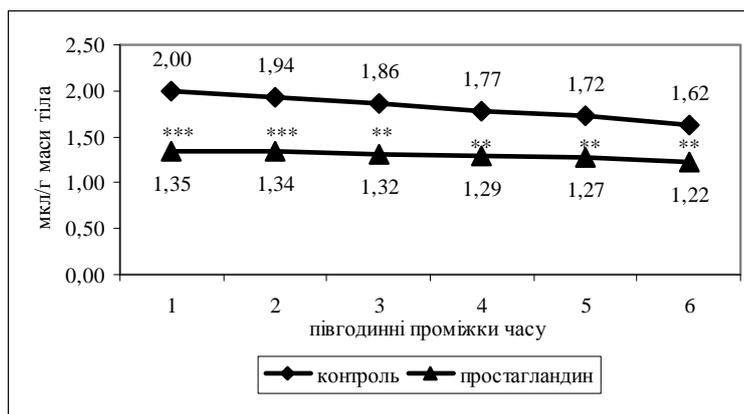


Рис. 1. Зміни об'ємної швидкості холерезу у щурів під впливом ПГF_{2α} в дозі 10 мкг/кг маси тіла (M±m); ** – (p<0,01); *** – (p<0,001)

Слід зазначити, що відомості джерел літератури щодо впливу простагландинів на рівень секреції жовчі суперечливі. Так дані клінічних досліджень свідчать, що при інтрадуоденальному введенні хворим препарату простагландину E₂ спостерігались холецистокінетичний та холеретичний ефекти, які супроводжувались пригніченням моторної активності дванадцятипалої кишки. При введенні синтетичних аналогів ПГF_{2α} зростає рівень холерезу з підвищеною секрецією хлоридів і бікарбонатів [11]. В експериментальних дослідженнях на тваринах або ізольованій перфузованій печінці одні автори спостерігали стимулюючий [12–15], а інші гальмівний ефект простагландинів на секрецію жовчі та шлункового соку [16–18]. При цьому автори припускають різні механізми дії простагландинів, а також залучення різних фізіологічно активних регуляторів опосередкованої дії. Зокрема, такими посередниками можуть бути арахідонова кислота, глюкокортикоїди, оксид азоту, секретин, глюкагон, котрі виявляють холеретичні властивості. Натепер відомо, що ПГF_{2α} може реалізувати свої ефекти як через власні FP рецептори, так і через EP1 та EP2 рецептори [19]. В свою чергу простагландин E₁, крім власних, взаємодіє з EP3 та IP, а E₂ – з EP3 та EP4 рецепторами [20]. Тому, розбіжність отриманих раніше даних може бути зумовлена не тільки видом піддослідних тварин, шляхом введення речовини, а й типом залучених до біологічної відповіді рецепторів.

Порівняльний аналіз змін концентрацій похідних білірубіну в жовчі контрольних дослідів і спроб із застосуванням простаноїду показав, що міліграмвідсотковий вміст вільного білірубіну (ВБ), його моно- (МГБ) та диглюкуронідів (ДГБ), моноглюкуронідмоноглюкозиду (МГМГЛБ) та сульфату білірубіну (СБ) змінюються по-різному (табл. 1).

Так під впливом простагландину показники концентрації вільного білірубіну в першій половині спроби були меншими за контрольні (табл. 1). Це зменшення становило в першому півгодинному проміжку часу 10,9%, в другому 6,9% і в третьому 17,1%. Проте статистично значущими ці зміни не були. В наступні півтори години спостерігалось статистично вірогідне зниження концентрації вільного

білірубину в жовчі – в четвертій півгодині на 31% ($p < 0,01$), в п'ятій на 45,4% ($p < 0,001$) і в шостій на 40,9% ($p < 0,001$).

Таблиця 1
Зміни концентрації (мг %) похідних білірубину в жовчі щурів
під впливом простагландину F_{2α} (M±m)

30-хв проміжки часу	Серія дослідів	ВБ	СБ	МГБ	МГМГлБ	ДГБ
1	К	0,247±0,022	0,064±0,004	3,10±0,22	0,134±0,008	4,17±0,31
	ПГ	0,220±0,015	0,068±0,008	3,32±0,19	0,120±0,009	4,62±0,18
2	К	0,261±0,014	0,054±0,007	3,19±0,25	0,153±0,009	4,51±0,27
	ПГ	0,243±0,015	0,088±0,008**	3,50±0,19	0,095±0,008***	4,85±0,17
3	К	0,263±0,020	0,056±0,008	3,24±0,23	0,177±0,010	4,53±0,27
	ПГ	0,218±0,011	0,105±0,009**	3,93±0,22	0,065±0,007***	5,13±0,17
4	К	0,287±0,023	0,063±0,006	3,26±0,31	0,171±0,009	4,59±0,30
	ПГ	0,198±0,010**	0,092±0,010*	3,82±0,23	0,082±0,006***	5,35±0,17
5	К	0,306±0,020	0,059±0,005	3,39±0,21	0,196±0,010	4,97±0,22
	ПГ	0,167±0,013***	0,073±0,008	3,52±0,21	0,117±0,006***	5,58±0,17
6	К	0,301±0,023	0,057±0,006	3,27±0,28	0,166±0,017	4,64±0,26
	ПГ	0,178±0,011***	0,057±0,008	3,87±0,22	0,135±0,008	5,53±0,13*

Примітки: * – ($p < 0,05$); ** – ($p < 0,01$); *** – ($p < 0,001$) щодо контролю;
 К – контроль, ПГ – простагландин F_{2α}

Подібна динаміка спостерігалась і в змінах концентрації моноглюкуронідмоноглюкозиду білірубину – показники концентрації цієї пігментної складової жовчі впродовж всього дослідження із застосуванням простаноїду були меншими контрольних значень (табл. 1). Так в першому півгодинному відрізку часу концентрація МГМГлБ зменшилась на 10,4%, в другому на 37,9% ($p < 0,001$), в третьому на 63,3% ($p < 0,001$), в четвертому на 52% ($p < 0,001$), в п'ятому на 40,3% ($p < 0,001$) і в шостому на 18,7%.

Динаміка змін концентрації сульфату, моно- та диглюкуроніду білірубину була іншою – їх міліграмвідсотковий вміст впродовж всього дослідження перевищував контрольні показники (табл. 1). Проте ці зміни мали певні особливості. Так показники концентрації моноглюкуроніду білірубину хоча в усіх пробах дослідження перевищували відповідні контролю, проте статистично значущими ці зміни не були. Збільшення впродовж спроби концентрації диглюкуроніду білірубину також було статистично невірним, за виключенням шостого півгодинного проміжку, в якому збільшення становило 19,2% ($p < 0,05$). Приріст концентрації сульфату білірубину в першій, п'ятій і шостій пробах дослідження не був статистично значущим, а в другій, третій та четвертій вірогідно перевищив контрольні значення відповідно на 38,6% ($p < 0,01$), 87,5% ($p < 0,01$) і 46% ($p < 0,05$).

Оскільки основним показником змін функціонального стану органу є дебіт, ми розраховували абсолютний вміст в жовчі досліджуваних похідних білірубину.

ВПЛИВ ПРОСТАГЛАНДИНУ F_{2α} НА ПІГМЕНТНИЙ СКЛАД ЖОВЧІ ЩУРІВ

Результати наших досліджень показали, що ПГF_{2α} зменшував кількість печінкового секрету та концентрації більшості похідних білірубину, що в свою чергу, зумовило зменшення дебітів всіх пігментних складових жовчі (табл. 2). Так вміст вільного білірубину впродовж всього досліду був статистично вірогідно меншим за контрольні показники (табл. 2). Це зменшення в першій пробі жовчі становило 38,5% (p<0,01), в другій 35,4% (p<0,01), в третій 39,9% (p<0,001), в четвертій 49,5% (p<0,001), в п'ятій 59,5% (p<0,001) і в шостій 55% (p<0,001). Всього за три години досліду із застосуванням простагландину печінка щурів екскретувала на 46,3% (p<0,001) вільного білірубину менше, ніж у контрольних тварин.

Таблиця 2

**Зміни дебіту (мкг/г маси тіла) похідних білірубину в жовчі щурів
під впливом простагландину F_{2α} (M±m)**

30-хв проміжки часу	Серія дослідів	ВБ	СБ	МГБ	МГМГЛБ	ДГБ
1	К	4,83±0,26	1,29±0,11	60,9±2,8	2,67±0,19	83,2±7,0
	ПГ	2,97±0,34**	0,90±0,10*	41,6±2,0***	1,62±0,17**	61,9±4,7*
2	К	5,03±0,20	1,04±0,12	61,1±4,0	2,95±0,18	87,0±5,0
	ПГ	3,25±0,38**	1,16±0,10	46,6±4,8*	1,24±0,10***	64,7±5,8*
3	К	4,79±0,26	1,05±0,17	59,8±4,4	3,29±0,24	83,4±5,1
	ПГ	2,88±0,31***	1,34±0,06	51,8±5,6	0,83±0,08***	67,5±6,1
4	К	5,01±0,22	1,13±0,14	57,5±5,3	3,03±0,17	80,8±4,7
	ПГ	2,53±0,22***	1,15±0,12	48,7±4,7	1,06±0,12***	69,0±6,5
5	К	5,11±0,25	1,00±0,10	57,6±3,6	3,35±0,24	84,5±4,0
	ПГ	2,07±0,21***	0,91±0,10	44,2±4,1*	1,47±0,12***	70,8±6,4
6	К	4,80±0,24	0,92±0,10	52,4±4,1	2,63±0,25	74,0±1,8
	ПГ	2,16±0,20***	0,67±0,08	47,0±4,7	1,65±0,16**	67,8±6,1
Сума	К	29,6±1,14	6,44±0,53	348,9±20,9	17,92±0,61	493,0±23,0
	ПГ	15,9±1,65***	6,13±0,54	279,9±25,3	7,85±0,67***	401,6±35,4*

Примітки: * – (p<0,05); ** – (p<0,01); *** – (p<0,001) щодо контролю;

К – контроль, ПГ – простагландин F_{2α}

Така ж динаміка спостерігалась у змінах абсолютного вмісту моноглюкуронідмоноглюкозиду білірубину (табл. 2). Вже в першому півгодинному проміжку часу після введення ПГF_{2α} дебіт МГМГЛБ зменшився на 39,3% (p<0,01), в другому на 58% (p<0,001), в третьому на 74,8% (p<0,001), в четвертому на 65% (p<0,001), в п'ятому на 65,1% (p<0,001) і в шостому на 37,3% (p<0,01). В сумі за дослід МГМГЛБ екскретувалось з жовчю на 56,2% (p<0,001) менше, ніж в контролі.

Порівняльний аналіз змін абсолютного вмісту моноглюкуроніду білірубину в жовчі контрольних дослідів і дослідів із застосуванням ПГF_{2α} показав, що під впливом простаноїду дебіт МГБ зменшився в першій пробі на 31,7% (p<0,001), в другій на 23,7% (p<0,05), в третій на 13,4%, в четвертій на 15,3%, в п'ятій на 23,3%

($p < 0,05$) і в шостій на 10,3%. В сумі за три години спроби печінка щурів екскретувала на 19,8% МГБ менше, ніж в контролі (табл. 2). Порівнюючи зміни дебіту диглюкуроніду білірубину в контролі і під впливом простагландину знаходимо, що при дії ейкозаноїду абсолютний вміст цієї пігментної складової жовчі також був меншим за контрольні показники впродовж всього періоду спостереження (табл. 2). Це зменшення становило в першій та другій пробах 25,6% ($p < 0,05$), в третій 19,1%, в четвертій 14,6%, в п'ятій 18,3% і в шостій 8,4%. В сумі за три години спроби дебіт ДГБ зменшився на 18,5% ($p < 0,05$).

Динаміка змін абсолютного вмісту сульфату білірубину після застосування ПГФ_{2α} була дещо іншою (табл. 2). Так дебіт цього компоненту в першій, п'ятій та шостій півгодинах був меншим за контрольні значення, проте статистично значущим таке зменшення було тільки в першому півгодинному проміжку часу (на 30,2%; $p < 0,05$). В другій, третій та четвертій пів годинах спостерігалось збільшення дебіту сульфату білірубину, проте воно не було достовірним. Така динаміка змін впродовж дослідження зумовила незначне (на 4,8%) зменшення дебіту сульфату білірубину щодо контрольних показників, котре не було статистично значущим.

Відомо, що свій вплив на функції печінки ПГФ_{2α} здійснює через взаємодію зі специфічними рецепторами, локалізованими на паренхімних і непаренхімних клітинах залози. З джерел літератури відомо, що простагландинові рецептори в печінці розташовані з певною зональністю [21, 22], про що свідчить різний рівень мРНК простаноїдних рецепторів в гепатоцитах та інших клітинах печінки. Так, велика кількість рецепторів ПГФ_{2α} виявляється в перипортальних зонах печінкової часточки, які надзвичайно важливі для здійснення процесів білярної екскреції органічних аніонів і жовчних кислот [23–26], порівняно з перивенозними зонами. На даний час відомо, що в гепатоцитах відбувається головним чином деградація простаноїдів, але має місце також синтез простагландинів E₂, F_{2α}, а також тромбоксану і простагліну [4]. Встановлено, що ендотеліальні клітини судин печінки продукують переважно простаглілін, який залучений в регуляцію синусоїдного кровотоку і фільтрації [4, 27, 28]. Разом з тим згідно з сучасними уявленнями існує внутрішньопечінкова циркуляція ПГФ_{2α} [21, 29], а також простагландину E та його метаболітів [11], що свідчить про важливу роль цих сполук в регуляції функцій печінки.

Таким чином, ефекти простагландинів пов'язані не тільки з координуваним контролем їх синтезу, активацією певних рецепторів, але й активним транспортом та внутрішньоклітинною деградацією. Саме тому простагландини можуть забезпечувати упорядкованість біохімічних реакцій всередині клітини і брати участь у складній нейрогуморальній регуляції процесів життєдіяльності тканин, органів, їх систем і всього організму вцілому.

ВИСНОВОК

У щурів в умовах гострого експерименту простагландин F_{2α} при внутрішньопортальному введенні в дозі 10 мкг/кг маси тіла знижує рівень холерезу та інтенсивність екскреції похідних білірубину з жовчю - гальмує екскрецію вільного білірубину, його диглюкуроніду, а також моноглюкуронідмоноглюкозиду білірубину.

При цьому вміст сульфату білірубину та моноглюкуроніду білірубину змінюється незаконномірно.

Список літератури

1. Mihas A.A. Inhibition of gastric secretion in the dog by 16,16-dimethyl prostaglandin E₂ / A.A. Mihas, R.G. Gibson, B.I. Hirschowitz // *Am. J. Physiol.* – 1976. – Vol. 230. – P.351–356.
2. Distribution of prostaglandin E receptor in the rat gastrointestinal tract / M. Ding, Y. Kinoshita, K. Kishi [et al.] // *Prostaglandins.* – 1997. – Vol. 53. – P.199–216.
3. Fennekohl A. Differential expression of prostanoid receptors in hepatocytes, Kupffer cells, sinusoidal endothelial cells of rat liver / A. Fennekohl, L. Henrike, J.K. Ungermaun, G.P. Püschel // *Journal of Hepatology.* – 1999. – Vol. 30. – P.38–47.
4. Tolman K.G. Eicosanoids and the liver / K.G. Tolman // *Prostaglandins and other Lipid Mediators.* – 2000. – Vol. 61. – P.163–174.
5. Peters T. Tumor necrosis factor alpha stimulates prostaglandin but not superoxide synthesis in rat Kupffer cells / T. Peters, T. Gaillard, K. Decker // *Eicosanoids.* – 1990. – Vol. 3. – P.115–120.
6. Kawada N. Eicosanoid-mediated contractility of hepatic stellate cells / N. Kawada, H. Klein, K. Decker // *Boichem. J.* – 1992. – Vol. 285. – P.367–371.
7. Effect of the prostaglandins PGF_{2α} and PGE₂ on calcium signaling in rat hepatocyte doublets / O. Koukoui, S. Boucherie, A. Sezan [et al.] // *Am.J.Physiol.Gastrointest.Liver Physiol.* – 2006. – Vol. 290. – P. G66–G73.
8. Kimura M. Prostaglandin E₂ (EP₁) receptor agonist-induced DNA synthesis and proliferation in primary cultures of adult rat hepatocytes: the involvement of TGF-α / M. Kimura, S. Osumi, M. Ogihara // *Endocrinology.* – 2001. – Vol.142. – P.4428–4440.
9. Meisdalen K. Prostaglandins enhance EGF-induced DNA synthesis in hepatocytes by stimulation of EP₃ and FP receptors / K. Meisdalen, O.F. Dajani, T. Christoffersen, D. Sandnes // *J.Pharmacol.Exp.Ther.* – 2007. – Vol. 322. – P.1044–1050.
10. Патент на корисну модель 41602 Україна, МПК G01N 33/52, G01N 33/72. Спосіб визначення спектра похідних білірубину та білівердину в біологічній рідині / Гарник Т.П., Макарчук М.Ю., Весельський С.П., Крохіна Т.І., Самоніна Г.О., Горенко З.А., Решетнік Є.М., Полетай В.М.; заявники та власники патенту Гарник Т.П., Макарчук М.Ю., Весельський С.П. - № u 200900708; заявл.30.01.2009; опубл.25.05.2009, Бюл.№ 10.
11. Нейрогуморальная регуляция пищеварения / [Под ред.В.Х.Василенко, Е.Н.Кочиной]. – М.: Медицина, 1983. – 228 с.
12. Cortese I. Effect of prostaglandin F_{2α} on biliary secretion in the rat / I.Cortese, G.Renna, G.Siro-Brigiani // *Boll.Soc.Ital.Biol.Sper.* – 1983. – Vol.59 (6). – P.813–816.
13. Kaminski D.L. Arachidonic acid metabolites in hepatobiliary physiology and disease / D.L. Kaminski // *Gastroenterology.* – 1989. – Vol.97 (3). – P.781–792.
14. Kaminski D.L. Evaluation of the role of the F prostaglandins in canine bile flow / D.L. Kaminski, Y.G. Deshpande // *Prostaglandins.* – 1980. – Vol. 20 (2). – P. 373–382.
15. Kaminski D.L. The relationship between glucagon and prostaglandin F in stimulating canine hepatic bile flow / D.L. Kaminski, Y.G. Deshpande // *Hepatology.* – 1986. – Vol. 6 (2). – P.275–281.
16. Beck K. Direct regulation on bile secretion by prostaglandins in perfused rat liver / K. Beck, S. Kneip, R. Arnold // *Hepatology.* – 1994. – Vol.19 (5). – P.1208–1213.
17. The role of nitric oxide in hemodynamic and metabolic alterations induced by prostaglandin F_{2α} in the perfused rat liver / H. Weidenbach, K. Beckh, M. Gunthor [et al.] // *Biochim.Biophys.Acta.* – 1995. – Vol.1245 (2). – P.181–186.
18. Reduction of bile secretion by prostaglandins in the rat in vivo / H. Weidenbach, J. Scheibner, E.F. Stange [et al.] // *Life Sci.* – 1996. – Vol.58 (18). – P.1531–1538.
19. Prostanoids and prostanoid receptors in signal transduction / C.L. Bos, D.J. Richel, T. Ritsema [et al.] // *International. J. Biochem. Cell Biol.* – 2004. – Vol.36. – P.1187–1205.
20. PGE₁ and PGE₂ modify platelet function through different prostanoid receptors / D. Iyu, M. Jüttner, J.R. Glenn [et al.] // *Prostaglandins & Other Lipid Mediators.* – 2011. – Vol. 94. – P. 9–16.

21. Prostaglandin responses in isolated perfused rat liver: Ca^{2+} and K^+ fluxes, hemodynamic and metabolic effects / D. Häussinger, T. Stehle, T.A. Tran-Thi [et al.] // *Biol. Chem.* – 1987. – Vol.368. – P.1509–1513.
22. Kmiec Z. Cooperation of liver cells in health and disease / Z. Kmiec // *Adv. Anat. Embryol. Cell. Biol.* – 2001. – Vol.161. – P. 1–151.
23. Bile secretion and liver cell heterogeneity in the rat / J.J. Gumucio, C. Balabaud, D.L. Miller [et al.] // *J. Lab. Clin. Med.* – 1978. – Vol.91(2). – P.350–362.
24. Cholic acid and chenodeoxycholic acid transport in the hepatic acinus in rats. Effect of necrosis of zone 3 induced by bromobenzene / S. Dionne, P. Russo, B. Tuchweber [et al.] // *Liver.* – 1990. – Vol. 10 (6). – P. 336–342.
25. Aiso M. Biliary excretion of bile and organic anions in zone 1- and zone 3-injured rats / M. Aiso, H. Takikawa, M. Yamanaka // *Liver.* – 2000. – Vol. 20(1). – P. 38–44.
26. Mottino A. Role of perivenous hepatocytes in taurolithocholate-induced cholestasis in vivo / A. Mottino, B. Tuchweber, G.L. Plaa, I.M. Yousef // *Toxicol. Lett.* – 2000. – Vol.116 (1-2). – P.69–77.
27. Kmiec Z. Cooperation of liver cells in health and disease / Z. Kmiec // *Adv. Anat. Embryol. Cell Biol.* – 2001. – Vol.161. – P.149–151.
28. Birney Y. Eicosanoids in cirrhosis and portal hypertension / Y. Birney, E. Redmond, J. Sitzmann, P. Cahill // *Prostaglandins and other Lipid. Mediat.* – 2003. – Vol.72. – P.3–18.
29. Intact biliary excretion of gastrically administered prostaglandin F₂ alpha in rats: developmental differences / A.D. Bedrick, M.A. Wells, D.L. Ford [et al.] // *Am.J.Physiol.Gastrointest.Liver Physiol.* – 1987. – Vol. 253. – P. G787–G792.

Горенко З.А. Влияние простагландина F_{2α} на пигментный состав желчи крыс / З.А. Горенко, Л.С. Карбовская, С.П. Весельский // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С.49-56

В острых опытах на крысах с канюлированным общим желчным протоком изучали влияние простагландина F_{2α} на содержание пигментов в желчи. Установлено, что простагландин F_{2α} в дозе 10 мкг/кг массы тела животного, введенный внутривенно, в целом за опыт уменьшает количество секретируемой желчи на 28,7% (p<0,01), а также содержание в ней основных пигментных производных. Результаты исследования свидетельствуют, что под влиянием простагландина F_{2α} свободного билирубина экскретировалось на 46,3% (p<0,001), моноглюкуронидмоноглюкозида на 56,2% (p<0,001) и диглюкуронида билирубина на 18,5% (p<0,05) меньше относительно контроля. При этом уменьшение выделения с желчью моноглюкуронида и сульфата билирубина под влиянием простанаоида не было статистически достоверным.

Ключевые слова: простагландин, печень, пигменты желчи, моноглюкуронид билирубина, диглюкуронид билирубина, свободный билирубин.

Gorenko Z.A. Effect of Prostaglandin F_{2α} on the rat bile pigment composition / Z.A. Gorenko, L.S. Karbovska, S.P. Veselsky // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No. 4. – P. 49-56.

Influence of Prostaglandin F_{2α} on pigment content in the bile was investigated in acute experiments on rats with cannulated common bile duct. It was established that Prostaglandin F_{2α} at the dose of 10 mkg/kg animal body weight after intraportal introduction decreased bile output (-28.7%, p<0.01) and basic pigmentary derivatives content on the whole experiments. The results of investigation demonstrate that under the influence of Prostaglandin F_{2α} unconjugated [indirect reacting] bilirubin excretion was decreased at 46,3% (p<0,001), monoglucuronidmonoglucoside at 56,2% (p<0,001) and diglucuronid bilirubin at 18,5% (p<0,05) compared with control. At the same time content of monoglucuronid and sulphate bilirubin in rat bile under the influence of prostanoid was invariable.

Keywords: prostaglandin, liver, bile pigments, monoglucuronid bilirubin, diglucuronid bilirubin, unconjugated bilirubin.

Поступила в редакцию 10.09.2011 г.

УДК. 616.36-018.7

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ НОЦИЦЕПТИВНОГО ФЛЕКСОРНОГО РЕФЛЕКСА В ОЦЕНКЕ БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Джелдубаева Э.Р., Чуян Е.Н.

*Таврический национальный университет им В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: delviza@rambler.ru*

Анализ литературы показал, что ноцицептивный флексорный рефлекс (НФР) дает возможность объективно количественно оценить порог боли у человека. Результаты многочисленных исследований НФР свидетельствуют об определенных соотношениях порога НФР с функциями ноцицептивной и антиноцицептивной систем. В настоящее время НФР активно применяется для изучения эффективности и механизмов действия различных лекарственных средств и физических факторов.

Ключевые слова: ноцицептивный флексорный рефлекс, болевая чувствительность, ноцицептивная и антиноцицептивная системы.

В последние годы в изучении болевой чувствительности все большее внимание уделяется электронейрофизиологическим методам диагностики, которые являются объективными для диагностики болевого синдрома [1–4]. На наш взгляд подробного обсуждения заслуживают исследования ноцицептивного флексорного рефлекса (НФР) [5–10], являющегося показательным не только для оценки состояния ноцицептивных и антиноцицептивных систем, но и влияния различных медиаторов, вовлеченных в контроль боли. Данный метод широко используется для изучения патофизиологии различных клинических синдромов, характеризующихся хронической болью или измененной болевой перцепцией [6], а также в экспериментальных исследованиях [11, 12]. Такие НФР, как корнеальный, мигательный, брюшные относятся к группе защитных рефлексов, однако обладают наибольшей информативностью. НФР интересен тем, что позволяет объективно количественно оценить порог боли у человека [13]. Доказано, что у здорового человека имеется тесная связь между порогом субъективного болевого ощущения и порогом возникновения этого рефлекса.

В связи с вышеизложенным, целью данной работы явился анализ имеющихся в литературе данных по исследованию болевой чувствительностью с помощью НФР.

Описание метода. НФР можно вызвать как с нижней, так и с верхней конечности, однако более распространено исследование с нижних конечностей [6]. Испытуемый должен сидеть в удобном кресле, ноги максимально расслаблены, колени согнуты под углом 130°, а стопа в голеностопном суставе должна

находиться под углом 90°. Следует учесть, что подача очень сильных стимулов не должна вызывать дистресс, поэтому необходимо следить, чтобы испытуемый был постоянно расслаблен. Из этих же соображений межстимульные интервалы также должны быть продолжительными. Можно использовать мониторинг некоторых вегетативных параметров (частота дыхания, частота сердечных сокращений) для выявления влияний эмоционального дистресса. Это очень важно, поскольку дистресс, активируя опиоидные системы, ингибирует НФР.

Стимулирующие электроды располагают позади латеральной лодыжки или несколько ниже по ходу малоберцового нерва, на расстоянии 2 см друг от друга, катод - проксимальнее, анод - дистальнее. Регистрирующие электроды располагают: катод на брюшке *m. biceps femoris capitis brevis*, анод - на сухожилии этой мышцы. Заземляющий электрод находится на середине между стимулирующими и регистрирующими электродами [14] (рис. 1).

Для вызова НФР требуется интенсивная электрическая стимуляция пачками импульсов продолжительностью 25 - 50 мс при частоте 100-300 Гц и длительностью 0,2-1 мс. Во избежание габитуации рекомендуется подавать пачки стимулов в нерегулярном порядке. Исследование начинают с подачи стимулов малой интенсивности, постепенно увеличивая ее, и наблюдают за появлением мышечных ответов.

В исследованиях В.К. Решетняк и др. [15], А.В. Гнездилова и др. [16] представлена методика регистрации НФР с мышц разгибателей кисти и пальцев в ответ на электрокожное раздражение 1-ой и 2-ой фаланг различных пальцев руки одиночными электрическими импульсами, длительностью 0,2 мс. При этом устойчиво-отчетливый паттерн разрядов *m. extensor carpi radialis* наблюдали при силе раздражения пороговой для болевого ощущения и частоте стимуляции 0,5-0,3 Гц.

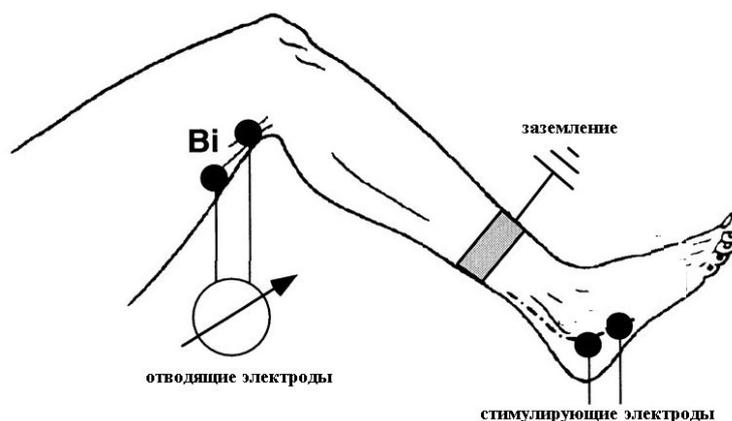


Рис. 1. Особенности наложение электродов для регистрации ноцицептивного флексорного рефлекса.

Вначале фиксируют порог боли (Пб), т.е. величину электрического стимула, при которой пациент впервые указывает на появление локализованной острой боли в

области расположения стимулирующих электродов. При появлении мышечного ответа фиксируют его порог (порог рефлекса - Пр), т.е. величину электрического тока, при которой он появился. У здоровых лиц пороги боли и рефлекса обычно совпадают или первый несколько ниже второго. Для точного определения соотношения между болью и порогом рефлекса вычисляют коэффициент порог боли/порог рефлекса (Пб/Пр), который у здоровых лиц равен примерно 0,9-1,0. Снижение этого соотношения указывает на несоответствие между субъективной оценкой боли и активностью ноцицептивных и антиноцицептивных механизмов [6].

Показано, что НФР связан главным образом с активацией А - дельта волокон [17, 18]. Тем не менее при определенных модальностях стимула А - альфа и А - бета волокна также могут проводить стимулы, вызывающие ноцицептивные рефлексы [19]. По уровню замыкания НФР являются спино-бульбо-спинальным.

НФР имеет два последовательных компонента: R2 и R3 (рис. 2). Его R2 компонент реализуется интернейронными сетями на спинальном уровне, причем количество вовлеченных сегментов пропорционально силе раздражающих стимулов, тогда как R3 компонент замыкается через ретикулярную формацию ствола мозга, а именно, ретикулярное гигантоклеточное ядро (высокопороговый, ноцицептивный) [20].

Латенция R2 ответа короткая (40-70 мс). Этот ответ можно получить только при неболевой стимуляции, воспринимаемой как легкое покалывание. Латенция R3 ответа более длинная (90-130 мс) и его появление связано с локальным болевым ощущением в месте стимуляции. Ответ R2 появляется обычно первым, при последующем увеличении силы тока появляется ответ R3 [6].

Пороговыми величинами, согласно [14], являются $5,0 \pm 0,6$ мА для R2 и $10,0 \pm 1,0$ мА для R3 ответов; согласно [13] – $9,6 \pm 0,6$ мА для R2I и $13,1 \pm 4,4$ мА для R3. Указывается, что различия в данных могут объясняться различиями в методике проведения. Возможно также использование и одиночных импульсов, однако при этом требуется более высокая интенсивность электрического тока. При использовании одиночных стимулов параметры порог боли составили $34,9 \pm 4,6$ мА, а порог рефлекса – $35,4 \pm 4,6$ мА [6].

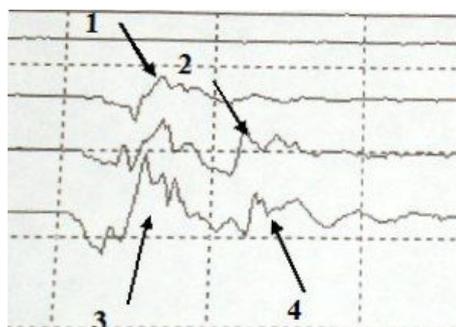


Рис. 2. Компоненты зарегистрированного ноцицептивного флексорного рефлекса: впервые появляется двигательный ответ (1), представляющий собой рефлекторное сокращение мышечных волокон; испытуемый начинает испытывать боль (2), R2 и R3 компоненты (3 и 4).

В работе А.В. Гнездилова и соавт. [16] показаны особенности амплитудно-временных характеристик НФР отдергивания в мышцах рук и ног при болевом гетеросегментарном раздражении. Установлено, что независимо от места нанесения болевого стимула данный рефлекс билатерально регистрируется в мышцах рук и ног. Наибольшая амплитуда рефлекса наблюдается в том случае, когда сегментарная иннервация мышцы и места болевого раздражения совпадает. Наименьший латентный период возникновения НФР отдергивания в мышцах рук и ног зарегистрирован при болевом раздражении мочки уха. Сделан вывод, что ноцицептивный рефлекс отдергивания не является простой спинальной полисинаптической реакцией, и в механизмах его возникновения существенная роль принадлежит супраспинальным центрам. Ноцицептивный рефлекс отдергивания (НРО) является типичным защитным рефлексом и в настоящее время широко используется как в клинике, так и в эксперименте для количественной оценки болевых реакций. Наибольшее распространение получила регистрация НРО, возникающего в ответ на электростимуляцию *n. suralis* или плантарной поверхности стопы. Вместе с тем НРО регистрируется и при болевой стимуляции пальцев рук. При регистрации НРО выделяют два компонента в активности — RII- и RIII-ответы.

При исследовании болевых реакций с верхних конечностей Н.А. Сапон и Л.Л. Чеботарева [21] регистрирующие электроды накладывали на мышцы: *mm. extensor carpi radialis, extensor digitorum communis* ипси- и контралатерально. Чашечковый электрод (катод) диаметром 5 мм крепили на брюшке мышцы, референтный — дистальнее, на расстоянии 2 см. Развертка 100 мс/дел, чувствительность 10мкВ/дел, полоса пропускания частот 20–2000 Гц. Стимулирующие электроды накладывали: активный — на I фалангу, референтный — на II фалангу стимулируемого пальца. В качестве раздражающего стимула использовали прямоугольные импульсы длительностью 0,2 мс, которые наносили с частотой 0,3–1 Гц. Электрические импульсы силой тока 30–40 мА наносили на I, II, IV или V пальцы.

Установлены достоверно более низкие пороги НФР у женщин, обусловленные, по мнению авторов исследования, меньшей активностью антиноцицептивной системы у женщин, чем у мужчин [22]. Кроме того, показано, что у женщин в предменструальном периоде пороги НФР достоверно ниже, чем после менструации [23].

Показано, что у детей, по сравнению со взрослыми, пороги НФР достоверно снижены, на основании чего было сделано предположение о недостаточности (незрелости) нисходящих ингибирующих боль влияний со стороны церебральных антиноцицептивных систем [24].

При планировании записи необходимо учитывать циркадные флюктуации порогов этих рефлексов. Поэтому контрольную и фоновую запись необходимо проводить в одно и то же время дня. Исследование НФР у здоровых лиц каждые 6 ч в течение суток, начиная с полуночи, показало четкую циркадианную ритмичность порога НФР: самые низкие значения отмечались в ранние утренние часы, а самые высокие – в полночь [25].

Исследование НФР в условиях концентрации внимания испытуемого на болевом стимуле обнаружило повышение порога НФР, а в ситуации отвлечения внимания, наоборот, достоверное его снижение [26].

При исследовании НФР при острых болях (воспалительный артрит, острая травма колена, ишиас, острые боли после гинекологических операций) отмечалось достоверное снижение болевых порогов [6]. По мере регресса острых болевых ощущений наблюдали нормализацию порогов НФР. В данном случае можно говорить о том, что появление острой боли сопровождается активизацией нервной системы вследствие конкретных периферических ноцицептивных воздействий. В ответ на эти ноцицептивные влияния включаются антиноцицептивная система, постепенно повышая свою активность, что в конечном итоге приводит к ослаблению и (или) регрессу болевых ощущений (соответственно к нормализации порогов НФР).

Данные НФР при исследовании пациентов с хронической болью не однозначны [24]. В ряде работ показано, что постоянно сниженные пороги НФР были выявлены у больных с хронической формой головной боли напряжения [27], при фибромиалгии [28], хронической пароксизмальной гемикранией [29] и хронической форме пучковой головной боли [25]. Так, например, в работе Н.В. Латышева и Е.Г. Филатова [30] показано, что у пациентов с хронической ежедневной головной болью выявлено снижение болевого порога НФР ($6,8 \pm 3,1$ мА) и соотношения Пб/Пр при НФР ($0,66 \pm 0,19$). Таким образом, выявлено нарушение функционального состояния нейронов 2-го порядка и антиноцицептивной системы, т.е. признаки центральной сенситизации. Снижение порогов РШ обнаружено у больных с тяжелыми формами мигрени, характеризующейся частой, почти ежедневной головной болью и частым злоупотреблением анальгетиками [25].

Было показано, что у больных с эпизодической формой болезни отмечается снижение порога НФР на стороне боли только во время "пучка" и нормальные показатели в период ремиссии [28]. У больных с хронической формой болезни на стороне боли также отмечается снижение порога НФР. Среди форм хронической боли, при которых было выявлено повышение порогов НФР, оказались хронические боли в спине и комплексный регионарный болевой синдром всех типов [6]. Повышение порогов НФР свидетельствует об усилении активности антиноцицептивной системы и (или) ослаблении функций ноцицептивной системы.

Во многом благодаря исследованию НФР в последние годы была изучена роль опиоидных и серотонинергических механизмов в контроле боли [31]. Тот факт, что налоксон, назначаемый в дозах, в которых он специфически действует как антагонист опиоидных рецепторов, не изменяет порог НФР, свидетельствует о том, что в нормальных ("неболевых") условиях эти системы не действуют или не являются активными. Более сложным является вопрос о корреляции уровня бета-эндорфина в плазме с анальгезией или, в частности, с порогом НФР. Стресс, который, как известно, вызывает увеличение уровня бета-эндорфина в плазме [32], также вызывает анальгезию (так называемая стресс-индуцированная анальгезия) и, соответственно, подавляет НФР. Наоборот, в некоторых случаях, например, после

назначения 5-гидрокситриптофана имеется значительное увеличение уровня бета-эндорфина в плазме, но порог РШ не изменяется.

Морфин вызывает выраженное ингибирование НФР и параллельно увеличение порога субъективной болевой чувствительности [33]. Этот эффект зависит от дозы и полностью обратим при приеме налоксона.

Свидетельства существования нисходящего серотонинергического контроля на ноцицептивные спинальные нейроны широко представлены в результатах исследования на животных [34]. У людей получены только предварительные результаты. Назначение индальпина – вещества, блокирующего обратный захват серотонина (5-НТ), вызывает достоверное повышение порога РШ рефлекса [35]. Этот эффект частично обратим налоксоном. Эффекты другого препарата – трициклического антидепрессанта дотепина, ингибирующего обратный захват серотонина и взаимодействующего с 5-НТ2 рецепторами, объясняются его влиянием на диффузный ноцицептивный ингибирующий контроль, что проявляется в значительном повышении порогов боли и РШ рефлекса [9, 34].

В последнее время НФР стали применять для изучения эффективности и механизмов действия различных лекарственных средств. При исследовании различных обезболивающих средств, как правило, обнаруживается повышение порогов НФР, указывающее на ослабление ноцицептивных влияний и (или) усиление антиноцицепции. Так, например, повышение порогов НФР при применении местных анестетиков (лидокаин) связано с блокадой ноцицептивной афферентации на периферическом уровне, а повышение болевых порогов при использовании морфина и морфиноподобных препаратов является результатом активации опиоидной системы, т.е. усиления активности одной из антиноцицептивных систем мозга [36]. При применении нестероидных противовоспалительных средств (ибупрофен, кетопрофен, аспирин, индометацин) повышение болевых порогов может быть, с одной стороны, обусловлено редукцией периферического ноцицептивного фактора (за счет антипростагландинового эффекта), а с другой стороны — центральным антиноцицептивным действием [37].

Пороги НФР при исследовании таких препаратов, как клонидин, вальпроат натрия, диазепам, обладающих определенным обезболивающим эффектом, были также повышены. Механизмы антиноцицептивного действия этих препаратов реализуются посредством их влияния на норадренергические (клонидин) и ГАМК-ергические (вальпроат натрия, диазепам) системы, задействованные в работе антиноцицептивной системы мозга [38].

С помощью НФР исследовали влияние чрескожной электронейростимуляции, в результате было установлено достоверное повышение болевых порогов, отражающих, по-видимому, усиление антиноцицепции на уровне «воротного контроля» боли [39]. Также показано выраженное повышение болевого порога при воздействии углекислотного лазера [12, 40] и продолжительной вибрации [41].

Следует отметить, что исследование только порога НФР несколько снижает диагностическую ценность данного нейрофизиологического теста, так как величина порога любого вызванного ответа зависит не только от состояния возбудимости нейронных структур, но и в значительной мере колеблется при изменении

электропроводности кожи и подлежащих тканей в области наложения стимулирующих и отводящих электродов [42]. Указанные недостатки свидетельствуют о необходимости проводить более углубленный анализ компонентов НФР с учетом таких параметров как латентность, длительность и амплитуда ответа.

Таким образом, результаты многочисленных исследований НФР свидетельствуют о следующих возможных соотношениях порога НФР с функциями ноцицептивной и антиноцицептивной систем. Так, снижение порога НФР может отражать либо усиление активности ноцицептивной системы, либо ослабление функций антиноцицептивной системы. Наоборот, повышение порога боли и НФР может указывать на снижение активности ноцицептивной системы или усиление работы антиноцицептивной системы. Снижение показателя соотношения Пб/Пр указывает на несоответствие между субъективной оценкой боли и активностью ноцицептивных и антиноцицептивных механизмов, отражающих доминирование психологических факторов в формировании болевого ощущения

Поскольку известно, что требования к обезболиванию в различных клинических ситуациях существенно отличаются, что обусловлено этиологией и характером болевого синдрома, индивидуальными особенностями организма и пр., то перспективным представляется разработка методов полифакторного действия, которые не обладают избирательной анальгезией. Таким методом может быть низкоинтенсивное электромагнитное излучение крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ), которое применяется для профилактики и лечения широкого спектра заболеваний, используется для уменьшения и купирования болей различной этиологии [44, 45]. Однако экспериментальные исследования антиноцицептивного феномена ЭМИ КВЧ у людей практически отсутствуют. Поэтому многие аспекты анальгетического действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ не изучены, что ограничивает применение этого метода для профилактики и лечения болевых синдромов. В связи с изложенным, актуальными являются исследования антиноцицептивного действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ с помощью рассмотренного выше метода НФР.

ВЫВОДЫ

1. Проведенный анализ литературы показал, что ноцицептивный флексорный рефлекс дает возможность объективно количественно оценить порог боли у человека. У здоровых лиц пороги боли и рефлекса обычно совпадают или первый несколько ниже второго.
2. Метод регистрации НФР широко используется для изучения патофизиологии различных клинических синдромов и в экспериментальных исследованиях.
3. Результаты многочисленных исследований НФР свидетельствуют об определенных соотношениях порога НФР с функциями ноцицептивной и антиноцицептивной систем.
4. В настоящее время НФР активно применяется для изучения эффективности и механизмов действия различных лекарственных средств и физических факторов.

Список литературы

1. Вейн А.М. Боль и обезболивание / А.М. Вейн, М.Я. Авруцкий – М.: Медицина, 1997. – 280 с.
2. Зенков Л.Р. Функциональная диагностика нервных болезней / Л.Р. Зенков, М.А. Ронкин – М.: Медицина, 1991. – 640 с.
3. Jensen R. Initiating mechanisms of experimentally induced tension-type headache / R. Jensen, J. Olesen // *Cephalalgia*. – 1996. – Vol. 16, №3. – P.175–182.
4. Boivie J. Central pain in the face and head / J. Boivie // *Handb. Clin. Neurol.* – 2010. – Vol. 97. – P.693–701
5. Willer J.C. Nociceptive flexion reflexes as a tool for pain research in man / J.C. Willer // *Adv. Neurol.* – 1983. – Vol. 39. –P. 809–827.
6. Данилов А.Б. Ноцицептивный флексорный рефлекс: метод изучения церебральных механизмов боли (обзор) / А.Б. Данилов, Ал.Б. Данилов, А.М. Вейн // *Журн. невропат. и психиатр. им. С.С.Корсакова*. – 1996. – № 1. – С. 107–112.
7. France C.R. Using normalized EMG to define the nociceptive flexion reflex (NFR) threshold: further evaluation of standardized NFR scoring criteria / C.R. France, J.L. Rhudy, S. McGlone // *Pain*. – 2009. – Vol. 45, № 1–2. – P. 211–218.
8. Prolonged gum chewing evokes activation of the ventral part of prefrontal cortex and suppression of nociceptive responses: involvement of the serotonergic system / K. Kamiya, M. Fumoto, H. Kikuchi [et al.] // *J. Med. Dent. Sci.* – 2010. – Vol. 57(1). – P. 35–43.
9. Standardizing procedures to study sensitization of human spinal nociceptive processes: comparing parameters for temporal summation of the nociceptive flexion reflex (TS-NFR) / E.L. Terry, C.R. France, E.J. Bartley // *Int. J. Psychophysiol.* – 2011. – Vol. 81(3). – P. 263-274.
10. Pain catastrophizing is related to temporal summation of pain but not temporal summation of the nociceptive flexion reflex / J.L. Rhudy, S.L. Martin, E.L. Terry [et al.] // *Pain*. – 2011. – Vol. 152(4). – Vol. 794–801.
11. Enhanced wind-up of the C-fiber-mediated nociceptive flexor reflex movement following painful diabetic neuropathy in mice / S. Kimura, M. Tanabe, M. Honda [et al.] // *J. Pharmacol. Sci.* – 2005. – Vol. 97(2). – P. 195–202.
12. Nociceptive withdrawal reflexes evoked by uniform-temperature laser heat stimulation of large skin areas in humans / C.D. Mørch, O.K. Andersen, T. Graven-Nielsen [et al.] // *J. Neurosci. Methods*. – 2007. – Vol. 160(1). – P. 85–92.
13. Effects of dothiepin on nociceptive flexion reflex and diffuse noxious inhibitory controls in humans / G. Sandrini, L. Ruiz, M. Capararo [et al.] // *Eur. J. Pharmacol.* – 1993. – Vol. 243(1). – P. 99–102
14. Willer J.C. Further studies on the role of afferent input from relatively large diameter fibers in transmission of nociceptive messages in humans / J.C. Willer, D. Albe-Fessard // *Brain Res.* – 1983. – Vol. 14. – Vol. 278(1–2). – P. 318–321.
15. Особенности электрической активности в дорсальных рогах спинного мозга и сенсомоторной коре крыс с болевым синдромом спинального происхождения / В.К. Решетняк, Г.Н. Крыжановский, С.И. Игонькина [и др.] // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины*. – 1998. – № 3. – С. 269–272.
16. Рефлекторные ЭМГ реакции мышц предплечья при ноцицептивном раздражении пальцев руки человека / А.В. Гнездилов, А.В. Сыровегин, С.Е. Плаксин [и др.] // *Тезисы Российской научно - практической конференции «Организация медицинской помощи больным с болевыми синдромами»*. – 1997. – Новосибирск. – С. 45.
17. Wilier J.C. Pharmacological modulations on the nociceptive flexion reflex in man / J.C. Wilier, N. Bathien // *Pain*. – 1977. – Vol. 3(2). – P. 111–119.
18. Kugelberg E. An electromyographic study of the nociceptive reflexes of the lower limb mechanism of the plantar responses / E. Kugelberg, K. Eklund, L. Grimby // *Brain*. – 1960. – Vol. 83. – P. 394–410.
19. Dowman R. Spinal and supraspinal correlates of nociception in man / R. Dowman // *Pain*. – 1991. – Vol. 45. – P. 269–281.
20. Гокин А.П. Влияние стимуляции центрального серого вещества на низко- и высокопороговые рефлексы вздрагивания / А.П. Гокин, М.В. Карпухина, Ю.П. Лиманский // *Нейрофизиология*. – 1989. – Т. 21, № 1.– С. 71–77.

21. Сапон Н.А. Использование инструментальных методов исследования для оценки, нейрофизиологических коррелятов боли / Н.А. Сапон, Л.Л. Чеботарева // Укр. нейрохірург. журн. — 2004. — №4. — С.69–75.
22. France C.R. A comparison of diffuse noxious inhibitory controls in men and women / C.R. France, S. Suchowiecki // *Pain*. — 1999. — Vol. 81. — P. 77–84.
23. Changes in nociceptive flexion reflex threshold across the menstrual cycle in healthy women / C. Tassorelli, G. Sandrini, A.P. Cecchini [и др.] // *Psychosom. Med.* — 2002. — Vol. 64(4). — P. 621–626.
24. Arendt-Nielsen L. Electrophysiological and psychophysical quantification of temporal summation in the human nociceptive system / L. Arendt-Nielsen, J. Brennum, S. Sindrup, P. Bak // *Eur J Appl Physiol.* — 1994. — Vol. 68. — P. 266–273.
25. Asymmetrical reduction of the nociceptive flexion reflex threshold in cluster headache / G. Sandrini, F. Antonaci, S. Lanfranchi [et al.] // *Cephalalgia.* — 2000. — Vol. 20(7). — P. 647–652.
26. Different strategies of modulation can be operative during hypnotic analgesia a neurophysiological study / N. Danziger, E. Fourmer, D. Bouhassira [et al.] // *Pain.* — 1998. — Vol. 75(1). — P. 85–92.
27. Langemark M. Decreased nociceptive flexion reflex threshold in chronic tension-type headache / M. Langemark, F.W. Bach, T.S. Jensen, J. Olesen // *Arch. Neurol.* — 1993. — Vol. 50(10). — P. 1061–1423.
28. Neurophysiologic evidence for a central sensitization in patients with fibromyalgia / J.A. Desmeules, C. Cedraschi, E. Rapiti [et al.] // *Arthritis Rheum.* — 2003. — Vol. 48(5). — P. 1420–1429.
29. Antonaci F. Neurophysiological studies in chronic paroxysmal hemicrania and hemicrania continua / F. Antonaci, G. Sandrini, A. Danilov, T. Sand // *Headache.* — 1994. — Vol. 34(8). — P. 479–483.
30. Латышева Н.В. Эффективность венлафаксина при хронической ежедневной головной боли / Н.В. Латышева, Е.Г. Филатова // *Лечение нервных болезней.* — 2008. — Т. 9, №1 (23). — С. 26–32.
31. In vivo pain-inhibitory role of nociceptin/orphanin FQ in spinal cord / M. Inoue, T. Kawashima, H. Takeshima // *J. Pharmacol. Exp. Ther.* — 2003. — Vol. 305(2). — P. 495–501.
32. Wilier J.C. Supraspinal influences on nociceptive flexion reflex and pain sensation in man / J.C. Wilier, F. Boureau, D. Albe-Fessard // *Brain Res.* — 1979. — Vol. 179. — P. 61–68.
33. Horwell D.C., Hökfelt T. Studies on the effect of systemic PD134308 (CAM 958) in spinal reflex and pain models with special reference to interaction with morphine and intrathecal galanin / Z. Wiesenfeld-Hallin, X.J. Xu, J. Hughes [et al.] // *Neuropeptides.* — 1991. — Vol. 19, supp 1. — P. 79–84.
34. Interaction of serotonin and norepinephrine in spinal antinociception / Z.H. Zhang, S.W. Yang, J.Y. Chen // *Brain Res. Bull.* — 1995. — Vol. 38(2). — P. 167–171.
35. Prolonged gum chewing evokes activation of the ventral part of prefrontal cortex and suppression of nociceptive responses: involvement of the serotonergic system / K. Kamiya, M. Fumoto, H. Kikuchi [et al.] // *J. Med. Dent. Sci.* — 2010. — Vol. 57(1). — P.35–43.
36. The effects of ketamine on the temporal summation (wind-up) of the RIII nociceptive reflex and pain in humans / F.Guinmand, X. Dupont, L. Brasseur [et al.] // *Anesth. Analg.* — 2000. — Vol. 90. — P. 408–414.
37. Guieu R. Analgesic effect of indomethacin shown using the nociceptive flexion reflex in humans / R.Guieu, O. Bun, J. Pouget, G. Serratnce // *Ann. Rheum. Dis.* — 1992. — Vol. 51. — P. 391–393.
38. Coquoz D. Central analgesic effects of desipramine, fluvoxamine, and moclobemide after single oral dosing: a study in healthy volunteers / D. Coquoz, H.C. Porchet, P. Dayer // *Clin. Pharmacol. Ther.* — 1993. — Vol. 54(3). — P. 339–344.
39. Garcia-Larrea L. Clinical use of nociceptive flexion reflex recording in the evaluation of functional neurosurgical procedures / L. Garcia-Larrea, M. Sindou, F. Mauguire // *Acta Neurochir. Suppl.* — 1989. — Vol. 46. — P. 53–57.
40. Facilitation of a nociceptive flexion reflex in man by non-noxious laser radiant heat produced by a laser / L. Plaghki, D. Bragard, D. Le Bars [et al.] // *J. Neurophysiol.* — 1998. — Vol. 79. — P. 2557–2567.
41. Ertekin C. Effect of continuous vibration on nociceptive flexor reflexes / C. Ertekin, D. Akçali // *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry.* — 1978. — Vol. 41(6). — P. 532–537.
42. Коуэн Х. Руководство по электромиографии и электродиагностике / Х. Коуэн, Дж. Брумлик — М.: Медицина, 1975. — 358 с.
43. Ларин М.А. Миллиметровые волны и плазмаферез в комплексном лечении болевого синдрома в травматологии и ортопедии / М.А.Ларин, С.Д. Воторопин, В.И. Первеев // Сб. докл. 12-го Российского симпозиума с международным участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». — М.: — 2000. — С. 40.

44. КВЧ-терапия аппаратом “Амфит” в педиатрии / Н.А. Азов, А.В. Карнаухов, А.П. Разживин // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1999. – № 2 (14). – С. 45–48.

Джелдубаева Е.Р. Особливості дослідження ноцицептивного флексорного рефлексу в оцінці больової чутливості (огляд літератури) / Е.Р. Джелдубаева, О.М. Чуян // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 57-66.

Аналіз літератури показав, що ноцицептивний флексорний рефлекс (НФР) дає можливість об'єктивно оцінити кількісно поріг болю у людини. Результати численних досліджень НФР свідчать про певних співвідношеннях порога НФР з функціями ноцицептивної і антиноцицептивної системи. В даний час НФР активно застосовується для вивчення ефективності та механізмів дії різних лікарських засобів і фізичних факторів.

Ключові слова: ноцицептивний флексорний рефлекс, больова чутливість, ноцицептивна і антиноцицептивна системи.

Dzheldubaeva E.R. Features of the study nociceptive flexor reflex in the evaluation of pain sensitivity (review of literature) / E.R. Dzheldubaeva, E.N. Chuyan // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 57-66.

Analysis of the literature showed that the nociceptive flexor reflex (NFR) makes it possible to objectively quantify the pain threshold in humans. Numerous studies indicate that NFR threshold NFR certain relationships with the functions of nociceptive and antinociceptive systems. Currently, NFR is actively used to investigate the efficacy and mechanisms of action of various drugs and physical factors.

Keywords: nociceptive flexor reflex, pain sensitivity, nociceptive and antinociceptive systems.

Поступила в редакцію 24.11.2011 г.

УДК 577.112:597.556.31:616-039.1

ИЗУЧЕНИЕ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ БЕЛКОВОГО ПОЛИМОРФИЗМА ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ (НА ПРИМЕРЕ МОРСКОГО ЕРША)

Залевская И.Н., Королёва А.В., Нерода И.Н.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: anna.undymiel@gmail.com*

Проведены исследования сезонной динамики полиморфизма белков мышечной ткани морского ерша. Выявлены сезонные особенности электрофоретических спектров белков мышечной ткани морского ерша. Изучение особенностей белковых спектров мышечной ткани рыб может способствовать оценке физиолого-биохимического состояния рыб и среды их обитания.

Ключевые слова: морской ерш, электрофоретические спектры, белки, мышечная ткань, сезоны.

ВВЕДЕНИЕ

Установлено, что белковый полиморфизм тканей рыб связан с состоянием среды их обитания [1, 2]. Важным направлением в исследовании рыб является поиск биохимических маркеров состояния организмов рыб и среды их обитания [3].

Установлено, что при хроническом воздействии вредных химических веществ на организм выявляемые изменения отдельных показателей его жизнедеятельности достоверно отличаются от соответствующих показателей физиологической нормы [4, 5].

Изучение белкового состава тканей рыб в изменяющейся среде обитания при смене образа жизни имеет важное значение для объяснения причин неспособности ряда организмов адаптироваться к действию неблагоприятных факторов.

Наибольший интерес представляет изучение белков мышц рыб, так как мышечная ткань способна накапливать токсические соединения такие, как тяжелые металлы, нефтепродукты и т.д. При хроническом загрязнении среды обитания с возрастом происходит все большее накопление токсических веществ [3].

В связи с вышесказанным, целью настоящей работы явилось исследование влияния сезонных факторов на полиморфизм белков мышечной ткани морского ерша.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования был выбран донный вид рыб – морской ерш (*Scorpaena porcus L.*), отловленный в апреле 2009 года в прибрежной части Черного моря в районе г. Севастополя. Данный вид полностью отвечает требованиям, предъявляемым к биомониторным объектам: повсеместное распространение в водоеме, хорошо изученная биология, отсутствие длительных миграций [3]. Материалом для исследования служил гомогенат мышечной ткани морского ерша.

Фракционный состав мышечных белков изучали методом диск-электрофореза в 7%-ном полиакриламидном геле [6]. Окрашивание электрофореграмм на общие белки проводили 1%-ным раствором амидочерного В в 7%-ной уксусной кислоте.

Стандартные среднестатистические электрофоретические спектры (ЭФ-спектры) рассчитывали с учетом относительной электрофоретической подвижности фракций [7]. Сравнивали как стандартные ЭФ-спектры, так и статистические показатели ЭФ-состава мышечной ткани.

Сравнительный анализ полученных спектров осуществляли качественно и количественно. Статистическая обработка данных производилась с помощью стандартной программы «EXCEL».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Репродуктивный цикл является тем внутренним стержнем, вокруг которого вращается вся биология вида [8, 9]. Метаболические превращения в организме рыб тесно связаны с этим процессом [10–12]. На протяжении годового цикла изменения в морфометрических характеристиках, химическом составе и метаболической активности гонад сопряжены с изменениями в мышцах.

Известно, что весной часть β - и γ -фракций сыворотки крови некоторых видов рыб переходит в α -фракцию [13].

Сезонные особенности электрофоретического состава белков мышечной ткани морского ерша представлены в Таблицах 1, 2 и Рисунке 1. Проведенные исследования показали, что среднестатистические электрофоретические спектры белков мышечной ткани морского ерша, отловленного в разные сезоны, содержат различное количество фракций: зима – 16, весна – 24, лето – 16, осень – 21.

В общей картине электрофоретических спектров белков мышечной ткани морского ерша, отловленного в различные сезоны, отмечены определенные различия. Наиболее подвижной, широкой и ярко выраженной фракцией миоальбуминовой зоны оказалась фракция среднестатистического белкового спектра особей, отловленных в весенний период ($K_{\text{ЭФ}} = 0,82–0,87$) (рис. 1). Миоальбуминовая фракция ЭФ-спектра белков рыб, отловленных зимой, также обладает высокой электрофоретической подвижностью ($K_{\text{ЭФ}} = 0,84–0,87$), является яркой, но менее широкой по сравнению с описанной выше миоальбуминовой фракцией. Широкой и ярко выраженной, но обладающей меньшей электрофоретической подвижностью, оказалась миоальбуминовая фракция среднестатистического белкового спектра скорпен, отловленных в осенний период ($K_{\text{ЭФ}}=0,79–0,84$). Миоальбуминовая фракция ЭФ-спектра белков рыб, выловленных летом, имеет наименьшую электрофоретическую подвижность ($K_{\text{ЭФ}}=0,76–0,82$), является неяркой (табл. 1, рис. 1).

Наиболее гетерогенная преальбуминовая зона отмечена в среднестатистическом белковом спектре морского ерша, отловленного весной (4 фракции). Преальбуминовая зона ЭФ-спектров белков рыб, выловленных зимой и летом, также гетерогенна (3 и 2 фракции). В среднестатистическом белковом спектре скорпен, отловленных в осенний период, преальбуминовые фракции отсутствуют. ЭФ-спектры белков особей, выловленных в весенний и осенний периоды, имеют наиболее гетерогенные постальбуминовые зоны (5 и 4 фракции). А в постальбуминовой зоне

скорпен, отловленных зимой, выявлена яркая широкая фракция, совершенно не характерная для среднестатистических белковых спектров скорпен других сезонов. Значительная гетерогенность трансферриновой зоны отмечена в ЭФ-спектре особей, отловленных в осенний период. У рыб зимнего и летнего периода эта электрофоретическая зона наименее выражена, отмечены дисперсные фракции. Посттрансферриновая зона обладает высокой гетерогенностью (6 фракций) в ЭФ-спектрах скорпен, отловленных весной и осенью. У рыб всех сезонов отмечена значительная гетерогенность предстартовой зоны (от 4 до 6 фракций).

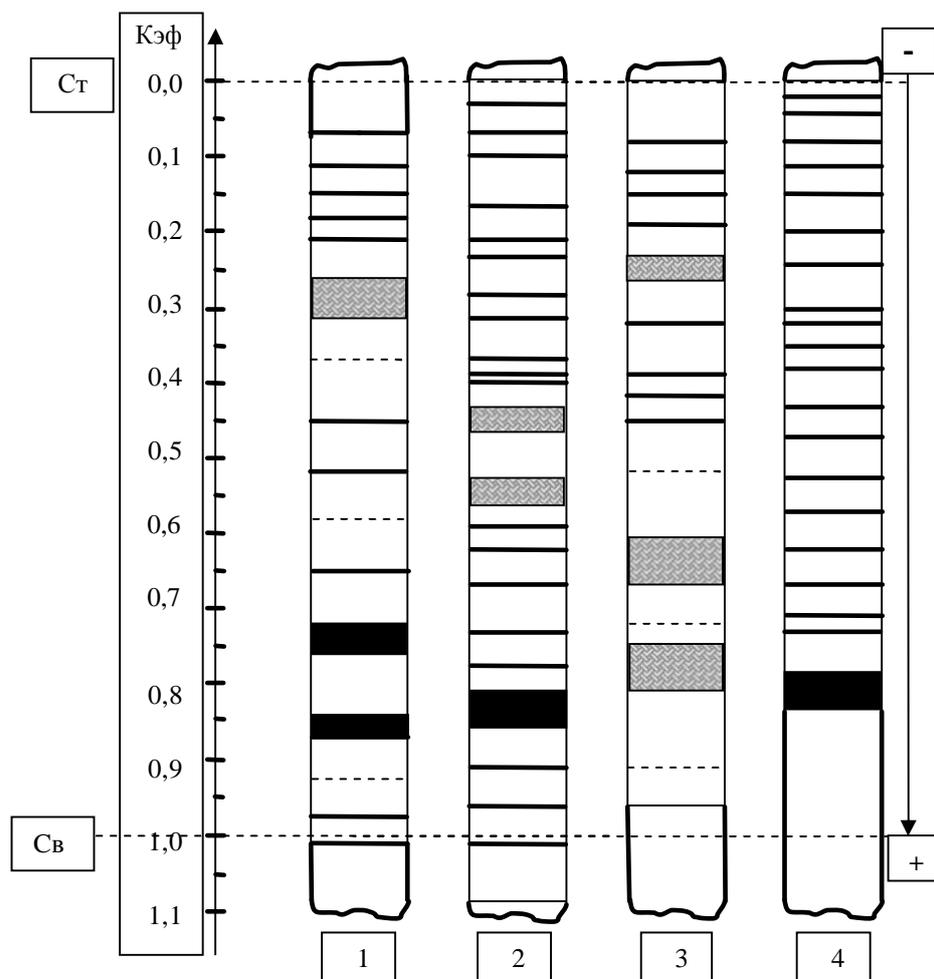


Рис. 1. Электрофоретические спектры белков мышечной ткани морского ерша, отловленного в разное время года: 1 – зимой; 2 – весной; 3 – летом; 4 – осенью

Примечания: Св. – свидетель; Ст. – старт; стрелкой обозначено направление миграции белков при электрофорезе.

Таблица 1.
Распределение фракций в электрофоретических спектрах белков мышечной ткани морского ерша

Зоны ЭФ-подвижности	Пределы Кэф белковых фракций	Количество фракций в ЭФ-спектрах			
		Зима	Весна	Лето	Осень
Преальбуминовая	1,1 – 0,90	3	4	0	0
Миоальбуминовая	0,90 – 0,80	1 (я)	1(я)	1(п)	1(я)
Постальбуминовая	0,80 – 0,60	1, 1 (я)	5	2	4
Трансферриновая	0,60 – 0,40	3	3	3	4
Посттрансферриновая	0,40 – 0,20	3	6	3	6
Предстартовая	0,20 – 0,00	4	5	5	6

Примечания: я - яркая фракция, п – пограничная фракция

Изучение статистических показателей ЭФ-спектров выявило различные пределы числа электрофоретических фракций (n) в спектрах мышечных белков рыб, отловленных в различные сезоны. Минимальное количество фракций в белковом спектре отмечено у особей, выловленных зимой – 7 фракций, максимальное выявлено у скорпен, отловленных в весенний и летний периоды – 18 фракций (таблица 2). Наименьшее среднее количество фракций ($M \pm m$) отмечено у рыб, выловленных зимой – $10,42 \pm 0,33$, а наибольшее – у особей, отловленных в весенний период – $14,58 \pm 0,30$. Остальные значения $M \pm m$ колеблются в пределах доверительного интервала.

Таблица 2.
Статистические показатели электрофоретических спектров белков мышечной ткани особей морского ерша, отловленных в различное время года

Сезоны	Показатели						
	Количество белковых фракций				Пределы Кэф		Cv, %
	min	max	$M \pm m$	σ	min	max	
Зима	7	13	$10,42 \pm 0,33$	2,09	0,00	1,18	20
Весна	10	18	$14,58 \pm 0,30$	1,96	0,00	1,16	13
Лето	8	18	$12,47 \pm 0,44$	2,90	0,00	1,09	23
Осень	8	16	$12,21 \pm 0,32$	2,15	0,00	1,02	18

В ходе статистической обработки данных отмечались различные пределы относительной электрофоретической подвижности (Кэф) белковых фракций мышечной ткани скорпен, отловленных в разные сезоны. Так, этот показатель у особей,

выловленных зимой, составил 0,00 – 1,18; весной – 0,00 – 1,16; летом – 0,00 – 1,09; осенью – 0,00 – 1,02. Как видно, большая электрофоретическая подвижность белковых фракций отмечена у скорпен, отловленных зимой и весной, наименьшая – осенью.

При вычислении коэффициента вариации (C_v) оказалось, что белковые спектры рыб исследуемых групп обладают средним варьированием числа фракций (от 13% до 23%) (варьирование считается средним, если $C_v=11 - 25\%$ [6]). При сравнении среднестатистических электрофоретических спектров белков мышечной ткани рыб различного сезона выяснилось, что они подобны. Наибольшим коэффициентом подобия [14] обладают белковые спектры особей, выловленных весной и летом – 82%, а наименьшим – рыбы, отловленные в зимний и осенний периоды – 70%.

ВЫВОДЫ

1. Выявлены сезонные особенности электрофоретических спектров белков мышечной ткани морского ерша. Эти особенности проявились в различном распределении белковых фракций в ЭФ-спектрах, в разной гетерогенности белковых зон, а также в большем количестве фракций в электрофоретических белковых спектрах особей, отловленных в весенний и осенний сезоны, и в большей электрофоретической подвижностью мышечных белков рыб, отловленных весной и зимой.
2. Изучение особенностей белковых спектров мышечной ткани рыб может содействовать более эффективной оценке физиолого-биохимического состояния рыб и среды их обитания.
3. При сохраняющейся стабильности уровня загрязненности акватории бухт для изучения качественных и количественных характеристик электрофоретических спектров лучшим временем для отлова рыб можно считать весенний и осенний сезоны.

Список литературы

1. Королёва А.В. Изучение особенностей белкового состава мышечной ткани морского ерша из бухт с разным уровнем антропогенной нагрузки / А.В. Королёва // Естественные науки – 2010. – № 3 (32). – С. 93 – 98
2. Королёва А.В., Сравнительный анализ электрофоретического состава белков печени и мышечной ткани морского ерша, обитающего в бухтах с различным антропогенным воздействием / А.В. Королёва, И.Н. Залевская // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2011. – Вып. 3 (22). – С. 110 – 118
3. Комплексная оценка качества водной среды с помощью биомаркеров разного уровня / И.И. Руднева, Н.Ф. Шевченко, Л.С. Овен. [и др.] // Актуальные вопросы водной токсикологии. – 2004. – С. 124–145
4. Немова Н.Н. Биохимическая индикация состояния рыб / Н.Н. Немова, Р.И. Высоцкая. – М.: Наука, 2004. – 215 с.
5. Филенко О.Ф. Задачи и приемы биотестирования токсичности водной среды / О.Ф. Филенко // Методы биотестирования качества водной среды. – М.: Из-во МГУ, 1989. – С.3–9
6. Маурер Г. Диск-электрофорез / Г. Маурер. – М.: Мир, 1971. – 200 с.
7. Соркина Д.А. Сравнительная характеристика белковых и липопротеидных спектров сыворотки крови черноморских рыб / Д.А. Соркина, И.И. Руднева // Труды КМИ. – 1975. – Т. 66. – Вып. 1. – С. 61–63

8. Мейен В.А. К вопросу о годовом цикле изменений яичников костистых рыб / В.А. Мейен // Изв. АН СССР. – 1939. – № 39. – С. 229–418
9. Шульман Г.Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб / Шульман Г.Е. – М.: Пищ. пром-сть, 1972. – 372 с.
10. Сидоров В.С. Экологическая биохимия рыб. Липиды / Сидоров В.С.– Л.: Наука, 1983. – 240 с
11. Шатуновский М.И. Экологические закономерности обмена веществ морских рыб / М.И. Шатуновский– М.: Наука, 1980. – 288 с.
12. De Long D.C. Nutrition of salmonid fishes. 6. Protein requirements of Chinook salmon two water temperatures / D.C. De Long, J.E. Halver, E.T. Mertz // J. Nutrition. – 1958. – Vol. 65. – № 4. – P. 589–599
13. Троицкий Г.В. О возможности трансформации альбумина и γ -глобулина плазмы крови в α - и β -глобулины / Г.В. Троицкий // Биохимия. – 1961. – Т. 26. – № 1. – С. 44–51
14. Лакин Р.Ф. Биометрия / Лакин Р.Ф. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
15. Ромоданова Э.А. Влияние малых доз гамма-облучения на множественные молекулярные формы каталазы и пероксидазы инбредных линий кукурузы / Э.А. Ромоданова, Е.Ю. Львова // Радиобиология. – 1993. – Т. 33., Вып. 3. – С. 415–418.

Залевська І.М. Вивчення сезонної динаміки білкового поліморфізму чорноморських риб (на зразку морського йоржа) / І.М. Залевська, Г.В. Корольова, І.Н. Нерода // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 67-72.

Зроблені дослідження сезонної динаміки поліморфізму білків м'язової тканини морського йоржа. Були виявлені сезонні особливості електрофоретичних спектрів білків м'язової тканини морського йоржа. Вивчення особливостей білкових спектрів м'язової тканини риб може спроможувати оцінюванню фізіолого-біохімічного стану риб та їх середовища.

Ключові слова: морський йорж, електрофоретичні спектри, білки, м'язова тканина, сезони.

Zalevskaya I.N. The investigation of season's dynamic of Black Sea fishes' protein polymorphism (on example of *Scorpaena porcus*) / I.N. Zalevskaya, A.V. Korolyova, I.N. Neroda // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 67-72.

The investigations of season's dynamic of *Scorpaena porcus*' polymorphism of the muscle proteins were made. The season's peculiarities of the electrophoretic spectres of *Scorpaena porcus*' muscle proteins were ascertained. The learning of special features of fishes' muscle proteins' spectres may promote to the estimation of physiological and biochemical state of fishes and their environment.

Keywords: *Scorpaena porcus*, electrophoretic spectres, proteins, muscle tissue, seasons.

Поступила в редакцію 24.11.2011 г.

УДК 594.124:591/134 262/(5)

**О ВЛИЯНИИ КРУПНОМАСШТАБНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИДИИ
(*MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAMARCK, 1819) НА ЭКОСИСТЕМУ
ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ ЧЕРНОГО МОРЯ**

Золотницкий А.П.

*Керченский морской государственный морской технологический университет, Керчь,
Украина
E-mail: apz@kerch.net*

Исследованы возможные масштабы вторичного загрязнения шельфовой зоны Черного моря в условиях крупномасштабного культивирования мидий на примере акватории Керченского пролива. Дана количественная характеристика продуцируемых на коллекторах организмов-обрастателей и биоотложений, а также элиминированных с искусственных субстратов мидий. Показаны возможные негативные последствия крупномасштабной марикультуры мидий на экосистему шельфовой зоны моря.

Ключевые слова: мидия, марикультура, экосистема, загрязнение, обрастание, коллекторы, биоотложения.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время важнейшим направлением рыбохозяйственного комплекса многих стран мира является морская аквакультура (марикультура) – расширенное воспроизводство и товарное выращивание ценных видов морских гидробионтов – рыб, беспозвоночных (моллюсков и ракообразных) и водорослей (одноклеточных и макрофитов). Одним из важнейших направлений марикультуры является разведение и выращивание ценных видов раковинных (двустворчатых и брюхоногих) моллюсков [1–4].

Черное море в силу своего физико-географического положения и климатическим условиям является весьма перспективным бассейном для выращивания моллюсков, в первую очередь, с культивированием мидий, где достигнуты весьма обнадеживающие результаты [1, 3]. Вместе с тем, интенсивное развитие марикультуры моллюсков наряду с технологическими, экономическими и социальными проблемами ставит серьезные вопросы экологического плана. Крупномасштабное культивирование может привести к вторичному загрязнению акваторий, возникающему при выделении продуктов жизнедеятельности моллюсков [5–9].

В настоящее время этот вопрос перерос в одну из центральных проблем марикультуры, которой посвящено множество специальных публикаций на различных конференциях [5, 8–13]. Несмотря на довольно большое число

публикаций по различным аспектам марикультуры мидий Черного моря работ, посвященных вторичному загрязнению, сравнительно немного [6, 7, 10, 14].

В задачу настоящей работы входило изучение источников и количественная характеристика различных показателей вторичного загрязнения, а также анализ возможных последствий крупномасштабного культивирования мидий на шельфовую зону Черного моря.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работу проводили в Керченском проливе на опытных и опытно-промышленных мидиевых хозяйствах в 1997 – 2004 гг. Сбор проб моллюсков с ГБТС осуществляли с искусственных субстратов – коллекторов, длиной 1,5 – 3-метра. Мидий очищали от обрастателей, взвешивали и с каждой выборки брали пробы, обычно 100-200 экз. Затем их распределяли по размерным группам, с интервалом 10 мм, после чего составляли вариационные ряды. По 10 экз. из каждой группы брали для проведения индивидуальных анализов - определяли общую массу (со створкой), отдельно массу мягких тканей, створок гонад, мантийной жидкости. Численность и биомассу мидий на каждой размерной группы пересчитывали на 1 погонный метр искусственного субстрата (коллектора).

Энергетический баланс популяции мидий определяли по общеизвестному уравнению [15, 16]:

$$C = P + Q + H,$$

где C – энергия потребленной пищи, P – продукция популяции, Q – траты на энергетический обмен, H – энергия неусвоенной пищи. Продукцию (P) популяции моллюсков на коллекторе определяли методом Бойсен-Йенсена [15, 16]:

$$P = B_{t+1} - B_t + B_e$$

где B_t и B_{t+1} - биомасса мидий на 1 погонном метре (пм) коллектора за время от t до $t+1$, B_e - биомасса элиминированных особей, равная произведению средней массы (W , г) на численность элиминированных моллюсков (N_e , экз.).

Траты на энергетический обмен оценивали на основе данных по скорости потребления кислорода (R , мл O_2 экз⁻¹·час⁻¹) разноразмерными особями [17]. Для определения энергетических трат на метаболизм (Q) использовали оксикалорийный коэффициент 1 мл $O_2 = 20,3$ дж [18].

У организмов-обрастателей, взятых с мидиевых коллекторов, определяли видовой состав, оценивали длину и массу особей, после чего определяли их численность и биомассу каждого вида на 1 м коллектора. Для сопоставления и унификации имеющихся данных, все показатели – биомассу (B), продукцию (P), траты на обмен (Q), энергию ассимилированной (A), потребленной (C) и неусвоенной пищи (H) выражали энергетических единицах.

Для характеристики величины биоотложений проводили сбор фекальных пеллет от моллюсков, взятых из естественных условий. Энергетический эквивалент фекалий рассчитывали на основе данных биохимического анализа, который в среднем составлял $8,2$ дж·мг⁻¹ (в сухом веществе). Усвояемость пищи была принята равная $0,7$ [19].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Изучение сообщества, формирующегося на искусственных субстратах (коллекторах) в процессе культивирования моллюсков показало, что его суммарная биомасса (B) включает популяции мидии (B_m) и массу балластных веществ (B_b), включающих биомассу живых и мертвых организмов-обрастателей (B_o) и накапливающихся в мидиевых друзах биоотложений (фекальных масс – B_f), а также оседающего на коллекторы взвешенного органического и неорганического взвешенного вещества (B_i). Это можно выразить следующим уравнением:

$$B = B_m + B_b, \text{ где } B_b = B_o + B_f + B_i.$$

В начальный период колонизации искусственных субстратов, наряду с мидиями, весьма высока численность и биомасса личинок и молоди моллюсков (роды *Mytilaster*, *Cerastoderma*, *Abra*) и ракообразных (роды *Harpacticus*, *Balanus*), причем часто они составляют большую часть, чем мидии. Однако уже через 1,5–2 месяца в сообществе начинает доминировать мидия, которая в результате межвидовой конкуренции начинает вытеснять с субстрата, сначала других видов моллюсков, а затем и другие виды гидробионтов.

Таким образом, с увеличением биомассы коллекторного ценоза возрастает абсолютная (B_m) и относительная (B_m/B , %) биомасса мидий (рис. 1).

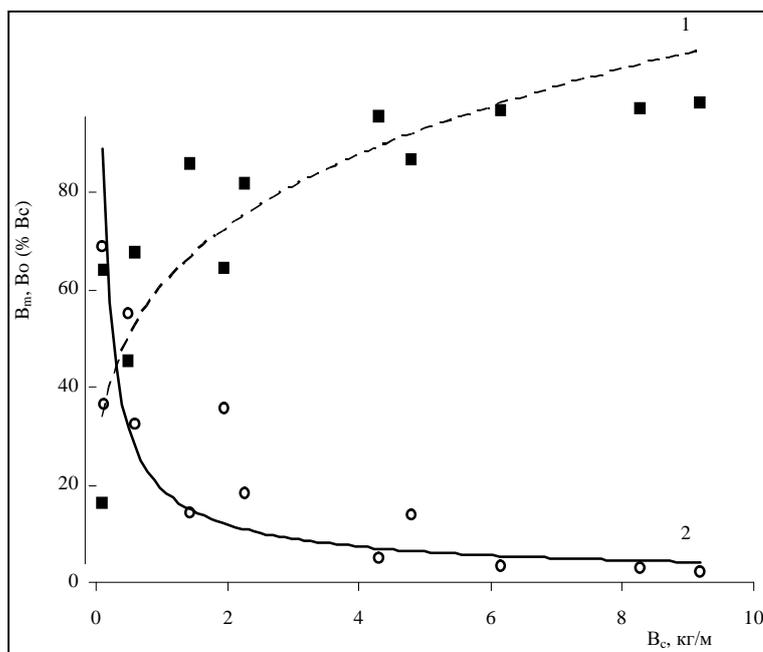


Рис. 1. Зависимость биомассы мидий (1) и организмов-обрастателей (2) от их массы ценоза обрастания (V_c) искусственных субстратов.

Параллельно с этим на коллекторах происходит некоторое увеличение биомассы обрастателей (B_o), однако их удельный вес снижается (рис. 1). Эту зависимость можно описать уравнением степенной функции, имеющей вид:

$$B_{o(\%)} = (19,6 \pm 3,40) \cdot B^{0,71 \pm 0,17}, r = 0,87 \quad (1).$$

На основе этого уравнения с достаточно высокой точностью (коэффициент детерминации – r^2 равен 75%) можно прогнозировать относительную биомассу организмов-обрастателей на коллекторах в различные периоды цикла культивирования. Несмотря на их сравнительно небольшой удельный вес (около 7-10 % от всего ценоза обрастания коллектора) за цикл выращивания, роль обрастателей при культивировании мидий нельзя недооценивать. В течение обычного 1,5-годового цикла культивирования мидий в бентосе под мидиевыми коллекторами происходит локальное и непрерывное увеличение их биомассы, которое подвергается деструкции и в конечном итоге приводит к загрязнению акватории гниющим органическим веществом.

Кроме обрастателей в коллекторном сообществе содержатся и другие компоненты, способные оказывать влияние на уровень вторичного загрязнения водных экосистем. В связи с этим нами исследована динамика содержания балластных веществ (B_b), т.е. – суммарной массы обрастателей, биоотложений и оседающего на искусственные субстраты взвешенного органического и неорганического взвешенного вещества (Bi), накапливающихся в мидиевых друзах в процессе культивирования. Результаты анализа представлены на (рис. 2).

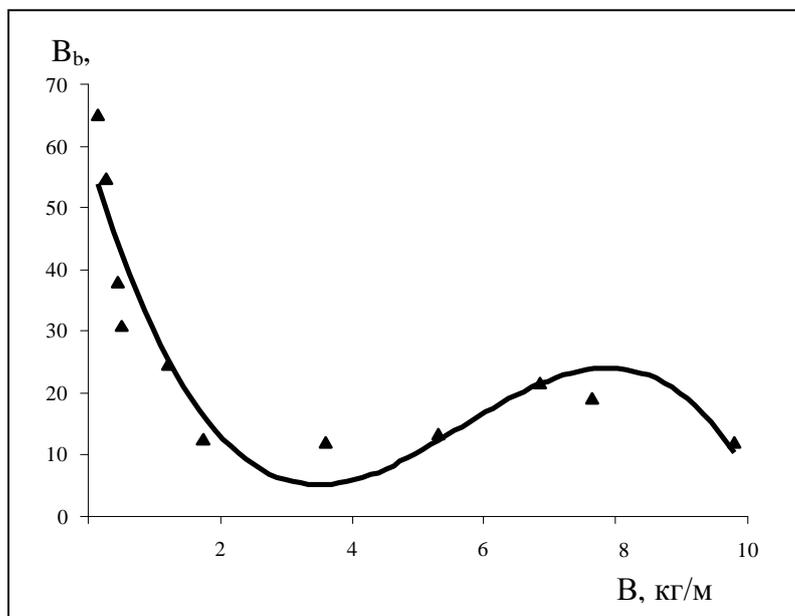


Рис. 2. Изменение относительной массы балласта (B_b) в зависимости от интегральной биомассы ценоза обрастания (B) в процессе культивирования мидий.

Это обусловлено тем, что в мидиевых друзах начинают концентрироваться биоотложения и накапливаются в них взвешенные в воде органические и неорганические вещества (иловые массы). В целом, процесс аккумуляции суммарного количества балластных веществ на искусственных субстратах в процессе выращивания мидий удовлетворительно аппроксимируется полиномом 3-й степени, имеющим вид:

$$B_b = 58,8 - 36,2 \cdot B + 7,5 \cdot B^2 - 0,44 \cdot B^3, r = 0,88 \quad (2)$$

где B_b – биомасса балласта (г/м), выраженная в процентах от общей биомассы ценоза обрастания.

Из полученных данных вытекают два важных следствия. Во-первых, при завершении цикла выращивания мидий в интегральной биомассе ценоза обрастания мидиевых коллекторов около 15% ее представлено в виде организмов-обрастателей и биоотложений. Во-вторых, аккумулярованные на коллекторах биоотложения являются лишь частью суммарной неусвоенной продукции, поскольку фильтрационный способ питания моллюсков связан с более или менее постоянным выделением фекальных масс на протяжении всего цикла культивирования.

Таким образом, с увеличением биомассы сообщества обрастания (в основном мидий) растет масса организмов-обрастателей в виде балластных веществ - биоотложений (фекальных и псевдофекальных масс), а также осаждающихся на коллекторы (особенно после штормов) взвешенных в воде мелких органических и неорганических частиц.

В связи с этим представляло интерес количественно охарактеризовать масштабы выделения биоотложений в процессе выращивания мидий. Обнаружено, что масса выделяемых фекалий находится практически в линейной зависимости от биомассы моллюсков (рис. 3), формирующейся на коллекторах. Эта связь хорошо описывается уравнением:

$$V_f = 0,36 \cdot B_m^{1,08 \pm 0,082}, r = 0,87 \quad (3),$$

где V_f – суммарная масса выделяемых в течение цикла биоотложений, B_m - биомасса популяции мидий.

Из уравнения 3 и рис. 3 видно, что на 1 кг образованной живой массы моллюсков в конце цикла культивирования в окружающую среду выделяется в среднем около 0,36 кг сухого вещества биоотложений. Следовательно, на мидиевой ферме, с масштабами выращивания 1000 тонн величина биоотложений составит около 360 тонн.

В условиях опытного культивирования, при создании небольших хозяйств с объемами выращивания (порядка 200 - 300 тонн на площади 100-200 га) выделяемые биоотложения, по-видимому, не окажут существенного влияния на экосистему акваторий, поскольку в экосистеме наблюдаются достаточно мощные гомеостатические механизмы, обеспечивающие сохранение устойчивого состояния биоценозов. Вместе с тем, даже этот незначительный (в масштабе прибрежных экосистем) поток фекального материала может оказать негативное влияние на донные биоценозы в районах с очень плотной постановкой мидиевых сооружений.

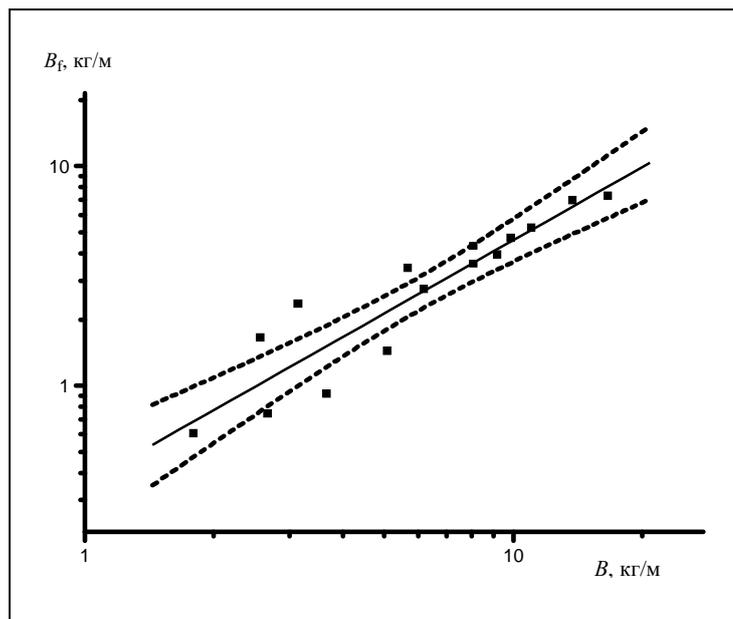


Рис. 3. Зависимость величины биоотложений (B_f) от биомассы мидий (B) на коллекторах (штриховые линии – 95 % доверительный интервал).

Материалы, полученные в нашей лаборатории, показали, что на участках расположения мидиевых коллекторов в бентосе происходит резкое сокращение численности и биомассы полихеты *Melina palmata*, являющейся четким индикатором повышенного органического загрязнения.

При увеличении объемов и площадей для культивирования пресс биоотложений на экосистему резко возрастет, что увеличит и масштабы вторичного загрязнения пропорционально масштабам выращивания этих гидробионтов.

Кроме биоотложений, отрицательное влияние на донные биоценозы и экосистему в целом могут оказывать и сами мидии, элиминированные в процессе выращивания. Анализ имеющихся в нашем распоряжении данных показал, что масса элиминированных мидий от суммарной продукции (E/P) большей частью колеблется в пределах от 50-70% от величины урожая (рис. 4). В литературе имеются сведения, что опавшие с коллекторов мидии могут образовывать небольшие мидиевые «банки» [10, 14]. Однако, по нашим наблюдениям опавшие моллюски, как правило, не находят на илистом дне необходимого для них субстрата, погибают и подвергаются деструкции и минерализации, тем самым усиливая негативные процессы в бентали.

В значительной степени нивелировать этот негативный эффект может процесс концентрация под коллекторами брюхоногого моллюска – рапаны, которая потребляет опавшие моллюски.

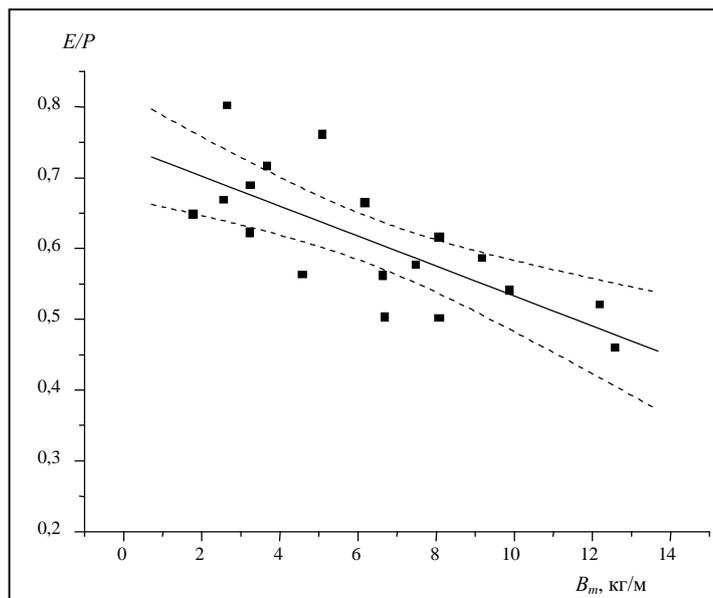


Рис. 4 Зависимость относительной величины элиминации (E/P) от биомассы (B_m) мидии на коллекторах.

Кроме того, в процессе жизнедеятельности у мидий, как и у других гидробионтов, в окружающую среду выделяется весьма значительное количество различных метаболитов [5, 6, 8, 11, 12], что в условиях массового культивирования может оказать дополнительный негативный эффект на эксплуатируемую экосистему.

В частности, в процессе жизнедеятельности и, особенно, в период нереста моллюски вместе с гаметамы выделяют в воду значительное количество органических форм азота и фосфора, прямо связанных с объемами промышленного выращивания. Соединения азота, являющиеся конечным продуктом метаболизма мидий при их высоких концентрациях, способны оказывать отрицательные воздействия на процессы жизнедеятельности окружающих морских животных [5].

Исходя из имеющихся в литературе данных [5, 7], были рассчитаны возможные объемы выделения этого соединения при ежегодном выращивании 1000 тонн мидий. При выращивании указанных выше масштабов культивирования ежегодно в окружающую среду будет выделено 6,7 тонн аммонийного азота. Выделение такого количества аммиака для экосистемы Керченского пролива не слишком велико. Воды пролива обладают достаточно высокой устойчивостью к возмущающим факторам среды, и, кроме того, здесь имеется довольно высокая скорость водообмена (из-за наличия разнонаправленных постоянных течений со скоростями не менее 0,2 м/сек). Но при культивировании нескольких тысяч тонн мидий в более замкнутых водоемах, например, в лимане Донузлав или Тендровском заливе - выделение десятков тонн аммонийных соединений может оказать существенное влияние на биоту экосистемы и вызвать значительное возрастание эвтрофикации водоема.

Кроме аммонийных соединений, большое значение на экосистему, где проводится крупномасштабное культивирование, могут оказать прижизненные выделения растворенных органических веществ (РОВ). Исходя из имеющихся в литературе данных по экскреции РОВ мидиями в процессе жизнедеятельности [2, 5, 6, 8], мы рассчитали, что при получении урожая в 1000 тонн моллюсков в среду будет выделяться около 70 тонн РОВ. Это, несомненно, скажется на гетеротрофных процессах в пелагиали, в частности, увеличит бактериальную продукцию, в том числе и контаминацию выращиваемых моллюсков, а также даст мощный импульс к процессам дальнейшего эвтрофирования.

Для того чтобы эксплуатируемая экосистема могла нормально функционировать, т.е. имела обратимый круговорот веществ, она должна быть замкнута по веществу, а экскретируемые продукты метаболизма – минерализованы до элементарных химических соединений, доступных для ассимиляции на автотрофном уровне и способных вновь участвовать в биотическом круговороте.

Известно, что для окисления 1 мг сухого органического вещества требуется около 1 мл O_2 [18], следовательно, для деструкции выделенных популяцией мидий биоотложений и РОВ в ходе ежегодного культивирования в объеме 1 тыс. т моллюсков необходимо более 600 тыс. м³ кислорода и это не считая энергетических затрат на поддержание жизнедеятельности ценоза обрастания.

Для экосистем типа Керченского пролива, имеющих высокую скорость водообмена, необходимость использования данного количества кислорода вряд ли может лимитировать объемы выращивания. Однако для полузакрытых акваторий, например заливов северо-западной части Черного моря, где водообмен, особенно в летний период, значительно снижен, наличие необходимого количества кислорода может существенно сдерживать масштабное культивирование мидий.

На начальных этапах крупномасштабное выращивание, по-видимому, оказывает на экосистему положительный эффект (возрастание уровня РОВ, различных неорганических и органических форм азота и фосфора), что увеличивает скорость продуцирования фито- и бактериопланктона. Но с увеличением плотности размещения мидиевых коллекторов на единицу площади все более будет возрастать негативная роль массовой культуры. Она обусловит высокую скорость поступления в среду фекальных масс, что в конечном итоге приведет к снижению видового разнообразия, заиливанию донных сообществ, в том числе мидиевых “банок”.

В свою очередь органическое вещество биоотложений для своего окисления потребует большого количества кислорода, что создаст благоприятные условия для развития дефицита кислорода и может привести к заморным явлениям. Деструкция и минерализация биоотложений в условиях дефицита кислорода может вызвать повышенную скорость образования сероводорода, являющегося сильным токсином для животных [20]. К этому следует добавить негативный эффект мидиями аммонийных соединений, продукция которых будет возрастать пропорционально увеличению объемов культивирования мидий, что, в свою очередь, будет способствовать процессам эвтрофирования шельфовой зоны моря.

Выделение большого количества растворенного органического вещества с гаметами и фекалиями усилит гетеротрофные процессы в пелагиали, и тем самым

будет способствовать повышению бактериальной обсемененности и возникновению эпизоотий. Кроме того, оно может существенно сказаться на процессах биохимического метаболизма в море и изменении степени интеграции экосистемы, вследствие нарушения информационных связей.

Таким образом, превышение приемной (экологической) емкости акватории, обусловленное чрезмерными масштабами культивирования мидии, может нарушить сложившееся экологическое равновесие экосистемы шельфа Черного моря.

ВЫВОДЫ

1. Основными источниками вторичного загрязнения окружающей среды при массовом культивировании мидии являются элиминированные с коллекторов мидии, организмы-обрастатели и экскретируемые в процессе жизнедеятельности биоотложения и жидкие метаболиты.
2. Биомасса элиминированных мидий в ходе культивирования составляет 50-70 % от продуцируемой на искусственных субстратах биомассы.
3. В процессе культивирования мидий на коллекторах биомасса организмов-обрастателей составляет 7-10 % от общей массы ценоза обрастания.
4. Суммарная масса биоотложений, образованных при выращивании мидий составляет более 30% от массы урожая выращенных моллюсков.
5. Превышение масштабов культивирования экологической емкости акватории ведет вторичному загрязнению и нарушению структуры и функций водных экосистем.

Список литературы

1. Биологические основы марикультуры / Ред. д.б.н. Л.А. Душкина. – М.: ВНИРО, 1998. – 317 с.
2. Кулаковский Э.Е. Биологические основы марикультуры мидий в Белом море / Э.Е. Кулаковский // Тр. Зоол. институт РАН, 2000. – 167 с.
3. Морская аквакультура / [Моисеев П.А., Карпевич А.Ф., Романычева О.Д. и др.] – М.: Агропромиздат, 1985. – 253 с.
4. Брегман Ю.Э. Культивирование двустворчатых моллюсков / Ю.Э. Брегман, Е.А. Белогрудов, В.А. Раков, Н.А. Шепель // Культивирование тихоокеанских беспозвоночных. – М.: Агропромиздат, 1987. – С. 55–90.
5. Галкина В.Н. Влияние аквакультуры мидий в Белом море на окружающую среду / В.Н. Галкина, Э.Е. Кулаковский, Б.Л. Кунин // Океанология. – 1982. – Т. 22., № 2. – С. 321–324.
6. Душкина Л.А. Взаимодействие марикультуры с окружающей средой / Л.А. Душкина, О.М.Лапшин, М.В. Переладов // Биологические основы марикультуры. – Ред. д.б.н. Л.А. Душкина. – М.: ВНИРО, 1998. – С. 295–315.
7. Золотницкий А.П. Влияние марикультуры мидий (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) на вторичное загрязнение районов культивирования / А.П. Золотницкий // Сырьевые ресурсы и биол. основы рац. использ. пром. беспозв. Тез. докл. Всес. совещ. – Владивосток. – 1988. – С. 102–103.
8. Arakawa K.J. Scatological studies of the Bivalvia (Molluska) / K.J. Arakawa // Aqv. Mar. Biol. – 1970. – Vol. 8. – P. 307–436.
9. Голиков А.Н. Влияние разведения мидий в Белом море на бентос прилегающей акватории / А.Н. Голиков, О.А. Скарлато // Биология моря. – 1979. – № 4. – С. 68–73.
10. Лапшин О.М. Определение антропогенного воздействия на прибрежные экосистемы и разработка модели сбалансированного ведения прибрежного рыбного хозяйства / О.М. Лапшин, Н.С. Жмур //

- Материалы совещания «Состояние и перспективы научно-практических разработок в области марикультуры России». – 1996 – М.: ВНИРО. – С. 177–184.
11. Campbell D.E. Musmod copyright, a production model for bottom culture of the blue mussel, *Mytilus edulis* L. / D.E. Campbell, C.R. Newell // Exp. Mar. Biol. Ecol. – 1998. – Vol. 219, № 1-2. – P. 171–203.
 12. Musig Y. Environmental problems with aquaculture in Asia / Y. Musig // In: «World Aquaculture – 96». – Bangkok, 1996. – 268 p.
 13. Report of the Working Group on Ecosystem Effects of Fishing Activities (WGECO) // ICES Headquarters, Copenhagen, Denmark, 2007. – 163 p.
 14. Переладов М.В. Воздействие промышленного культивирования мидий на бентос Судакского залива Черного моря / М.В. Переладов, Т.А. Бритаев // Рыбное хозяйство. – 1988. – Т. 9. – С. 27–30.
 15. Винберг Г.Г. Рост, скорость развития и плодовитость в зависимости от условий среды / Г.Г. Винберг // Методы определения продукции водных животных. – Минск, 1968. – С. 45–78.
 16. Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков / А.Ф. Алимов. – М.: Наука, 1981. – 248 с.
 17. Золотницький А.П. Енергетический обмен у мидий Керченского пролива / А.П. Золотницький, В.В. Тимофеев // Биология и культивирование моллюсков. – М.: ВНИРО. – 1987. – С. 87–93.
 18. Алимов А.Ф. Введение в продукционную гидробиологию / Алимов А.Ф. – Л.: Наука. – 1989. – 178 с.
 19. Цихон-Луконина Е.Н. Трофология водных моллюсков / Цихон-Луконина Е.Н. – М.: Наука, 1987. – 143 с.
 20. Кочиков В.Н. Океанологическое обеспечение морских хозяйств по выращиванию беспозвоночных / В.Н. Кочиков. – ЦНИИТЭИРХ, обзорная информация. – М., 1979. – Сер. 1. – С. 1–56.

Золотницький О.П. Про вплив великомасштабного культивування мідії (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) на екосистему шельфової зони чорного моря / О.П. Золотницький // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 73-82.

Досліджені можливі масштаби вторинного забруднення шельфової зони Чорного моря в умовах великомасштабного культивування мідій на прикладі акваторії Керченської протоки. Дана кількісна характеристика продукування на колекторах організмів-обрасників і біовідкладень, а також елімінованих з штучних субстратів мідій. Показані можливі негативні наслідки великомасштабної марикультури мідій на екосистему шельфової зони Чорного моря.

Ключові слова: Чорне море, мідія, марикультура, екосистема, забруднення, обростання, колектори, біовідкладення.

Zolotnitsky A.P. Large-scale cultivation on the influence of mussels (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck, 1819) on the ecosystem of the black sea shelf zone / A.P. Zolotnitsky // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 73-82.

Investigated the possible extent of secondary pollution of the Black Sea shelf zone in large-scale cultivation of mussels on the example of the waters of the Kerch Strait. A quantitative description of the collectors produced by fouling organisms and biodeposition and eliminated from the artificial substrates mussels. Shows the possible negative effects of large-scale mariculture of mussels on the ecosystem of the shelf zone of the Black sea.

Keywords: Black sea, mussel, mariculture, ecosystem, contamination, fouling, collectors, biodeposition.

Поступила в редакцію 14.09.2011 г.

УДК 581.45:582.573.11(477.75)

АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВИДОВ РОДА HOSTA TRATT КАК РЕАЛИЗАЦИЯ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ В ПРЕДГОРНОМ КРЫМУ

Казакова И.С., Репецкая А.И., Бирюлева Э.Г., Дильдина О.О., Бурилова В.Д.

*Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: ira_kaz@mail.ru*

В статье изложены результаты анатомо-морфологических исследований видов, форм и сортов рода *Hosta Tratt* коллекции Ботанического сада Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Приведены морфометрические показатели пяти модельных видов хост, произрастающих в разных условиях освещенности. Исследованы особенности анатомического строения листовой пластинки данных видов.

Ключевые слова: *Hosta Tratt.*, вид, интродукция, анатомо-морфологическое строение листа.

ВВЕДЕНИЕ

Виды рода *Hosta Tratt.* – декоративно-лиственные многолетники открытого грунта, нетребовательные к почвам, теневыносливые, холодостойкие, засухоустойчивые и мало подверженные болезням и вредителям. Хосты растут в тени и гармонируют со многими другими декоративно-лиственными растениями [1]. Эта культура незаменима для теневых и притененных участков, а ассортимент выдерживающих тень растений не так велик, как светолюбивых. Благодаря своей высокой декоративности и экологической пластичности они имеют широкий культивируемый ареал. Районы природного распространения – умеренно теплые области Восточной Азии (Дальний Восток, Япония, Китай, Корея), где хосты уже долгое время используются в качестве декоративных. В Европу хосты были завезены в конце XVIII века, но в садах выращивались лишь несколько видов.

Селекционная работа с культурой началась в середине XX века и привела к большому разнообразию культиваров. Современный мировой сортимент насчитывает около 6000 сортов и форм [2]. В США и странах Западной Европы хосты очень популярны, в последние годы возрос к ним интерес и в нашей стране. На территории Украины коллекции хост есть в ряде ботанических садов и дендропарков, однако научные исследования пока немногочисленны [3].

Для Крыма изучение тенелюбивых интродуцентов является проблемой острой и необходимой, поскольку ассортимент декоративных травянистых растений, которые могут высаживаться под пологом деревьев в парковых культурфитоценозах явно требует расширения. Богатая по разнообразию окраски, текстуры, величины и формы листьев хоста могла бы занять эту экологическую нишу в парках Крыма, где

она еще не нашла широкого распространения. В связи с этим, актуальным является изучение адаптивного потенциала рода *Hosta* и его реализации в условиях интродукции в Крыму.

По ряду причин остаются дискуссионными вопросы систематики рода, в частности некоторые виды были описаны по образцам, произрастающим в культуре, а ряд видов имеет явно гибридогенное происхождение [4]. Разными авторами выделяется от 40 до 50 видов хост [2, 3]. Изучение морфологических и анатомических особенностей растений, произрастающих в различных почвенно-климатических зонах, может способствовать разработке более точных систематических критериев.

С 2007 года в Ботаническом саду Таврического национального университета им. В.И. Вернадского (далее БС ТНУ) начато формирование и комплексное изучение коллекции хост, которая в настоящее время насчитывает 36 видов, форм, сортов и гибридов. Растения получены из Ботанического сада Львовского национального университета им.И.Франко, Национального ботанического сада им. Н.Н. Гришко, Ботанического сада Черновицкого национального университета им. Юрия Федьковича, из частных питомников и садовых центров.

В 2009-11 гг. нами проведено изучение морфологических и анатомических характеристик 12 видов, форм и сортов хост. Для оценки экологической пластичности проанализировали признаки растений, находящихся в условиях различной степени освещенности.

Цель данной работы – изучение анатомо-морфологических особенностей представителей рода *Хоста* в условиях интродукции в Предгорном Крыму. Исходя из цели, поставлены следующие задачи:

1. Оценить морфометрические параметры исследуемых видов.
2. Выявить особенности анатомического строения листовой пластинки.
3. Определить возможности адаптации представителей рода *Хоста* к условиям с разной степенью освещенности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Морфометрические особенности изучали у одновозрастных особей видов, форм и сортов, относящихся к миниатюрным, низкорослым и среднерослым хостам: *Hosta albo-marginata* (Hook.)Hyl., *H. lancifolia* Engl., *H. rectifolia* Nakai, *H. undulata* Bailey, *H. sieboldiana* (Lindl.)Engl., *H. plantaginea* (Lam.) Aschers., *H. fortunei* cv. *Halcyon*, *H. sieboldiana* cv. *Elegans*, *H. fortunei* cv. *Minuteman*, *H. fortunei* cv. *Wide Brim*, *H. sieboldiana* var. *Aurea-variegata*, *H. undulata* var. *Mediovariegata*.

Листья исследуемых растений разнообразной окраски – от зеленой до сизой с восковым налетом. У хосты волнистой – белое пятно в центре листовой пластинки, а у хосты белоокаймленной – узкая белая кайма по краю [5]. Текстура у разных видов гладкая, блестящая с обеих сторон, волнистая по краю или очень плотная морщинистая. Лист простой, черешковый, цельный, цельнокрайний, с острой, иногда оттянутой верхушкой, по форме от ланцетных до округлых с сердцевидным основанием [6]. Тип жилкования – кампилодромный (дуговидно-кривобежный), который характеризуется тем, что главные первичные жилки вступают в пластинку,

причем внешние направляются параллельно краю пластинки, другие – к вершине. Боковые первичные жилки не достигают вершины и присоединяются к соседней жилке. Вторичные – тонкие, нежные образуют перемычки (комиссуральные жилочки), соединяющиеся в поперечном направлении с соседними главными жилками. По мнению А.Л. Тахтаджана такое жилкование связано с высокой продуктивностью фотосинтеза этих растений [7].

Морфологические особенности листовых черешков, которые играют немаловажную роль в декоративности хост, также разнообразны. Они могут быть тонкими, узкими, слабо- и глубоко желобчатыми, некрылатыми, крылатыми, беловатыми или иметь красно-коричневые пятна. Эти стойкие характеристики вместе с анатомическими данными возможно использовать в качестве систематических признаков видов.

Соцветие хосты – фрондозная или брактеозная кисть, зацветающая акропетально. Она может быть рыхлой и плотной, длинной и короткой, иногда односторонней.

Цветки могут быть почти белыми, бледно-сиреневыми, светло- и темно-фиолетовыми [8].

Все установленные морфологические особенности представителей рода хоста, интродуцируемых в условиях Предгорного Крыма, свидетельствуют об их высокой декоративности, которая определяется размерами листовой пластинки и длиной черешка, окраской цветка и характером соцветия.

В качестве модельных видов для изучения анатомических особенностей и изменчивости растений при разном уровне освещения послужили: *Hosta albo-marginata* (Hook.) Nyl., *Hosta sieboldiana* (Lindl.) Engl., *Hosta undulata* Bailey, *Hosta lancifolia* Engl., *Hosta plantaginea* (Lam.) Aschers. Объекты были выбраны, исходя из их различного таксономического статуса, различий по окраске и текстуре листа, широкого распространения в культуре, а также использования в качестве родительских форм в селекционном процессе [4].

Для оценки развития вегетативной сферы проводились измерения четырех параметров: высоты и диаметра куста, длины и ширины листовой пластинки (табл. 1). Эти показатели являются наиболее важными с точки зрения декоративной ценности, так как хоста относится к группе декоративно-лиственных растений [1, 9]. Измерения проводились в течение всего периода вегетации растений – с третьей декады марта по третью декаду ноября. Для характеристики вегетативной сферы использовали максимальные значения каждого показателя в течение сезона.

Анатомия листа изучалась в течение вегетационного сезона 2011 г. по общепринятым методикам [10]. Для анатомического анализа отбирались среднего размера листовые пластинки. Для определения лигнина в тканях листа использовалась реакция с флороглюцином.

Все полученные данные обработаны стандартными методами математической статистики [11].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Высота куста варьировала у разных видов, форм и сортов от 13,0 см (*H. undulata* var. *Medio-variegata*) до 41,7 см (*H. plantaginea*). По диаметру особей диапазон изменения признака также весьма значителен – от 36,0 до 96,3 см с теми же крайними таксонами. Что касается параметров листовой пластинки, то наименьшее значение ширины листа отмечено у самой миниатюрной формы *H. undulata* var. *Medio-variegata* – 5,5 см, в то время как наиболее короткая листовая пластинка у другого культивара – *H. fortunei* cv. *Halcyon* – 14,0 см. Среди изученного ассортимента самые крупные листья развиваются у хосты Зибольда и его культивара 'Elegans' (длина 25,0 см и ширина 19 см соответственно).

На основе полученных данных было проведено разделение имеющихся таксонов на 3 группы (табл. 1), согласно садовой классификации хост по высоте [1].

Таблица 1.
Характеристика вегетативной сферы видов и сортов *Hosta* Tratt.
Ботанического сада Таврического национального университета
им. В.И. Вернадского (2010 г.)

№ п/п	Вид (сорт, форма)	Высота особи, см	Диаметр особи, см	Длина листовой пластинки, см	Ширина листовой пластинки, см
Миниатюрные (М) 8-24 см					
1	<i>H. albo-marginata</i>	16,0 ± 1,9	55,0 ± 6,9	18,6 ± 0,7	8,2 ± 0,9
2	<i>H. lancifolia</i>	20,9 ± 2,3	59,9 ± 4,9	16,5 ± 0,6	5,9 ± 0,4
3	<i>H. rectifolia</i>	19,7 ± 0,9	56,0 ± 2,5	14,3 ± 0,3	6,5 ± 0,3
4	<i>H. fortunei</i> cv. <i>Halcyon</i>	18,2 ± 2,2	54,2 ± 7,7	14,0 ± 1,1	8,0 ± 0,7
5	<i>H. fortunei</i> cv. <i>Minuteman</i>	18,6 ± 2,1	56,2 ± 7,9	17,0 ± 1,1	11,0 ± 0,5
6	<i>H. fortunei</i> cv. <i>Wide Brim</i>	19,0 ± 0,6	60,7 ± 2,3	15,0 ± 0,6	10,7 ± 0,3
7	<i>H. sieboldiana</i> var. <i>Aurea-variegata</i>	15,3 ± 1,3	65,3 ± 5,9	17,7 ± 0,7	8,4 ± 0,7
8	<i>H. undulata</i>	19,9 ± 1,2	61,9 ± 2,9	16,3 ± 0,5	6,6 ± 0,3
9	<i>H. undulata</i> var. <i>Mediovariegata</i>	13,0 ± 1,3	36,0 ± 1,8	19,0 ± 0,6	5,5 ± 0,4
Низкорослые (S) 25-39 см					
10	<i>H. sieboldiana</i>	38,7 ± 0,9	107,7 ± 1,4	25,0 ± 2,1	18,7 ± 1,3
11	<i>H. sieboldiana</i> cv. <i>Elegans</i>	37,8 ± 1,1	84,7 ± 6,6	24,7 ± 1,7	19,0 ± 0,7
Среднерослые (MED) 40-55 см					
12	<i>H. plantaginea</i>	41,69 ± 1,05	96,3 ± 3,15	24,2 ± 0,84	18,4 ± 0,62

В группу миниатюрных хост (М) вошли: *H. albo-marginata*, *H. lancifolia*, *H. rectifolia*, *H. fortunei* cv. Halcyon, *H. fortunei* cv. Minuteman, *H. fortunei* cv. Wide Brim, *H. sieboldiana* var. *Aurea-variegata*, *H. undulata*, *H. undulata* var. *Mediovariegata*.

Для оценки успешности интродукции изучаемой культуры в Предгорном Крыму провели сравнительный анализ с аналогичными данными, полученными в других почвенно-климатических зонах: в Правобережной Лесостепи (Национальный Ботанический сад им. Н.Н. Гришко – далее НБС, Национальный дендрологический парк «Софиевка» – далее «Софиевка»), на Буковине (Ботанический сад Черновицкого национального университета им. Ю. Федьковича – далее БС ЧНУ), в Средней Европе (г. Варшава), в Средней полосе России (Ботанический сад Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова – далее БС МГУ; Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН – далее ГБС РАН), в Западной Сибири (Центральный сибирский ботанический сад – далее ЦСБС) [2, 6, 12–16].

В условиях лесостепной зоны Украины (НБС) и средней полосы России (ГБС РАН) *H. albo-marginata* и *H. lancifolia* достигают больших размеров и входят в группу низкорослых (S) хост – высота не превышает 30–40 см [13, 15]. В условиях Предгорного Крыма высота этих видов меньше и составляет 16,0 см и 20,9 см соответственно. В то же время, существенных отличий в размерах листовой пластинки не наблюдается (табл. 1).

H. rectifolia и *H. sieboldiana* var. *Aurea-variegata* сотрудниками ГБС РАН отнесены в группу высокорослых (L) хост. В условиях г. Москва высота особей *H. rectifolia* составляет в среднем 90,0 см, в БС ТНУ – 19,7 см, а высота *H. sieboldiana* var. *Aurea-variegata* – 60,0 см и 15,3 см соответственно, т.е. в 4–4,5 раза больше [13].

В группу миниатюрных (М) хост нами также был включен вид *H. undulata*. Его высота составила 19,9 см, что не превышает порогового значения для перехода в следующую группу. В Варшаве этот вид был отнесен к среднерослым (MED) (высота больше 40 см), а в ГБС РАН – низкорослым (S) хост (высота равна 25–39 см) [6, 13]. Однако в Крыму данный вид имеет больший диаметр куста (61,9 см), чем в Москве (ГБС РАН – 50–55 см) [13].

К миниатюрным хостам в условиях Предгорного Крыма относятся сорта *H. fortunei* cv. Halcyon (высота 18,2 см) и *H. fortunei* cv. Wide Brim (высота – 19,0 см) (табл. 1), которые в средней полосе России (БС МГУ) и лесостепи Украины (НБС) достигают значительно больших размеров и характеризуются как среднерослые. Наблюдаются существенные отличия и в диаметре куста. В наших условиях он составляет – 54,2 см, в НБС – 75 см, а в БС МГУ – 102 см. Размеры листовой пластинки отличаются незначительно – в БС ТНУ длина и ширина листа сорта 'Halcyon' составляет 14,0 см и 8,0 см, а в Москве – 16,0 см и 10,0 см соответственно [2, 15]. Аналогичные тенденции наблюдаются у сорта того же вида *H. fortunei* cv. Wide Brim (табл. 1).

В группу низкорослых хост (высота 25–39 см) входит хоста Зибольда и ее сорт *H. sieboldiana* cv. Elegans. В условиях интродукции в г. Москва они входят в группу высокорослых (L), т.к. их высота находится в пределах 60–70 см. В БС ТНУ высота *H. sieboldiana* составляет в среднем 38,7 см, а *H. sieboldiana* cv. Elegans – 37,8 см. Если учитывать, что пороговым значением высоты низко- и среднерослых хост принято 40 см, то указанные таксоны занимают пограничное положение и при

определенных условиях могут достигнуть больших размеров при выращивании в Крыму. Существенные отличия также наблюдаются в размерах листовых пластинок: в наших условиях они составляют 25 см и 18,7 см (*H. sieboldiana*), 24,7 см и 19 см (*H. sieboldiana* cv. *Elegans*), а в Москве – 36 см и 25 см [1].

Вид *H. plantaginea* в БС ТНУ достигает размеров среднерослых (MED) хост, его высота составила 41,7 см (табл. 1). На Буковине (БС ЧНУ) этот вид отнесен к группе высокорослых (L) (высота – 68-70 см). Диаметр куста и размеры листовой пластинки практически одинаковы [14].

На наш взгляд, существенное отличие значений морфометрических параметров вегетативной сферы обусловлено различными климатическими условиями районов интродукции, в частности, меньшим количеством выпадающих осадков в Крыму, а также высокими летними температурами (табл.2) [2, 6, 14, 17–20]. Маловероятным представляется почвенный фактор, поскольку посадка и уход за растениями в БС ТНУ осуществляется с использованием всех рекомендуемых подкормок минеральными и органическими удобрениями, а также регулярным внесением торфа для достижения нейтральной или слабокислой реакции почвы [9, 13].

Таблица 2.

Метеорологические данные различных климатических зон

Город	Среднегодовые осадки, мм	Среднегодовая температура воздуха, °С	Среднемесячная температура воздуха, °С	
			январь	июль
Новосибирск	420	0,2	-19	19
Симферополь	450	10,6	-1	21
Умань	550	7,3	-5,9	19,8
Варшава	558	7,2	-3	17,5
Киев	550	7,7	-13	20,4
Черновцы	660	7,9	-4,9	18,7
Москва	700	5,8	-9,3	18,2

Второй причиной различий между полученными нами показателями и литературными данными может быть возраст растений. К 2010 г. все изученные особи достигли 4-х лет. Известно, что функции со временем не теряют декоративности. Запас питательных веществ в подземной сфере позволяет взрослым особям развивать большое количество более крупных листьев, что приводит к формированию мощных растений с несколькими розетками листьев. Некоторые авторы полагают, что хосты становятся наиболее декоративным лишь к седьмому году жизни [1].

На наш взгляд, лимитирующим фактором в условиях культивирования в Крыму при соблюдении всех агротехнических приемов может быть воздушная засуха в течение летних месяцев. Особенно страдают мезоморфные растения, к которым относится и хоста. Если экологические условия неоптимальны для культуры, то возможно измельчение особей, либо достижение характерных для вида или сорта размеров за более длительный период.

Для оценки адаптивного потенциала хост к изменению уровня освещения сравнили морфометрические параметры вегетативной сферы одновозрастных особей пяти видов, высаженных в открытом солнечном местообитании и в условиях притенения древесными растениями (табл. 3).

Таблица 3.
Морфометрические показатели листовой пластинки видов рода *Hosta* Tratt в разных условиях освещенности

Вид	Длина листовой пластинки, см		Ширина листовой пластинки, см	
	свет	тень	свет	тень
<i>H. lancifolia</i>	20,8 ± 1,0	17,5 ± 1,5	7,5 ± 0,2	7,5 ± 0,7
<i>H. albo-marginata</i>	18,3 ± 7,6	21,7 ± 12,5	9,5 ± 5,7	11,5 ± 1,3
<i>H. undulata</i>	17,1 ± 7,8	14,8 ± 9,5	9,6 ± 3,2	8,5 ± 5,9
<i>H. sieboldiana</i>	22,3 ± 1,1	12,3 ± 0,8	19,8 ± 1,0	11,5 ± 0,7
<i>H. plantaginea</i>	23,0 ± 0,4	26,6 ± 0,6	18,5 ± 0,5	21,7 ± 0,6

На солнечных участках у хосты волнистой и хосты Зибольда длина и ширина листовой пластинки больше, чем в тени. Но если у *H. undulata* различия недостоверны и показатели отличаются на 10-15%, то у *H. sieboldiana* размеры листовой пластинки на свету почти в два раза больше, чем в тени.

У хосты белоокаймленной и хосты подорожниковой листья развиваются более крупными в тени, но не более чем на 20%. Различия недостоверны на 95% уровне значимости.

Что касается хосты ланцетолистной, то отчетливой тенденции в реакции на уровень освещенности не прослеживается – длина листа больше на свету, но недостоверно ($P > 0,05$), а ширина остается неизменной.

Таким образом, у хосты Зибольда величина листьев наиболее вариабельна по отношению к свету. Именно этот вид сильнее остальных страдает от солнечных ожогов (рис. 1, рис. 2). У выращиваемых на открытом солнечном месте особей лист выгорает, а к середине лета появляются некротические пятна. Возможно, увеличение размеров листовой пластинки является компенсаторным механизмом, направленным на восстановление ассимиляционного аппарата, который растение теряет в результате образования ожогов.

Согласно литературным данным наиболее адаптированы к солнечным местам произрастания белоокрашенные хосты [2]. У рассматриваемых видов окраска листа варьирует от зеленой (*H. lancifolia*, *H. plantaginea*) до сизой (*H. sieboldiana*, *H. undulata*) зеленая листовая пластинка с белым пятном в центре, а у *H. albo-marginata* – белая полоса по краю листа. Текстура листа также отличается от гладкой блестящей, до плотной с восковым налетом. В ходе проведенных наблюдений наибольшую устойчивость к воздействию солнечного света показали *H. lancifolia*, *H. undulata* и *H. albo-marginata*, отличающиеся как по окраске, так и по текстуре листьев (рис. 3, рис. 4). Указанные виды не выгорали, не имели солнечных ожогов и размеры их листьев достоверно не изменялись на солнце и в тени (табл. 3). В то же время хоста

подорожниковая, имеющая окраску и текстуру листьев сходную с хостой ланцетолистной, страдала от солнечных ожогов, также как и хоста Зибольда.



Рис. 1. Хоста Зибольда (*H. sieboldiana*) на солнце (видны солнечные ожоги)



Рис. 2. Хоста Зибольда (*H. sieboldiana*) в тени.



Рис. 3. Хоста белоокаймленная (*H. albo-marginata*) на солнце



Рис. 4. Хоста ланцетолистная (*H. lancifolia*) на солнце

Для выявления адаптивных возможностей различных видов хост к уровню освещенности изучили анатомическое строение листа у пяти модельных объектов.

При изучении анатомии листа установлено, что клетки верхнего эпидермиса у всех изученных видов крупнее нижних. Наружные стенки их значительно утолщены и покрыты кутикулой, антиклинальные стенки тонкие. Анализ видовых отличий эпидермы показал, что наиболее крупные клетки адаксиальной стороны листа обнаружены у *Hosta albo-marginata* и *Hosta plantaginea*, самые мелкие характерны для *Hosta undulate*. Эта тенденция сохраняется и для нижней эпидермы.

Мезофилл листа слабо дифференцирован. Клетки его почти изодиаметричной формы или несколько вытянуты в тангентальном направлении. Количество слоев мезофилла (10-12) у всех видов примерно одинаково. Ближе к краю лист становится тоньше и соответственно уменьшается число слоев мезофилла – до 7-9. Здесь обнаружены схизогенные вместилища. Они округлой или овальной формы, изнутри выстланы эпителиальными клетками (рис. 5). По всей видимости, с их образованием

связано использование хосты как лекарственного растения. По данным И.В. Бойко, сок из листьев и черешков имеет противовоспалительное и обезболивающее действие [3].

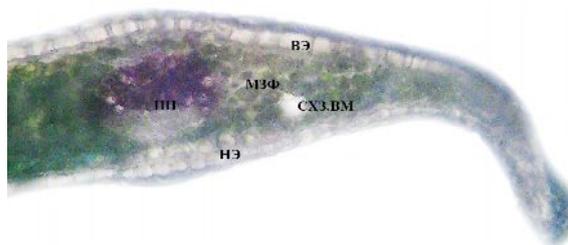


Рис.5. Анатомическое строение края листовой пластинки *Hosta plantaginea*.

Примечание: вэ - верхняя эпидерма, пп – проводящий пучок, мзф – мезофилл, схз.вм – схизогенное вместилище, нэ – нижняя эпидерма

Проводящие ткани образуют жилки, представленные закрытыми коллатеральными пучками. Сосуды ксилемы в них лигнифицированы. Пучки окружены паренхимной обкладкой. Жилки с нижней стороны укреплены 2-5 слоями уголкового колленхимы. Такой общий план строения листа сохраняется у всех исследуемых видов.

Анализ анатомических особенностей листьев растений, выращенных в разных условиях освещенности, показал, что на свету у хосты Зибольда мезофилл становится слабо дифференцированным. Хотя этот вид предпочитает теневые местообитания, мы можем констатировать, что внутренние его структуры обладают адаптивными возможностями к произрастанию в разных условиях обитания. Однородный мезофилл характерен для всей листовой пластинки хосты, выросшей в тени (рис.6). На свету клетки, прилегающие к верхней эпидерме, несколько вытянуты в тангентальном направлении, располагаются плотно друг к другу, образуя два слоя. Следует отметить, что ближе к краю листа мезофилл все же остается однородным.

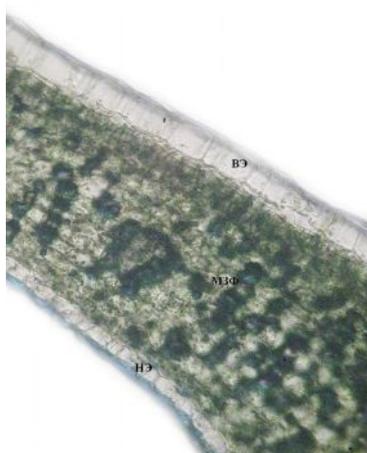


Рис.6. Анатомическое строение листа хосты Зибольда выросшей в тени.

Примечание: вэ - верхняя эпидерма, мзф – мезофилл, нэ – нижняя эпидерма

Эпидермис исследованных растений произрастающих в тени и на свету также обнаруживает особенности, которые выражаются в том, что на свету клетки и верхней и нижней эпидермы мельче, чем в тени (табл. 4).

Таблица 4.
Морфометрические показатели эпидермы листа видов хост в разных условиях освещенности

Вид	Верхняя эпидерма, мкм		Нижняя эпидерма, мкм		Кол-во слоев мезофилла	
	длина	ширина	длина	ширина	у главной жилки	у края листа
<i>H.lancifolia</i>*	3.61±0.61	1.66±0.73	3.19±0.81	1.46±0.42	11-13	7-9
<i>H.lancifolia</i>	3.26±0.47	1.47±0.26	2.97±0.77	1.11±0.16	9-11	7-9
<i>H. albo-marginata</i>*	5.52±0.65	2.39±0.54	3.01±0.68	1.94±0.28	10-12	7-9
<i>H. albo-marginata</i>	4.92±0.88	2.03±0.64	2.89±0.91	1.81±0.22	10-12	6-8
<i>H. undulate</i>	3.81±0.53	2.98±0.88	3.65±0.36	2.61±0.49	10-12	8-9
<i>H. undulate</i>	2.66±0.44	2.46±0.53	2.39±0.71	1.99±0.82	10-12	8-9
<i>H. sieboldiana</i>	4.92±0.27	2.46±0.35	4.26±0.31	2.39±0.83	10-12	9-10
<i>H. sieboldiana</i>	4.01±0.12	2.12±0.93	3.81±0.69	2.08±0.39	10-12	8-10
<i>H. plantaginea</i>	5.61±0.79	2.58±0.84	4.92±0.32	2.21±0.16	10-12	7-9
<i>H. plantaginea</i>	5.11±0.18	2.16±0.58	4.32±0.19	2.02±0.92	10-12	6-8

Примечание: темным цветом выделены показатели растений, выращенных в тени.

Таким образом, сравнительные морфометрические показатели размеров клеток эпидермиса и тенденция к дифференциации мезофилла представителей рода Хоста свидетельствуют о появлении адаптивных изменений, связанных со специфичностью и экологической приуроченностью их произрастания.

ВЫВОДЫ

1. Анализ морфометрических характеристик вегетативной сферы представителей рода Хоста коллекции БС ТНУ позволил разделить их на три садовые группы: миниатюрные, низкорослые и среднерослые. Отличие полученных результатов от литературных данных может быть обусловлено различными климатическими условиями районов интродукции и меньшим возрастом растений коллекции БС ТНУ.
2. В ходе проведенных наблюдений наибольшую устойчивость к воздействию солнечного света показали *H. lancifolia*, *H. undulata* и *H. albo-marginata*.

3. Лист представителей рода Хоста амфистоматический с однородным или слабо дифференцированным мезофиллом. Под влиянием света формируются элементы ксероморфности (мелкоклетность эпидермы, слабо выраженная дифференциация мезофилла).
4. Появление адаптивных признаков по отношению к световому фактору позволяют выращивать некоторые виды хост в условиях с разной степенью освещенности.

Список литературы

1. Хими́на Н. И. Хосты / Наталья Ивановна Хими́на. – М.: Кладезь-Букс, 2005. – 96 с.
2. Голиков К.А. Этот прекрасный сад / К.А. Голиков – М.: Изд-во МГУ, 2008. – 292 с.
3. Бойко І.В. Історія інтродукції та систематичне положення роду *Hosta* Tratt. / І.В. Бойко // Інтродукція рослин. – 2008. – №3. – С.18-21.
4. Schmid W. G. The genus *hosta*. *Giboshi zoku* / Wolfram George Schmid. – Portland, Oregon : Timber press, 1993. – P.13-15.
5. Абрамова Л. И. Декоративные травянистые растения для открытого грунта: в 2 томах / Л.И. Абрамова, Н.А. Аврорин, Н.Д. Агапова и др. – Ленинград: Наука, 1977. – Т.2: 459 с.
6. Марчинковский Яцек. Каталог многолетников / Яцек Марчинковский; [Пер. с польского Жанна Грабчевская]. – Варшава, 2008. – 136 с
7. Тахтаджян А. Л. Основы эволюционной морфологии покрытосеменных / А. Л. Тахтаджян – М.: Издательство “Наука”, 1964. – С.57-63.
8. Лучник А. Н. Энциклопедия декоративных растений умеренной зоны / Лучник А. Н. – М.: Институт технологических исследований, 1997. – 464 с.
9. Хими́на Н. И. Уход за хостами / Наталья Ивановна Хими́на. – М.: Кладезь-Букс, 2008. – 32 с.
10. Прозина М.Н. Ботаническая микротехника / М.Н. Прозина – М.: Высшая школа, 1960. – 206с.
11. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф.Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
12. Бойко І.В. Рід *Hosta* Tratt. в Україні (онтогенез, репродуктивна здатність, використання): автореф. дис.. на здобуття наукового ступеня канд. біолог. наук: спец.03.00.05 – «Ботаніка» / І.В. Бойко. – Умань, 2010. – 16 с.
13. Вавилова Л. П. Функции в Главном Ботаническом саду // Интродукция и прием культуры цветочно-декоративных растений / Л. П. Вавилова – М.: Наука, 1997. – 168 с.
14. Інтродукція *Hosta plantaginea* (Lam.) Aschers. та особливості адаптації в умовах Буковини/ М.О. Смолінська, І.М. Червінська // News Biospher Reserve «Askania Nova». – 2009. – № 11. – С.140-144.
15. Каталог декоративных растений / – К.: ООО «Новый друк», 2009. – С 99-101.
16. Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале ххi века: материалы всероссийской конференции (Петрозаводск, 22–27 сентября 2008 г.). Часть 6: Экологическая физиология и биохимия растений. Интродукция растений. – Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2008. – 392 с.
17. Собко В.Г. Інтродукція рідкісних і зникаючих рослин флори України / В.Г. Собко, М.Б.Гапоненко. – Київ :Наукова думка, 1996. – 281 с.
18. Гвоздецкий Н.А. Физическая география СССР. Азиатская часть / Н.А. Гвоздецкий, Н.И. Михайлов. – М.: Мысль, 1978. – 572 с.
19. Михайлов Н.И. Физико-географическое районирование / Н.И. Михайлов. – М. : Изд-во МГУ, 1985. – 182 с.
20. Украина: Климатический атлас Крыма. – Симферополь: Таврия- плюс, 2000. – 119 с.

Казакова І.С. Анатомо-морфологічні особливості видів роду *Hosta Tratt* як реалізація адаптивного потенціалу в умовах інтродукції в Передгірному Криму / **І.С. Казакова, А.І. Репецка, Е.Г. Бірюльова, О.О. Дільдіна, В.Д. Бурилова** // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 83-94.

У статті викладено результати анатомо-морфологічних досліджень видів, форм і сортів роду *Hosta Tratt* колекції Ботанічного саду Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Наведено морфометричні показники п'яти модельних видів хост, що виростають у різних умовах освітленості. Досліджено особливості анатомічної будови листової пластинки даних видів.

Ключові слова: *Hosta Tratt.*, вид, інтродукція, анатомо-морфологічна будова листа.

Kazakova I.S. Anatomical and morphological features species as *Hosta Tratt.* implementation of adaptive potential in introduction in the foot-hills Crimean / **I.S. Kazakova, A.I. Repetskaya, E.G. Biryulyova, O.O. Dildina, V.D. Burilova** // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 83-94.

The article presents the results of anatomical and morphological studies of species, cultivares and forms of genus *Hosta* in Botanical garden Taurida national V. Vernadski university collection. Morphometric parameters of 5 sample *hosta* species growing in different light conditions are shown. The features of the anatomical structure of the leaf blade of this species studied.

Keywords: *Hosta Tratt.*, species, introduction, anatomical and morphological structure of the leaf.

Поступила в редакцію 24.11.2011 г.

УДК 591.5:612.014.46

ПСИХОТРОПНЫЕ ЭФФЕКТЫ СВЕРХМАЛЫХ ДОЗ АСПИРИНА И ЕГО СОЛЕЙ

*Катюшина О.В., Коренюк И.И., Хусаинов Д.Р., Гамма Т.В., Чертаев И.В.,
Колотилова О.И., Лямина А.М.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: katsea87@mail.ru*

С использованием поведенческих тестов выявлены психотропные эффекты сверхмалых доз аспирина, ацетилсалицилатов кобальта и цинка. Аспирин в дозе $40 \cdot 10^{-8}$ мг/кг увеличивал тревожность у животных, а в дозе $40 \cdot 10^{-8}$ и $40 \cdot 10^{-10}$ мг/кг оказывал антидепрессантное действие. Ацетилсалицилат кобальта во всех дозах проявлял антистрессорный и антидепрессантный эффекты, а в дозах $40 \cdot 10^{-8}$ и $40 \cdot 10^{-13}$ мг/кг – анксиолитический. Ацетилсалицилат цинка в дозах $40 \cdot 10^{-10}$, $40 \cdot 10^{-13}$ мг/кг оказывал антистрессорный и антидепрессантный эффекты.

Ключевые слова: аспирин, ацетилсалицилат кобальта, ацетилсалицилат цинка, сверхмалые дозы, поведенческие тесты.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время многие исследователи стали обращаться к вопросу изучения действия сверхмалых доз (СМД) биологически активных веществ (БАВ) на организм человека и животных [1–3]. Актуальность этой проблемы объясняется тем, что лекарственные средства в обычных дозах проявляют токсичность, алергогенность, наркогенность, вызывают развитие толерантности и другие нежелательные реакции. Так, у аспирина (ацетилсалициловая кислота – Asp), который известен как эффективное болеутоляющее, жаропонижающее и противовоспалительное средство [4], в наших предыдущих исследованиях [5] было обнаружено антидепрессантное действие – относительно новое свойство данного класса соединений, которое подтверждается и работами других авторов [6]. Однако, несмотря на все свои преимущества, аспирин вызывает ряд негативных побочных эффектов [7]. Вполне вероятно, что применение аспирина в СМД снизило бы при этом риск развития нежелательного побочного действия. Учитывая то, что на сегодня для аспирина в СМД уже обнаружены высокая тромболитическая активность, снижение вероятности развития болезни Альцгеймера и ряд других эффектов [8], возможно аспирин в СМД будет оказывать влияние и на поведение [9].

В связи с этим, целью данной работы было определение наличия, направленности и выраженности психотропных эффектов аспирина и его солей в СМД.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на 100 взрослых беспородных крысах-самцах массой 200-250 г. Для экспериментов отбирали животных со средней двигательной активностью, преобладающих в популяции и, следовательно, можно утверждать, что именно у этих крыс будет развиваться наиболее типичная реакция на любое воздействие.

Все животные были разделены на 5 групп (по 10 особей в каждой). Тестируемые соединения внутривенно вводились крысам за 30 мин до начала тестирования. Одна группа была контрольной, ей вводили физиологический раствор. Второй группе вводили Asp в терапевтической дозе (ТД – 40 мг/кг), который предварительно растворяли в физиологическом растворе [3]. Трех остальным группам инъецировали Asp в СМД: одной группе – в дозе $40 \cdot 10^{-8}$ мг/кг (в концентрации 10^{-12} М), другой – $40 \cdot 10^{-10}$ мг/кг (10^{-14} М), третьей – $40 \cdot 10^{-13}$ мг/кг (10^{-17} М). Объем каждой инъекции составлял 0,2 мл. Такой диапазон СМД был выбран нами исходя из литературных данных [1–3, 9, 10] и в предварительном эксперименте из этого диапазона выбраны наиболее эффективные СМД [11]. Затем делался семидневный перерыв, после которого животным также однократно вводили следующее соединение (ацетилсалицилат кобальта – АСК или ацетилсалицилат цинка – АСЦ) в тех же дозах.

Изучение поведенческих реакций крыс при действии указанных веществ проводилось в условиях этологических тестов, в которых стрессированность животных возрастает в следующем ряду [17]: «открытое поле» (слабый стресс) [12] – «черно-белая камера» (умеренный стресс) [13, 14] – «тест Порсолта» (сильный стресс) [15] – «подвешивание за хвост» (сильный стресс) [16].

Достоверность различий между группами контроля и опыта определялась с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни (при $p \leq 0,05$, $p \leq 0,01$). Данные представлены в относительных единицах (%), где значения группы контроля принимали за 100%.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние аспирина и его солей на поведение крыс в тесте «открытое поле»

Как видно из рисунка 1 Asp в ТД приводил к достоверному уменьшению ИА на 58% ($p \leq 0,01$), тогда как у крыс, которым инъецировали ТД АСЦ и АСК, она увеличивалась на 81% ($p \leq 0,05$) и 30% ($p \leq 0,01$) соответственно. Это указывает на анксиогенное действие Asp и анксиолитическое – АСЦ и АСК, так как в работах А.Л. Маркея и А.В. Калуева по изменению показателя ИА оценивают уровень тревожности животных.

Asp в дозе $40 \cdot 10^{-8}$ мг/кг на 40% ($p \leq 0,05$) уменьшал исследовательскую активность (ИА) относительно контроля (рис. 1), что указывает на увеличение тревожности. В других СМД прослеживалась лишь тенденция, причем с уменьшением дозы снижалась выраженность анксиогенного эффекта. Также в дозах $40 \cdot 10^{-10}$ и $40 \cdot 10^{-13}$ мг/кг у Asp было отмечено увеличение локомоторной активности, что выражалось в увеличении горизонтальной двигательной активности (ГДА) на

95% и 152% соответственно ($p \leq 0,05$), указывающее по Маркелю [12] на его антистрессорное действие, что согласно исследованиям А.Л. Маркеля указывает на его антистрессорное действие.

АСК в дозах $40 \cdot 10^{-8}$ и $40 \cdot 10^{-13}$ мг/кг увеличивал ИА у животных по сравнению с контролем ($p \leq 0,05$) на 160% и на 20% соответственно (рис. 1), что говорит о наличии у него в этих дозах анксиолитических свойств. При этом во всех СМД у животных было отмечено увеличение ГДА относительно группы контроля (рис. 1), указывающее антистрессорное действие вещества, причем с уменьшением дозы эффект увеличивался.

Для АСЦ наблюдалась тенденция к увеличению ИА у животных (рис. 1) в дозе $40 \cdot 10^{-8}$ мг/кг. При этом достоверно ($p \leq 0,05$) увеличивалась ГДА по сравнению с контролем на 110% в дозе $40 \cdot 10^{-10}$ мг/кг и на 50% в дозе $40 \cdot 10^{-13}$ мг/кг (рис. 1), что характеризует АСЦ как антистрессорное вещество. Кроме того, АСЦ в дозе $40 \cdot 10^{-10}$ мг/кг уменьшал количество актов Гр до 22% относительно контроля (рис. 1), что подтверждает антистрессорное действие [17].

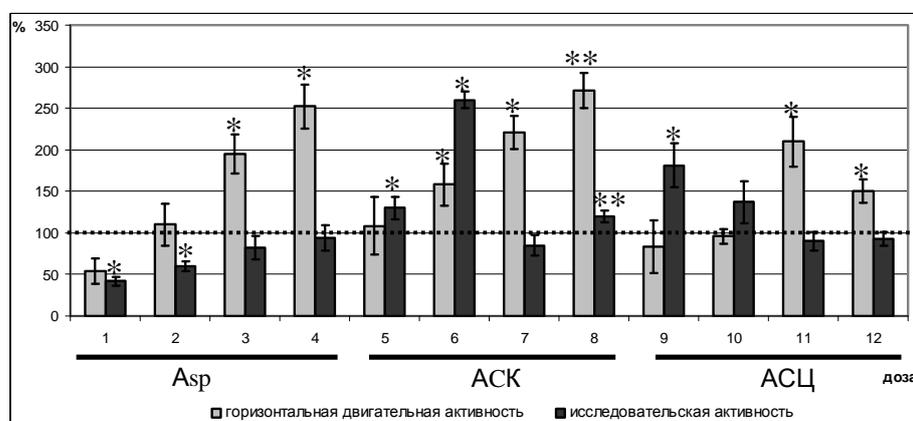


Рис. 1. Влияние ацетилсалицилатов в сверхмалых дозах на уровень исследовательской и горизонтальной двигательной активностей в тесте «открытое поле».

Примечание: ■■■■ - контроль = 100%, Asp – аспирин, АСЦ – ацетилсалицилат цинка, АСК – ацетилсалицилат кобальта; 1, 5, 9 – в дозе терапевтическая доза 40 мг/кг; 2, 6, 10 – $40 \cdot 10^{-8}$ мг/кг; 3, 7, 11 – $40 \cdot 10^{-10}$ мг/кг; 4, 8, 12 – $40 \cdot 10^{-13}$ мг/кг; * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$.

Таким образом, при «слабом» стрессе Asp в СМД также как и в ТД увеличивает тревожность у животных, однако с уменьшением дозы выраженность анксиогенного эффекта снижается и в дозе $40 \cdot 10^{-13}$ мг/кг данный эффект нивелируется. Кроме того, с уменьшением дозы на фоне нивелирования анксиогенного эффекта Asp, у него появляется новое свойство – антистрессорное действие, которого не было в ТД. Такое же развитие проявления эффекта показано и для анксиолитического действия АСЦ. У АСК в СМД не только отмечено повторение эффекта ТД, но и увеличение выраженности анксиолитического

эффекта с появлением антистрессорного действия, которое при уменьшении дозы усиливалось.

Влияние аспирина и его солей на поведение крыс в тесте «черно-белая камера»

Внутрибрюшинное введение ТД Asp, АСК и АСЦ в тесте «черно-белая камера» не вызывало достоверного изменения как частоты, так и времени выглядываний и выходов в светлый отсек камеры. Также у Asp и АСК в СМД не было отмечено достоверных изменений поведенческих показателей.

У АСЦ в дозе $40 \cdot 10^{-8}$ мг/кг зафиксировано снижение количества выглядываний крыс на 76% относительно группы контроля (рис. 2) при $p \leq 0,01$, что указывает по мнению И.П. Лапина [13, 14] на увеличение тревожности у крыс. Однако в дозе $40 \cdot 10^{-10}$ мг/кг АСЦ увеличивал время выглядываний крыс в светлый отсек камеры на 153% при $p \leq 0,01$, что является проявлением анксиолитического действия данного вещества.

Следовательно, применение Asp и АСК в СМД и ТД в условиях «умеренного» стресса неэффективно. Однако у АСЦ в дозе $40 \cdot 10^{-8}$ мг/кг отмечено наличие выраженного анксиогенного действия, которое не было зафиксировано в ТД. Затем в дозе 10^{-10} мг/кг, наоборот, проявляется анксиолитический эффект и в дозе 10^{-13} мг/кг он пропадает.

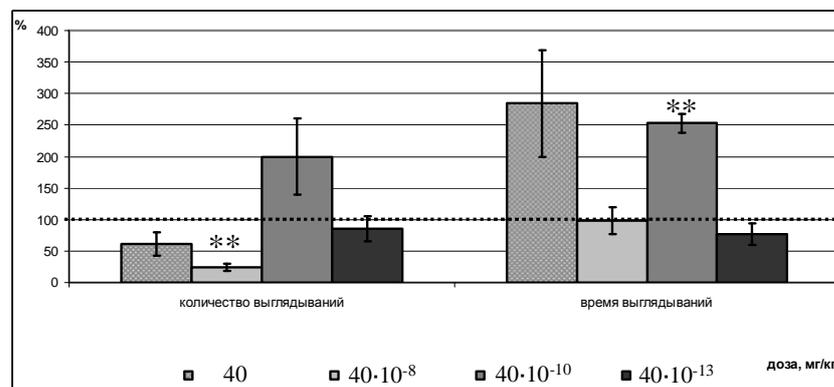


Рис. 2. Влияние ацетилсалицилата цинка в сверхмалых дозах на поведение крыс в тесте «черно-белая камера».

Примечание: ■■■■ - контроль = 100%; ** – $p \leq 0,01$

Влияние аспирина и его солей на поведение крыс в тесте Порсолта

В тесте Порсолта Asp и АСЦ в терапевтических дозах достоверно увеличивали время активного плавания по сравнению с контролем на 17% ($p \leq 0,05$) и 33,9% ($p \leq 0,01$) (рис. 3). При этом АСК не вызывал достоверных изменений показателей.

Asp в дозах $40 \cdot 10^{-8}$ и $40 \cdot 10^{-13}$ мг/кг вызывал достоверное ($p \leq 0,05$) увеличение времени активного плавания на 16% и 23% соответственно, что характеризует Asp как антидепрессант (рис. 3), тогда как в дозе $40 \cdot 10^{-10}$ мг/кг отмечена только тенденция к увеличению данного показателя. В пользу этого аргумента выступает также увеличение количества выпрыгиваний в 2 раза по сравнению с контролем в

дозе $40 \cdot 10^{-8}$ мг/кг при $p \leq 0,05$. Действие АСК во всех СМД приводило к достоверному ($p \leq 0,05$) увеличению времени активного плавания крыс (рис. 3). Следовательно, АСК во всех СМД обладает антидепрессантным действием. Важно отметить, что под влияние АСЦ в дозе $40 \cdot 10^{-8}$ мг/кг уменьшалось время активного плавания животных, что говорит об увеличении у них уровня депрессии, тогда как в дозах $40 \cdot 10^{-10}$ и $40 \cdot 10^{-13}$ мг/кг действие АСЦ, наоборот, приводило к увеличению времени активного плавания ($p \leq 0,05$), которое указывает на его выраженное антидепрессантное действие [15].

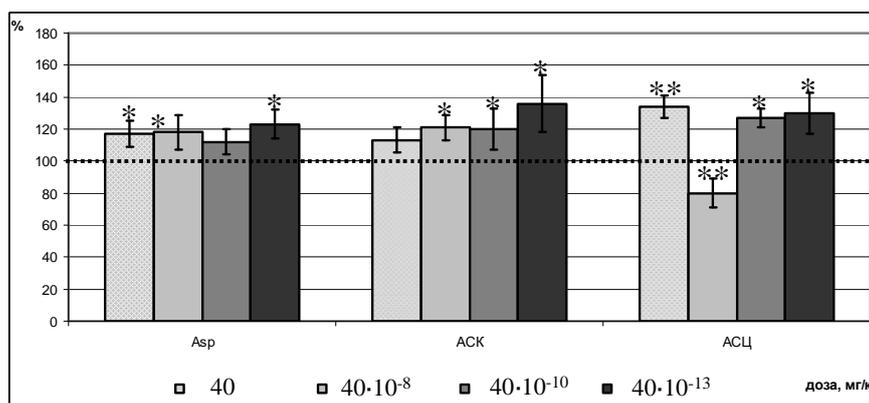


Рис. 3. Влияние ацетилсалицилатов в сверхмалых дозах на время активного плавания крыс в тесте Порсолта.

Примечание: ■■■■ - контроль = 100%, Asp – аспирин, АСЦ – ацетилсалицилат цинка, АСК – ацетилсалицилат кобальта; * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$

Иначе говоря, при сильном стрессе ацетилсалицилаты с уменьшением дозы приобретают более выраженный антидепрессантный эффект, чем в ТД. Исключением является АСЦ, для которого в «пограничной дозе» ($40 \cdot 10^{-8}$ мг/кг), близкой к «мертвой зоне» обнаружена инверсия знака действия [1–3].

Влияние аспирина и его солей на поведение крыс в тесте «подвешивание за хвост»

В тесте «подвешивание за хвост» при воздействии Asp и АСК в СМД и всех веществ в терапевтической дозе не обнаружено достоверных изменений латентного периода (ЛП – среднего времени иммобилизации животных). Однако для АСЦ в СМД отмечена интересная закономерность: обнаруженная инверсия знака действия в дозе $40 \cdot 10^{-8}$ мг/кг в тесте Порсолта частично повторяется и в данном тесте, что проявляется в отсутствии у него в этой дозе антидепрессантного действия (рис. 6). Также характерная закономерность прослеживается в дозах $40 \cdot 10^{-10}$ и $40 \cdot 10^{-13}$ мг/кг. АСЦ в этих дозах снижал ЛП на 50% и 46% соответственно ($p \leq 0,05$), что указывает на его выраженное антидепрессантное действие [16, 17] (рис. 4) и подтверждает результаты теста Порсолта.

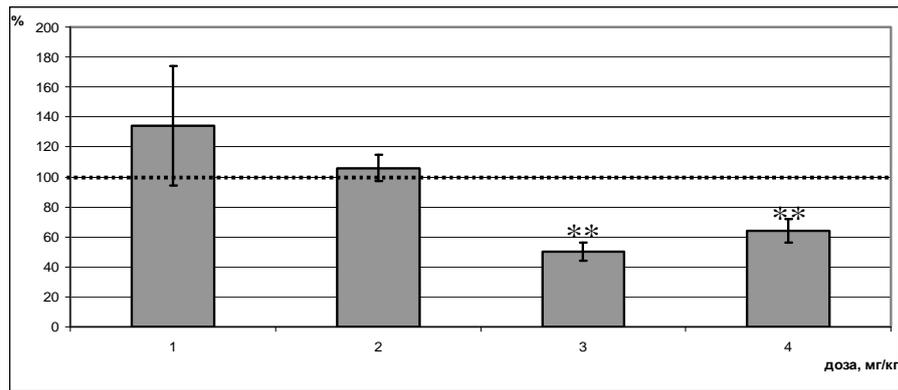


Рис. 4. Влияние ацетилсалицилата цинка в сверхмалых дозах на время иммобильности крыс в тесте «подвешивание за хвост»

Примечание: ■■■■ - контроль = 100%; 1 – терапевтическая доза 40 мг/кг, 2 – в дозе $40 \cdot 10^{-8}$ мг/кг, 3 – в дозе $40 \cdot 10^{-10}$ мг/кг, 4 – в дозе $40 \cdot 10^{-13}$ мг/кг; ** – $p \leq 0,01$

Таким образом, применение ацетилсалицилатов в СМД показало их эффективность, при которой они сохраняют свое специфическое действие в указанных дозах, но перестают оказывать побочное действие, наблюдаемое при использовании ТД, что вполне согласуется с данными литературы [9]. В работе мы можем проследить, проявление всех свойств, характерных для эффектов СМД [1]. Так, на примере АСЦ можно отметить отсутствие градуальной зависимости «доза-эффект» при использовании БАВ в СМД. Интересным является тот факт, что АСЦ в дозе $40 \cdot 10^{-8}$ мг/кг выпадает из общей картины действия ацетилсалицилатов. С увеличением стресс-фактора (от умеренного до сильного стрессе) у АСЦ обнаруживается стадия «перемены знака» эффекта. Если в области сверхнизких доз ($40 \cdot 10^{-13}$ - $40 \cdot 10^{-10}$ мг/кг) у АСЦ отмечалась стимулирующая активность (антидепрессантное действие), то по мере роста концентрации она сменялась на ингибирующую ($40 \cdot 10^{-8}$ мг/кг), а затем вновь проявлялся стимулирующий эффект (40 мг/кг). Инверсия знака действия у АСЦ возможно связана с тем, что выбранная нами СМД попала в диапазон близкий к «мертвой зоне». В литературе нет единого мнения о абсолютной границе СМД, когда вещество в СМД начинает оказывать биологическое действие, потому что диапазон концентраций между терапевтическими и СМД относится к «мертвой зоне», где отсутствует биологическая активность у веществ. Так, некоторые авторы [3] на основании данных о количестве клеточных рецепторов и сродства лигандов к ним принимают за абсолютную границу концентрацию 10^{-11} М. Для препаратов с низким сродством к рецепторам сверхмалыми концентрациями (сверхмалыми дозами) можно считать и более высокие значения, в частности 10^{-9} - 10^{-10} М. При таком подходе, даже в случае гипотетически более высокого чем 10^{-12} М сродства лигандов к рецепторам, эта граница не может быть ниже 10^{-11} М. По мнению Бурлаковой с соавт. [1], которой также придерживаемся и мы, граница определяется числом молекул биологически активного вещества на клетку. В этом случае к абсолютной границей относятся концентрации 10^{-12} М и ниже, при которых в клетке будет содержаться хотя бы 1–10

молекул этого вещества. Это мнение справедливо для Asp и АСК. Ашмарин с соавт. при определении границы для СМД исходят из максимального сродства лигандов к рецептору и потому считают сверхмалыми дозами биологически активных веществ значения 10^{-13} М и ниже [2], что сочетается с данными, полученными для АСЦ.

При «слабом» стрессе у Asp и АСЦ наблюдалась одинаковая закономерность, при которой прослеживается четкая закономерность в развитии проявления эффекта: с уменьшением дозы их специфическое действие уменьшалось, вплоть до нивелирования эффекта, однако снижение их дозы вызывало появление антистрессорное действие. Причем чем меньше проявлялся специфический эффект Asp и АСЦ, тем больший развивался антистрессорный эффект. Действие АСК в СМД при «слабом» стрессе является ярким примером немонотонной, полимодальной зависимости «доза-эффект». С уменьшением дозы специфической действие АСК увеличивается в 6 раз, затем эффект нивелируется и затем вновь начинает проявляться, но с меньшей силой. Увеличение эффективности АСК при уменьшении дозы связано с еще одним свойством СМД [1] – «расслоение» свойств биологически активного вещества по мере уменьшения его концентраций, при котором еще сохраняется активность, но исчезают побочные эффекты, что позволило развиваться в большей степени его анксиолитическому эффекту.

Предполагая возможный механизм психотропного действия ацетилсалицилатов в СМД важно отметить роль основных нейромедиаторных систем, обеспечивающих формирование поведенческих реакций (дофамин-, норадреналин- и серотонинэргической систем). Исходя из, того, что показана зависимость психотропного действия Asp и его солей от функционального состояния дофамин- и серотонинэргических систем головного мозга [18], возможно механизм действия ацетилсалицилатов в СМД реализуется по тому же пути, что и их действие в ТД. Однако появление эффекта в СМД, при которых в концентрации 10^{-15} М и ниже перестает работать закон действующих масс Вант-Гоффа, может объясняться несколькими гипотезами. Возможно, механизм действия СМД реализуется по принципу параметрического резонанса, предложенного Л.А. Блюменфельдом [19]. Данный механизм заключается в следующем: в результате связывания активного вещества с его мишенью фермент (рецептор) переходит в конформационно неравновесное состояние, которое на определенной стадии релаксации обеспечивает его максимальную активность. С другой стороны в работах Е.Б. Бурлаковой [1] рассматривается представления об аллостерическом взаимодействии каталитических центров в молекуле фермента, которые тоже могут объяснить механизм психотропного действия ацетилсалицилатов. Этот принцип заключается в том, что биологическая система, испытывающая влияние СМД БАВ, может реагировать на первые, наиболее быстрые единичные молекулы, а не на их стационарные концентрации («момент первого достижения»). И.П. Ашмарин [2] в своей работе приводит ряд гипотез, трактующих механизм усиления биологического сигнала от воздействия сверхмалых доз. Также не стоит забывать и об изменении кластерной структуры воды при действии СМД [20]. И это далеко не последняя модель, предполагаемого механизма действия СМД. В результате видно, что в литературе нет единого мнения и по вопросу механизма действия СМД,

поэтому необходимы дальнейшие исследования для понимания особенностей психотропного действия ацетилсалицилатов в СМД.

В целом, анализ экспериментальных данных показал, что психотропные эффекты аспирина и его солей проявляются не только в ТД [3], но и в СМД. При этом направленность действия исследуемых агентов в СМД и его характер схожи с эффектами ТД, исключением является инверсия знака действия у АСЦ, так как для каждого вещества, существует своя граница биологического действия СМД, которая и была определена в работе для Asp и его солей. При этом для них также описана закономерность развития проявления эффектов.

ВЫВОДЫ

1. Выяснено, что Asp и его соли обладают психотропными эффектами в сверхмалых дозах, которые повторяют эффекты ТД.
2. При «слабом» стрессе у Asp в дозе 10^{-8} мг/кг обнаружен анксиогенный эффект. У АСК во всех дозах выявлено антистрессорное действие и в дозах 10^{-8} , 10^{-13} мг/кг – анксиолитический эффект, а у АСЦ в дозах 10^{-10} , 10^{-13} мг/кг установлено антистрессорное действие.
3. При «сильном» стрессе Asp в дозе 10^{-8} и 10^{-10} мг/кг, АСК во всех дозах и АСЦ в дозах 10^{-10} , 10^{-13} мг/кг проявляли антидепрессантные свойства.
4. В условиях «слабого» стресса Asp и АСЦ в дозе 10^{-8} мг/кг повторяют эффекты ТД, а при уменьшении дозы знак действия веществ изменяется на противоположный. При «умеренном и сильном» стрессе у АСЦ обнаружена инверсия знака действия: в дозе 10^{-8} мг/кг он увеличивал депрессию у животных.

Список литературы

1. Бурлакова Е.Б. Сверхмалые дозы – загадка природы / Е.Б. Бурлакова // Экология и жизнь. – 2000. – №2. – С. 36–48.
2. Ашмарин И.П. К вопросу о развитии проблемы эффективности сверхмалых доз биологически активных соединений / И.П. Ашмарин, Е.П. Каразеева, Т.В. Лелекова // Российский химический журнал. – 1999. – Т. 37, №5. – С. 21–28.
3. Количественный подход к определению понятия «сверхмалые дозы лекарственных веществ и ядов» / Ф.С. Духович, Е.Н. Горбатова, В.К. Курочкин [и др.] // Российский химический журнал. – 1999. – Т. 43, №5. – С. 12–14.
4. A metaregression analysis of the dose-response effect of aspirin on stroke / E.S. Johnson, S.F. Lanes, S.E. Wentworth [et al.] // Arch Intern Med. – 1999. – № 159(11). – P. 1248–1253.
5. Влияние ацетилсалициловой кислоты, ацетилсалицилатов кобальта и цинка на поведение крыс / Т.В. Яковчук, О.В. Катюшина, Д.Р. Хусаинов [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: Биология, Химия – 2010. – 23 (62), №2. – С. 200–208.
6. Is aspirin, as used for antithrombosis, an emotion-modulating agent? // M.W. Ketterer, J. Brymer, K. Rhoads [et al.] // J Psychosom Res. – 1996. – Jan; 40(1). – P. 53–58.
7. Баркаган З.С. Сравнительный анализ основных и побочных эффектов различных форм ацетилсалициловой кислоты / З.С. Баркаган, Е.Ф. Котовщикова // Клиническая фармакология и терапия. – 2004. – Т. 13, № 3. – С. 1–4.
8. Sanderson S. Narrative review: Aspirin resistance and its clinical implications / S. Sanderson, J. Emery, T. Baglin, A.L. Kinmonth // Annals of Internal Medicine. – 2005. – Vol. 142, No 5. – P. 370–380.
9. Эффекты психотропных веществ разных классов при введении в сверхмалых дозах / Г.М. Молодавкин, Т.А. Воронина, Л.И. Чернявская [и др.] // Радиационная биология.

- Радиоэкология. – 2003. – № 3. – С.287–290.
10. Шевченко И.Н. Пути изучения механизмов действия сверхмалых доз биологически активных веществ / И.Н. Шевченко // Проблемы Харчування. – 2004. – № 2(3). – С. 25–29.
 11. Влияние сверхнизких концентраций ацетилсалициловой кислоты и ее солей на электрическую активность нейронов виноградной улитки / О.В. Катюшина, Д.Р. Хусаинов, И.И. Коренюк [и др.] // тезисы докладов научно-практической конференции «Биологически активные вещества: фундаментальные и прикладные вопросы получения и применения» 23-28 мая, Новый свет, 2011 г. – С. 338.
 12. Маркель А.Л. К оценке основных характеристик поведения крыс в тесте открытого поля / А.Л. Маркель // Журн. высш. нервн. деятельности. – 1981. – Т. 31, №2. – С. 301–307.
 13. Лапин И.П. Уменьшение частоты выглаживаний из темного отсека единственный постоянный показатель влияния анксиогенов на поведение мышей в камере «свет-темнота» / И.П. Лапин // Журнал ВНД им. И.П. Павлова. – 1999. – Т.49, № 3. – С. 521–526.
 14. Лапин И.П. Модели тревоги на мышах: оценка в эксперименте и критика, методики / И.П. Лапин // Экспер. клин. фармакол. – 2000. – Т. 63, № 3. – С. 58–62.
 15. Porsolt R.D. Depression: a new animal model sensitive to antidepressant treatments / R.D. Porsolt, M.Le Pinchon, M. Jalfre // Nature. – 1977. – Vol. 266. – P. 730–732.
 16. Greenshaw A.J. Animal models for assessing anxiolytic, neuroleptic and antidepressant drug action / A.J. Greenshaw, T.V. Nguyen, D.J. Sanger // Neuromethods. – 1988. – Vol. 10. – P. 379–427.
 17. Калувев А.В. Нейротропные эффекты бензилпенициллина в экспериментальных моделях стресса у крыс: дис. канд. биол. наук: 03.00.13 : Калувев Алан Валерьевич. – К., 2002. – 150 с.
 18. Возможные механизмы психотропных эффектов аспирина и его солей / Т.В. Яковчук, О.В. Катюшина, Д.Р. Хусаинов [и др.] // тезисы докладов съезда физиологов СНГ, 1-6 октября, Ялта, 2011 г., С. 80–81.
 19. Blumenfeld L.A. Fluctuations and Mass Action Law Breakdown in Statistical Thermodynamics of Small Systems / L.A. Blumenfeld, A.Ju. Grosberg, A.N. Tichonov // J. Chem. Phys. – 1991. – Vol. 95, No 10. – P. 7541–7544.
 20. Аксенов С.И. О механизмах стимуляции и торможения при прорастании семян пшеницы в электромагнитном поле сверхнизкой частоты / С.И. Аксенов, Т.Ю. Грушина, С.Н. Горячев // Биофизика. – 2007. – Т. 52, № 2. – С. 332–338.

Катюшина О.В. Психотропні ефекти надмалих доз аспірину та його солей / О.В. Катюшина, І.І. Коренюк, Д.Р. Хусаїнов, Т.В. Гамма, І.В. Черетаєв, О.І. Колотілова, А.М. Ляміна // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І.Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 95-103.

З допомогою поведінкових тестів виявлено психотропні ефекти надмалих доз аспірину, ацетилсаліцилатів кобальту та цинку. Аспірин у дозі $40 \cdot 10^{-8}$ мг/кг збільшував тривожність тварин, а в дозі $40 \cdot 10^{-8}$ и $40 \cdot 10^{-10}$ мг/кг надавав антидепресантної дії. Ацетилсаліцилат кобальту в усіх дозах проявляв антистресорні та антидепресантні ефекти, а у дозах $40 \cdot 10^{-8}$ и $40 \cdot 10^{-13}$ мг/кг – анксиолітичний. Ацетилсаліцилат цинку у дозі $40 \cdot 10^{-10}$, $40 \cdot 10^{-13}$ мг/кг надавав антистресорної та антидепресантної дії.

Ключові слова: аспірин, ацетилсаліцилат кобальту, ацетилсаліцилат цинку, надмалі дози, поведінкові тести.

Katyushina O.V. Psychotropic effects ultra-small doses of aspirin and its salts / O.V. Katyushina, I.I. Korenyuk, D.R. Husainov, T.V. Gamma, I.V. Cheretaev, O.I. Kolotilova, A.M. Lyamina // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 95-103.

Using behavioral tests revealed psychotropic effects of ultra-small doses of aspirin, acetylsalicylate cobalt and zinc. Aspirin at a dose of $40 \cdot 10^{-8}$ mg/kg increased anxiety in animals, and a dose of $40 \cdot 10^{-8}$ and $40 \cdot 10^{-10}$ mg/kg exerted antidepressant effects. Atsetylsalicylate cobalt at all doses showed antistress and antidepressant effects, and at doses of $40 \cdot 10^{-8}$ and $40 \cdot 10^{-13}$ mg/kg – an anxiolytic. Atsetylsalicylate zinc in doses of $40 \cdot 10^{-10}$, $40 \cdot 10^{-13}$ mg/kg exerted antistress and antidepressant effects.

Keywords: aspirin, atsetylsalicylate cobalt, zinc atsetylsalicylate, ultra-small doses, behavioral tests.

Поступила в редакцію 11.11.2011 г.

УДК 612.66

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЕТЕЙ 5-6-ЛЕТ

Кириллова А.В.¹, Панова С.А.¹, Лесова Л.Д.²

¹*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*

²*Крымский университет культуры, искусств и туризма, Симферополь, Украина*

E-mail: timur328@gmail.com

Исследована динамика работоспособности детей 5-6 лет. Выявлено достоверное увеличение показателей работоспособности, памяти, внимания исследуемых детей в течение осенне-весеннего периода.

Ключевые слова: дети, работоспособность, память, внимание.

ВВЕДЕНИЕ

Обучение и воспитание детей относится к числу актуальных проблем детства. Модернизация системы образования в Украине, ориентированная на решение данных проблем, актуализирует научные исследования вопросов здоровья, воспитания и обучения учащихся. Все это предполагает также и физическое совершенство, и идейную убежденность, и духовное богатство и высокую мораль. Для развития всех этих качеств у детей немалую роль в современной школе играют совершенствование физиологических систем растущего и развивающегося организма, изыскание путей и средств сохранения и упрочения высокой работоспособности в процессе их разносторонней деятельности. А это в свою очередь тесно связано с решением других проблем детства - изучением состояния здоровья и динамики физического развития подрастающего поколения [1, 2].

За последние годы исследовалась работоспособность в разных аспектах, однако эта проблема, и по сей день, охвачена еще далеко не всесторонне. Таким образом, исследование возрастных и психофизиологических особенностей детей, имеющих определенные эмоциональные и поведенческие особенности, актуальны и востребованы в контексте модернизации системы образования [3].

В связи этим, целью настоящей работы было исследование динамики работоспособности детей 5-6 лет в течение осенне-весеннего периода

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальная часть работы выполнена на базе детского сада №106 г. Симферополя. В исследовании принимали участие 21 ребенок 5-6 лет условно здоровые. Во всех наблюдениях присутствовал игровой фактор. Дети последовательно выполняли несколько заданий при предъявлении соответствующей

информации. Для исследования ручной умелости использовался Tapping-тест, для учета вегетативных показателей измеряли пульс и артериальное давление до и после стандартной нагрузки. Также исследовали оперативную слуховую, наглядно-образную память, показатели внимания. Статистическая обработка результатов исследования проводилась с использованием пакета статистических программ «Statistica 5.5».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На первом этапе работы был проведен общий статистический анализ выборочных показателей, полученных в первой (сентябрь) и второй (май) серии эксперимента. По результатам первой серии регистраций среднее значение силы мышц правой руки составила $3,06 \pm 0,47$ кг, при максимальном значении 6,83 кг. Для левой руки средняя величина силы мышц имела значение $1,99 \pm 0,39$ кг и 4,83 кг – для максимального усилия. Все майские показатели превысили аналогичные регистрации, полученные в сентябре. Так, для правой руки среднее выборочное значение составило $3,17 \pm 0,47$ кг, (превышение на 10,4%) с максимумом в 7,0 кг, а для левой – $2,16 \pm 0,41$ кг и 5,0 кг соответственно. Для левой руки превышение составило 10,9% (табл. 1).

Таблица 1.

Статистическая характеристика показателей динамометрии

Показатель	Среднее значение	Миним. значение	Максим. значение	Стандарт. отклонен.	Ошибка средн. ариф.
декабрь					
Правая рука	3,06	0,00	6,83	2,15	0,47
Левая рука	1,99	0,00	4,83	1,78	0,39
май					
Правая рука	3,17*	0,00	7,00*	2,15	0,47
Левая рука	2,16*	0,00	5,00*	1,88	0,41

Примечание: * достоверность различий показателей динамометрии между сериями эксперимента

Как видно из таблицы, показатели динамометрии во второй регистрации достоверно превысили аналогичные показатели в исходной, первой серии экспериментов, при этом для левой руки, увеличение силы мышц было статистически более выраженным.

Что же касается сопоставления силы мышц левой и правой руки, то в обоих случаях, как и следовало ожидать, динамометрия мышц правой руки достоверно превышала показатели для левой руки в обеих сериях регистраций.

В Таблице 2 приведены показатели изменения пульса под влиянием физической нагрузки, в качестве которой выполнялись приседания 10 раз. Как

видно из таблицы, средние значения частоты сердечных сокращений до физической нагрузки в первой серии регистраций ($85,9 \pm 3,37$ циклов в минуту) и во второй ($86,8 \pm 3,09$ циклов в минуту) были весьма близки и достоверно не различались. Средняя частота пульса после нагрузки в сентябрьской серии экспериментов ($118,0 \pm 2,84$ циклов в минуту) и в мае месяце ($119,4 \pm 2,19$ циклов в минуту) также практически были идентичны.

Для оценки степени приближения выборочных средних к средней арифметической генеральной совокупности вычислялся показатель точности (Cs). Его максимальная величина – 3,9% характеризовала исходную частоту пульса в первой серии экспериментов (сентябрь), а минимальная – 1,8% была вычислена для частоты сокращений сердца после нагрузки во второй серии регистраций (май). Таким образом, даже максимальная величина показателя точности не превышала предельно допустимый уровень в 5%, что свидетельствовало о достаточности объема выборок.

Таблица 2.

**Частота сокращений сердца до и после физической нагрузки
у детей 5-6 летнего возраста**

Показатель	Средн значен	Миним значен	Макс значен	Стандр отклон	Ошибка средней	Коэф. вариации
1 серия						
До нагрузки	85,9	60	114	15,4	3,37	17,9
После нагрузки	118,0*	100	166	13,0	2,84	10,9
2 серия						
До нагрузки	86,8	62	120	14,1	3,09	16,3
После нагрузки	119,4*	92	144	10,0	2,19	8,4

Примечание: * достоверность различий частоты сердечных сокращений под влиянием нагрузки ($p \leq 0,001$) между сериями эксперимента.

Довольно низкими значениями характеризовался также показатель вариации, находившийся в интервале от 17,9 % до 8,4 %.

Что же касается изменений частоты сокращений сердца под влиянием физической нагрузки, то они, разумеется, были высоко достоверными ($p \leq 0,001$). Повышение частоты пульса при этом составило 137% по отношению к исходным значениям, принимаемым за 100% [4, 5].

Была проведена статистическая характеристика физической и умственной работоспособности исследуемых детей. Данные анализа приведены в Таблице 3. В приводимой ниже таблице содержатся результаты статистического анализа результатов теппинг-теста в первой (сентябрь) и второй (май) серии регистраций.

Таблица 3.

Результаты анализа достоверности изменений психофизиологических показателей в период эксперимента

Показатели	Разница между X средн.	Расчетное значение t	Расчетное значение p	Уровень значимости
Теппинг-тест, правая рука	-3,57	-2,43	0,025	p<0,05
Теппинг-тест левая рука	-2,90	-3,07	0,036	p<0,05
Тест “Лабиринт”	1,88	2,93	0,008	p<0,01
Тест “Телевизор”	-0,05	-0,11	0,91	p>0,05
Непроизвольное запоминание	-0,24	-1,31	0,20	p>0,05
Произвольное запоминание	-0,33	-0,94	0,36	p>0,05
Оперативно-слуховая память	-0,81	-3,30	0,004	p<0,01
Тест на концентрацию внимания	4,86	0,65	0,52	p>0,05

Таблица 3 демонстрирует большую эффективность проведения теппинг-теста правой рукой в сравнении с левой. Количественный характер вариации и соответствие результатов измерений нормальному закону явились основанием для использования параметрического метода анализа. Вычисленное значение критерия Стьюдента для несвязанных выборок ($t=3,47$) позволило отклонить нулевую гипотезы на высоком уровне значимости: $p<0,01$. Результаты тестирования для левой руки составили 83,9 % по отношению к результатам измерений для правой руки, принимаемым за 100 %.

Аналогичная закономерность была выявлена и в мае месяце.

В данном случае также была установлена меньшая эффективность выполнения тестового задания левой рукой – 82,5 %, в сравнении с результатами проведения теста правой рукой, принимаемыми за 100 %. Различия были достоверны при величине вычисленного критерия Стьюдента $t=3,68$ и уровне значимости: $p<0,01$.

Степень доминирования правой руки над левой в первой и второй серии экспериментов была статистически неизменной. Вместе с тем, результаты теппинг-теста в майских регистрациях, были выше, чем в сентябрьских, как для правой (превышение на 11,6 %), так и для левой руки (превышение на 11,1 %).

Устойчивость внимания анализировали при выполнении теста “лабиринт”, при оценке результатов которого время прохождения лабиринта переводится в баллы. В сентябре время прохождения лабиринта в среднем по группе составило $7,86\pm 0,71$ баллов, а в мае уменьшилось до $5,97\pm 0,37$ баллов. Снижение параметров составило 13,2 % по отношению к исходному уровню, принимаемому за 100 %. Различия были достоверны с вероятностью ошибки статистического заключения менее 1 %.

Также было выявлено статистически значимое увеличение характеристик оперативно-слуховой памяти ($p < 0,01$). Так, в сентябре, этот показатель имел значение $4,05 \pm 0,26$ баллов, а в мае – $4,86 \pm 0,29$ баллов. В процентах это увеличение составило 12,0%. Показатель точности не превысил критический уровень в 5%.

Что же касается тестовых заданий на оценку произвольного и непроизвольного запоминания, а также концентрации памяти, то различия их результатов в первую и вторую регистрации оказались недостоверными.

В обеих сериях измерений была выявлена статистически значимая корреляция между частотой пульса до и после физической нагрузки. Для сентябрьских экспериментов коэффициент корреляции Пирсона составил 0,55, для майских увеличился до 0,57. В обоих случаях вероятность ошибки статистического заключения о наличии связи не превышала 5%. Среднее значение показателя детерминации составило 31,4%.

Достоверная связь была также выявлена между показателями оперативно-слуховой памяти и непроизвольного запоминания. Коэффициент корреляции при этом имел величину 0,48, а показатель детерминации – 23,1%. Еще большее значение (0,51) имел показатель связи между переменными оперативно-слуховой памяти и произвольного запоминания.

Вполне очевидна корреляционная зависимость и между самими показателями произвольного и непроизвольного запоминания. Среднее значение коэффициента корреляции для обеих серий регистраций составило 0,52, при показателе детерминации 27,1% ($p < 0,05$).

Статистически достоверной оказалась также корреляция между показателями оперативно-слуховой памяти и концентрации внимания. Коэффициент корреляции Спирмэна имел величину 0,55 ($p < 0,05$).

Наибольшее значение по модулю (0,66) имел показатель корреляции, характеризующий взаимоотношения переменных концентрации внимания и теста “Лабиринт” ($p < 0,01$). Показатель детерминации при этом составил 43,6%, что указывало на существенный вклад фактора концентрации внимания в успешном выполнении теста. Отрицательный знак корреляционной зависимости вполне объясним и закономерен, учитывая, что в тесте регистрируется время прохождения лабиринта, и время это сокращается при более высокой концентрации внимания на выполнении задания.

Что же касается других показателей, то показатели корреляции, характеризующие их взаимоотношения не достигали уровня, необходимого для признания их статистически значимыми при данном объеме выборочной совокупности.

Подводя итог, можно отметить, что наибольшее количество статистически значимых корреляций было выявлено для показателя оперативно-слуховой памяти.

ВЫВОДЫ

1. Показатели теппинг-теста для правой руки повысились на 11,6%, для левой - на 11,1% ($p \leq 0,05$).
2. Время прохождения теста “Лабиринт” снизилось на 13,2% ($p \leq 0,01$).

3. Показатель оперативно-слуховой памяти увеличился на 0,8 балла, что составило 12,1% по отношению к сентябрьской регистрации ($p \leq 0,01$).
4. Доказано наличие статистически достоверных корреляционных связей между величиной пульса до и после нагрузки ($r=0,57$), показателем оперативно-слуховой памяти и произвольного ($r=0,51$) и непроизвольного ($r=0,48$) запоминания. Коэффициент корреляции между показателями памяти и концентрацией внимания имел величину 0,55 ($p < 0,05$), а между концентрацией внимания и тестом “Лабиринт” - 0,66 ($p < 0,01$).

Список литературы

1. Безруких М.М. От чего зависит работоспособность ребенка на уроке / М.М. Безруких, С.Б. Ефимова // Начальная школа. – 1991. – №1. – С. 4–9.
2. Безруких М.М. Возрастная физиология / Безруких М.М., Сонькин В.Д., Фарбер Д.А. – М.:Academia, 2002. – 287 с.
3. Наин А.А. Проблема здоровья участников образовательного процесса / А.А. Наин, С.Г. Сериков // Педагогика. – 1998. – №6. – С. 53–57.
4. Безруких М.М. Возрастная физиология / Безруких М.М. – М.: Академия, 2003. – 414 с.
5. Ноздрачев А.Д. Начало физиологии / Ноздрачев А.Д. – СПб.: Лань, 2002. – 188 с.

Кирилова А.В. Дослідження динаміки працездатності дітей 5-6 років / А.В. Кирилова, Л.Д. Лесова, С.О. Панова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 104-109.

Досліджена динаміка працездатності дітей 5-6 років. Виявлено достовірне збільшення показників працездатності, пам'яті, уваги.

Ключові слова: діти, працездатність, пам'ять, увага.

Kirillova A.V. Dynamics of capacity of children / A.V. Kirillova, L.D. Lesova, S.A. Panova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 104-109.

The reliable increase of indexes of capacity, memory, attention is educed.

Keywords: children, capacity, memory, attention.

Поступила в редакцію 15.11.2011 г.

УДК 612.001.+ 612.112.3.

ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ФАГОЦИТОЗА. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ФАГОЦИТАРНОМ ПРОЦЕССЕ

Климова Е.М.¹, Иваненко М.О.²

¹*НИИ биологии ХНУ имени В.Н. Каразина, Харьков, Украина*

²*Государственное учреждение «Институт медицинской радиологии им. С.П. Григорьева
НАМН Украины», Харьков, Украина
E-mail: radimir07@mail.ru*

Освещены исторические аспекты создания и развития фагоцитарной теории. Описаны основные стадии фагоцитарного процесса и рассмотрены методические подходы, используемые для оценки этих стадий.

Ключевые слова: фагоцитарная теория, адгезия, поглощение, дегрануляция, киллинг.

Более 100 лет прошло с момента открытия фагоцитарной теории, созданной нашим соотечественником, лауреатом Нобелевской премии И.И. Мечниковым.

В 1883 г. И.И. Мечников изложил основы фагоцитарной теории в докладе «О целебных силах организма» в Одессе на VII съезде естествоиспытателей и врачей [1]. В данном докладе были впервые высказаны основные положения фагоцитарной теории, которые И. И. Мечников развивал в последующем на протяжении всей своей жизни. Хотя сам факт поглощения живыми клетками других частиц был описан многими натуралистами задолго до этого, однако только И.И. Мечниковым было предложено толкование роли фагоцитов в защите организма от болезнетворных микробов.

О наличии в многоклеточных организмах специальных образований, способных элиминировать чужеродные частицы из крови, стало известно в середине XIX века. Немецкий ученый Ф.Д. Реклингаузен впервые ввел животным в кровь взвешенные частицы киновари, туши и изучил их распределение "в тончайших питающих сосудах". Впоследствии Дж.Ф. Конгейм описал так называемые "киноварные клетки" в печени и селезенке. В конце 70-х годов XIX века К.В. Купфер опубликовал свои наблюдения над особыми, найденными им в печени клетками звездчатой формы, которые, как и некоторые другие типы клеток, способны активно захватывать витальные красители, жир и другой корпускулярный материал из кровеносного русла [2]. В это же время появились работы Раунт (1874) и Росер (1881), в которых высказано предположение о том, что "белым кровяным тельцам принадлежит известная роль в освобождении организма от патогенных микробов" [3], которое авторы, однако не смогли подтвердить экспериментально.

Последующие многолетние исследования И.И. Мечникова позволили создать стройную концепцию о наличии в организме специализированной, барьерфиксирующей системы клеточных элементов.

На протяжении 17 лет И.И. Мечников изучает внутриклеточное пищеварение. Еще в 1865 г. он обнаружил внутриклеточного пищеварения у низших червей — земляных планарий (*Geodesmus bilineatus*). Дальнейшие многочисленные исследования позволили выявить внутриклеточное пищеварение у низших реснитчатых червей (*Mesostomum* и *Planaria*), у кишечнополостных (*Coelenterata*), у иглокожих, губок и других животных [4]. Становится очевидным, что это не частные случаи, а определенная закономерность развития.

И.И. Мечников показал, что в многоклеточном организме существует большая группа клеток мезодермального происхождения, способных поглощать и разрушать микробы, эритроциты и корпускулярные вещества разной природы. Проведенные с использованием сравнительно-эмбриологических методов исследования представителей различных отделов животных позволили констатировать факт наличия подобных клеток на всех этапах филогенеза — как у беспозвоночных, так и позвоночных животных. Разрабатывая теорию происхождения многоклеточности, И.И. Мечников предположил существование гипотетического доисторического организма — паренхимеллы, у которого появляются первые специализированные клетки, участвующие одновременно как в защите колонии, так и в процессах пищеварения. По мере эволюции и усложнения организации данный тип клеток постепенно переключился на выполнение защитных функций, в основе которых лежали древние пищеварительные свойства [4].

Во время проведения указанных исследований мысль о роли внутриклеточного пищеварения в защите организма от микробов не приходит к И.И. Мечникову; она не возникает даже тогда, когда в 1879 г. он наблюдает, что клетки иглокожих и кишечнополостных, имеющих пищеварительную полость, содержат посторонние частицы и скапливаются вокруг введенных в организм зерен кармина. Не приходит эта мысль И.И. Мечникову и в 1880 г., когда он впервые изучает инфекционное заболевание, желая найти средство для борьбы с вредителями хлебных злаков — жуками *Anisoplia austriaca*. Все эти исследования создают почву для рождения и развития фагоцитарной теории [5].

Гипотеза родилась у И.И. Мечникова в Мессине в начале 1883 г. Открытие, круто изменившее ход его жизни, было связано с наблюдениями за личинками морской звезды. Наблюдая за этими прозрачными животными, И.И. Мечников заметил, как подвижные клетки окружают и поглощают чужеродные тела, подобно тому, как это происходит при воспалительной реакции у людей. Если чужеродное тело было достаточно мало, блуждающие клетки, которые он назвал фагоцитами, могли полностью поглотить пришельца. И.И. Мечников был не первым ученым, наблюдавшим, что лейкоциты у животных пожирают вторгшиеся организмы, включая, бактерии. В то время считалось, что процесс поглощения служит, главным образом, для распространения чужеродного вещества по всему телу через кровеносную систему. И.И. Мечников придерживался иного мнения, т.к. смотрел на происходящее глазами эмбриолога. У личинок морских звезд подвижные фагоциты

не только окружают и поглощают вторгшийся объект, но также резорбируют и уничтожают другие ткани, в которых организм более не нуждается. Лейкоциты человека и подвижные фагоциты морской звезды эмбриологически гомологичны, т.к. происходят из мезодермы. Отсюда И.И. Мечников сделал вывод, что фагоциты, в действительности, выполняют защитную или санитарную функцию [4, 6–8]. Данное открытие в одно мгновение изменило судьбу И.И. Мечникова. "Случайный" опыт сразу породил "богатую перспективу исследований в области научной медицины, которая прежде была мне совершенно чужда", – вспоминает он и заключает: "Таким образом, в Мессине совершился перелом в моей научной жизни. До того зоолог, я сразу сделался патологом. Я попал на новую дорогу, которая сделалась содержанием моей последующей деятельности" [9].

Искусственно заражая дафний грибом *Monospora bicuspidate*, И.И. Мечников наблюдал проникновение иглообразных спор во внутренние участки тела и их прорастание. Благодаря полной прозрачности тела дафний все этапы этого заболевания можно было проследить с большой точностью. Оказалось, что и здесь на первый план выступает деятельность амебоидных клеток (фагоцитов). Они собираются к месту проникновения спор, окружают их, фагоцитируют. Налицо еще одно, очень яркое проявление защитной роли фагоцитов. Изучая разную степень пораженности дафний, И.И. Мечников под микроскопом мог проследить все этапы встречи фагоцитов со спорами грибка. Если активность защитных клеток велика, споры подвергались фагоцитозу, животное освобождалось от грибка, «выздоровливало» и снова начинало свои характерные скачущие движения в воде. Если подвижные клетки были слабы, споры грибка интенсивно размножались, дафнии погибали [5]. И.И. Мечников впоследствии писал: «... болезнь должна рассматриваться как борьба между патогенными агентами – поступившими извне микробами – и фагоцитами самого организма. Излечение будет означать победу фагоцитов, а воспалительная реакция будет признаком их действия, достаточного для предотвращения атаки микробов» [10].

И.И. Мечников отвёл фагоцитам ведущую роль в борьбе с инфекционными болезнями, он утверждал, что «...иммунитет в инфекционных болезнях должен быть приписан активной клеточной деятельности. Среди клеточных элементов фагоциты должны занять первое место. Чувствительность и подвижность, способность поглощать твердые тела и вырабатывать вещества, могущие разрушать и переваривать микробов – вот главные факторы деятельности фагоцитов. Если эти свойства в достаточной мере развиты и парализуют патогенное действие микробов, тогда животное от природы иммуно ... когда фагоциты не обнаруживают наличия всех или одного из этих свойств в достаточной степени, то животное восприимчиво к инфекции...» [11].

Дальнейшее развитие науки показало, что фагоцит, осуществляет элиминацию не только патогенных микробов, но и всего чужеродного с антигенными свойствами, что может внедриться или возникнуть в макроорганизме. Это дало основание академику Р.В. Петрову дать следующее определение иммунитета: «Иммунитет – способ защиты организма от живых тел и веществ, несущих на себе признаки генетической чужеродности» [12].

В целом можно сказать, что иммунитет осуществляет защиту организма от проникновения чужеродных экзогенных (микроорганизмов) или возникновения чужеродных эндогенных агентов, т.е. осуществляет в основном антиинфекционную и противоопухолевую защиту. В этом заключается сущность иммунологического надзора, выполняемого клетками иммунной системы [13].

Представления И.И. Мечникова о роли и месте фагоцитов в борьбе с инфекционными агентами получили широкое развитие в современной науке.

В настоящее время процесс фагоцитоза рассматривают как ряд последовательных взаимосвязанных и взаимообусловленных стадий. К ним относятся движение, адгезия, поглощение, дегрануляция, образование активных форм кислорода и азота, киллинг и расщепление объекта фагоцитоза.

Стимулом для движения фагоцитов к очагу инфекции являются хемоаттрактанты. К ним относятся N-формилпептиды бактериального происхождения, компоненты комплемента (C3a и C5a), лейкотриены, тромбоцитаактивирующий фактор, интерлейкин-8 и т.д. Все эти вещества могут накапливаться в воспалительном очаге и способствуют движению фагоцитов. Как правило, хемоаттрактанты не только стимулируют движение, но и усиливают экспрессию на мембране фагоцитов молекул адгезии, движение (хемотаксис) и адгезия являются взаимосвязанными процессами, протекающими практически одновременно [13]. С.Бойден был одним из первых в области изучения хемотаксиса. Он предложил использовать камеру из двух отсеков, разделенных микропористым фильтром с размером пор, позволяющим лейкоцитам проходить через него только в результате активной миграции. В нижний отсек камеры помещают хемотоксическое вещество, в верхний – лейкоцитарную взвесь. Количественная оценка хемотаксиса по методу Бойдена заключается в подсчете, после соответствующей окраски, числа лейкоцитов, проникших сквозь фильтр [14].

Новый подход для изучения хемотаксиса фагоцитов [15] заключается в исследовании миграции клеток в микропространстве между агарозой и пластиком из лунки, куда они были внесены, по направлению к лунке, содержащей хемоаттрактант. Подробно методика описана В.М. Земсковым и др. [16]. Достаточно простой метод оценки хемотаксиса лейкоцитов, доступный практически любой лаборатории клинической иммунологии, разработали Б.В. Пинегин, М.З. Саидов и И.Г. Ольков. Метод заключается в изучении миграции лейкоцитов из клеточной суспензии, помещенной в лунку 96-луночного планшета, в плоские капилляры, содержащие агарозу и хемоаттрактант – синтетический формилтрипептид. Применение плоских капилляров создает возможность точно (в мм) измерить фронт движения лейкоцитов с помощью малого увеличения светового микроскопа [17].

Для характеристики адгезивных свойств фагоцитов существует несколько современных подходов. При наличии соответствующего оборудования наиболее простым методом является идентификация молекул адгезии с помощью моноклональных антител (МАТ) к антигенам CD18, CD11a, CD11b, CD11c, CD62L, CD62E с использованием проточной цитометрии. При наличии МАТ молекулы

адгезии можно идентифицировать с помощью непрямого иммуофлюоресцентного метода с применением люминесцентного микроскопа.

Оценивается функциональная активность адгезивных молекул фагоцитов, используется их способности прикрепляться к пластику, стеклу, культуре эпителиальных клеток. Фагоцитарные клетки метят каким-либо радиоактивным изотопом (чаще всего хромом-51), инкубируют с эпителиальными клетками, удаляют неприкрепившиеся фагоциты и определяют уровень радиоактивности эпителиальных клеток [18].

С помощью спектрофотометра определяют способность фагоцитирующих клеток прикрепляться к пластику [19]. Сущность его заключается в окрашивании по Романовскому-Гимзе монослоя прилипающих клеток в лунках 96-луночного плоскодонного планшета, экстракции краски и определении оптической плотности этой краски при 650 нм. Существует линейная зависимость между числом прилипших клеток и оптической плотностью. Применение этого метода показало его высокую информативность при целом ряде патологических состояний.

Следующий этап фагоцитоза – это поглощение. Для изучения поглощения используют бактериальные клетки (*St. aureus* или *E. coli*), дрожжи, латексные частицы. Более интенсивно фагоциты поглощают частицы, обработанные сывороткой, содержащей опсонины: Ig G, комплемент, фибронектин, С-реактивный белок и др. В этом случае поглощение частиц в основном происходит через Fc- и CR-рецепторы фагоцитов, представленные соответственно на 75-90% и 90% нейтрофилов. В качестве источника опсонинов берут 10-15 сывороток здоровых доноров. Нейтрофилы могут поглощать латексные частицы и при отсутствии опсонинов [20]. На поверхности этих частиц, вероятно, имеются структуры, с помощью которых они присоединяются к нейтрофилам и индуцируют поглощение.

Для оценки стадии поглощения является подсчет в окрашенных препаратах числа частиц, захваченных нейтрофилами. Анализ таких препаратов может проводиться с помощью светового, люминесцентного микроскопов и проточного цитометра. В последнем случае применяли меченые пекарские дрожжи [21]. При анализе нескольких тысяч клеток метод проточной цитометрии позволяет получать максимально объективные результаты [22].

Поглотительная способность нейтрофилов играет определенную роль в оценке их функциональной активности, поэтому изучение стадии поглощения особенно важно при выявлении снижения киллинга или образования активных форм кислорода и должно обязательно входить в комплексную оценку фагоцитарного процесса.

Дегрануляция заключается в слиянии фагосомы – вакуоли, содержащей объект фагоцитоза, с лизосомами с образованием фаголизосомы. В ней происходят киллинг и разрушение захваченной частицы. Первыми вливают свое содержимое в фагосому специфические (или вторичные) гранулы, содержащие лизоцим, лактоферрин, белок, связывающий витамин B12, и т.д; вторыми – азурофильные (или первичные) гранулы, содержащие набор самых разнообразных гидролаз. Дегрануляцию оценивают путем определения ферментов, выброшенных в окружающую среду при инкубации опсонизированных частиц с фагоцитами в присутствии цитохолазина В.

Это вещество, подавляет функцию двигательного аппарата клетки и тем самым подавляет стадию поглощения. В этом случае фагоциты освобождают содержимое своих гранул в окружающую среду, где их и можно идентифицировать соответствующими методами. Более простым является определение миелопероксидазы – фермента первичных гранул и лизоцима – фермента вторичных гранул. Определение активности миелопероксидазы осуществляется по способности окислять ряд субстратов в присутствии перекиси водорода. В этом случае используется стандартный субстрат иммуноферментных реакций – ортофенилендиамин с оценкой результатов на многоканальном фотометре при 492 нм, что позволяет быстро получать результаты и значительно повысить объем исследования [23].

Киллинг микроорганизмов, поглощенных как нейтрофилами, так и моноцитами-макрофагами, осуществляется с помощью кислородзависимых и кислороднезависимых механизмов [24]. Для оценки киллинга используется достаточно широкий спектр методов. Например микроскопический метод идентификации дегенеративных, полуразрушенных форм микробов в препаратах из лейкоцитарной взвеси, окрашенных по Романовскому-Гимзе. Для этих целей можно использовать практически любые микроорганизмы (*Candida*). При применении стафилококка штамма С – 52 в препаратах видны плохо окрашенные округлые формы или, напротив, сморщенные, четко окрашенные кокки. Использование данного метода в клинической практике позволяет четко определить бактерицидную активность нейтрофилов в периферической крови [25].

На проточном цитометре надежным и современным методом оценки киллинга является применение флюоресцентных красителей, дифференцированно окрашивающих живые и убитые микробные клетки [26-27]. Применение последнего позволяет в одном измерении (2-3 мин) анализировать до 10 000 клеток, что дает возможность получать максимально объективные результаты.

Характеризует завершенность фагоцитарного процесса анализ продуктов расщепления или деградации микробной клетки. После образования фаголизосомы гидролазы нейтрофила начинают расщеплять поглощенный объект. Некоторые продукты этого расщепления выделяются в окружающую среду, некоторые остаются в клетке. Для оценки стадии расщепления чаще всего используют радиометрический метод с применением *St. aureus*, меченных ³Н-глюкозой или ¹⁴С-аминокислотами. Определение киллинга и расщепления микроба – интегральный показатель завершенности фагоцитарного процесса.

Процесс фагоцитоза сопровождается респираторным взрывом, т.е. образованием активных форм кислорода. С помощью НАДФН-оксидазной системы кислород окисляется до супероксидазного радикала. Последний под влиянием супероксидсмутазы образует перекись водорода. При ее восстановлении супероксидным радикалом происходит образование гидроксильного радикала. Параллельно с этим может образовываться синглетный кислород, несущий в отличие от кислорода на одной орбите два электрона [28]. Все эти химические соединения обладают выраженными микробоцидными свойствами, и их идентификация представляет собой важное звено в оценке функциональной

активности фагоцитарных клеток. Для оценки функциональной активности фагоцитов в клинической иммунологии имеется большой набор цито- и биохимических тестов. Наиболее простым и в то же время очень надежным является НСТ-тест. Сущность метода заключается в образовании нерастворимых окрашенных зерен формазана при восстановлении нитросинего тетразолия (НСТ) супероксидным радикалом, образующимся при активации фагоцитов. В качестве активаторов рекомендуется использовать опсонизированный зимозан или активатор протеинкиназы С – форболмириостат ацетат. Метод высокоинформативен для оценки функциональной активности фагоцитов, прогнозирования тяжести заболевания, контроля над эффективностью антибактериального лечения, дифференциальной диагностики вирусных и бактериальных заболеваний и т.д. [29]. С целью объективизации предложен спектрофотометрический вариант НСТ-теста [30], заключающийся в растворении зерен формазана с помощью органических растворителей и учета интенсивности окраски при 670 нм.

Получены доказательства высокого уровня корреляции между образованием активных форм кислорода и киллингом [31]. Поэтому определение хемолуминесцентного ответа фагоцитов может использоваться как один из критериев способности нейтрофилов и моноцитов-макрофагов к завершеному фагоцитозу.

ВЫВОДЫ

Оценка фагоцитарной активности является частью комплексного лабораторного исследования больного. Детальное изучение фагоцитарного процесса с помощью лабораторных методов может быть основанием для постановки или подтверждения окончательного диагноза.

Таким образом, учение И.И. Мечникова о фагоцитозе по-прежнему занимает весомое место среди теорий иммунитета. Новое поколение иммунологов еще долго будет обращаться к классическим работам И.И. Мечникова для получения вдохновения и стимула к изучению различных аспектов сложной, но интереснейшей науки о механизмах поддержания структурно-функционального гомеостаза в многоклеточных организмах [13]. Наследие Мечникова с годами стало не просто достоянием истории, оно продолжает жить в современной науке.

Список литературы

1. Мечников И.И. О целебных силах организма / И.И. Мечников. – Прот. VII съезда естествоиспытателей и врачей, Одесса – 1883. – С. 21–22.
2. Маянский А.Н. Очерки о нейтрофиле и макрофаге / А.Н. Маянский, Д.Н. Маянский. – Новосибирск: Наука. – 1983. – 256 с.
3. Мечников И.И. Вопросы иммунитета / Мечников И.И. – Избр. тр., М.: – 1951. – 522 с.
4. Зильбер Л.А. Фагоцитарная теория И.И. Мечникова / Зильбер Л.А. – М.: – 1951. – 673 с.
5. Залкинд С.Я. Илья Ильич Мечников / Залкинд С.Я. – М. – 1957. – 159 с.
6. Гайсинович А.Е. 100 лет фагоцитарной теории И.И. Мечникова / А.Е. Гайсинович // Природа – 1983. – № 8 – С. 20–26.
7. Мечникова О.Н. Жизнь Ильи Ильича Мечникова / Мечникова О.Н. – М.: – 1926. – 232 с.
8. Резник С.Е. Мечников / Резник С.Е. – М.: – 1973. – 365 с.

9. Мечников И.И. Страницы воспоминаний / И.И. Мечников. – М.: – 1946. – 279 с.
10. Мечников И.И. Очерк современного состояния вопроса о воспалении / И.И. Мечников. – М.: – 1946. – 197 с.
11. Мечников И.И. Лекции о сравнительной патологии воспаления, читанные в апреле и мае 1891г. в Пастеровском Институте / Мечников И.И. – СПб.: К.Л. Риккера – 1892. – 162 с.
12. Петров Р.В. Иммунология / Петров Р.В. – М.: Медицина – 1987. – 414 с.
13. Волянский Ю.Л. Развитие идей И.И. Мечникова в современном естествознании. / Ю.Л. Волянский, Р.М. Хаитов, В.И. Мальцев // Здоров'я України Мед. газета України – 2005.– №10 (199) – С. 60–61.
14. Boyden S. The chemotactic of mixtures of antibody and antigen on polymorphonuclear leucocytes / S. Boyden // J. exp. Med. – 1962. – Vol. 115 – P. 453– 466.
15. Nelson R.D. Chemotaxis under agarose: a new and simpl method for measuring chemotaxis and spontanequs migration of human polymorphonuclear leukocytes and monocytes. / R.D. Nelson // J. Immunol. – 1975. – № 115. – P. 1650–1655.
16. Земсков В.М. Изучение функционального состояния фагоцитов человека: (Кислородный метаболизм и подвижность клеток): Метод, рекомендации / В.М. Земсков, А.М. Барсуков, А.А. Безносенко. – М.: – 1988.
17. Пинегин Б.В. Простой метод оценки хемотаксиса и ингибиции хемотаксиса лейкоцитов периферической крови человека / Б.В. Пинегин, М.З. Саидов, И.Г. Ольков // Иммунология. – 1994. – №1. – С. 58–59.
18. Gimbrone M.A. Interaction of platelet and leukocytes with vascular endothelium: in vitro studies / M.A. Gimbrone, M.R. Buchanan // Ann N Y Acad Sci – 1982. – Vol. 401. — P. 71–83.
19. Бутаков А.А. Спектрофотометрическое определение адгезивной способности полиморфно-ядерных лейкоцитов периферической крови / А.А. Бутаков, В.К. Оганезов, Б.В. Пинегин // Иммунология. – 1991.– № 5 – С. 71–72.
20. Raichvarg D. Determiration of a new phagocytic index: influence of the bacteria strain and leukocyte species / D. Raichvarg, D.Hatat // Biomedicine. – 1980. – Vol.33. – P. 52–55.
21. Bushmann H. Assesment of phagocytic activity of granulocytes using laser flow cytometry / H. Bushmann, M. Winter // J.Immunol. Methods. – 1989. – Vol. 124. – P.231–234.
22. Кoo М.К. Simultaneous analysis of steady-state intracellular pH and cell morphology by automated laser scanning cytometry / М.К. Кoo, С.Н. Oh, А.Л. Holme, S. Pervaiz // Cytometry – 2007. – 71(2) – P.87–93.
23. Саидов М.З. Спектрофотометрический способ определения активности миелопероксидазы в фагоцитирующих клетках / М.З. Саидов, Б.В. Пинегин // Лабораторное дело – 1991. – № 3. – С. 56–60.
24. Salmon J.E. Phagocytosis of concanavalin A-treated erythrocytes is mediated by the Fc gamma receptor / S.J. Ealmon, R.P. Kimberly // J Immunol. – 1986. – Vol. 15. – P. 456–462.
25. Кузьменко О.В. Фагоцитарная активность нейтрофилов периферической крови крыс с различной реакцией на стресс / О.В. Кузьменко, Н.А. Никифорова, М.О. Иваненко // Весник ХНУ им. В.Н. Каразина. Серия: биология. – 2010. – Вип. 11 – С.173–177.
26. Мазуров Д.В. Оценка внутриклеточного киллинга стафилококка фагоцитами периферической крови с помощью проточной цитометрии / Д.В. Мазуров, С.В. Дамбаева, Б.В. Пинегин // Иммунология. – 2000 – №2. – С. 57–59.
27. Мазуров Д.В. Оценка поглощения гранулоцитами и моноцитами периферической крови методом проточной цитометрии / Д.В. Мазуров, К.Ф. Хамидуллина, Б.В. Пинегин // Иммунология – 2000. – №1 – С.57–61.
28. Martin L. Quantitative analysis of opsonophagocytosis and of killing of Candida albicans by human peripheral blood leukocytes by using flow cytometry / L. Martin, S. Bhakdi // Journal of clinical microbiology. – 1991. – 29(9). – P. 2013–2023.
29. Klebanoff S.J. Viricidal effect of polymorphonuclear leukocytes on human immunodeficiency virus-1. Role of the myeloperoxidase system / S.J. Klebanoff, R.W. Coombs // Journal of Clinical Investigation – 1992. – 89(6). – P. 2014–2017.
30. Маянский А.Н. Клинические аспекты фагоцитоза / А.Н. Маянский, О.И. Пикуза – Казань: Магариф. – 1993. – 122 с.
31. Raichvarg D. Determiration of a new phagocytic index: influence of the bacteria strain and leukocyte species / D. Raichvarg, D. Hatat // Biomedicine. – 1980. – Vol. 33. – P.52–55.

Климова О.М. Історичні аспекти вивчення фагоцитозу. Сучасні уявлення про фагоцитарний процес / О.М. Климова, М.О. Іваненко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 110-118.

Висвітлено історичні аспекти створення та розвитку фагоцитарної теорії. Описано головні стадії фагоцитарного процесу та розглянуто методичні підходи, використовувані для оцінки цих стадій.

Ключові слова: фагоцитарна теорія, адгезія, поглинання, дегрануляції, кілінг.

Klimova E.M. Historical aspects of phagocytosis studying. Modern view to the phagocytosis process / E.M. Klimova, M.O. Ivanenko // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 110-118.

Historical aspects of creation and development of the phagocytosis theory are shined. The basic stages of phagocytosis process are described and the methodical approaches for phagocytic activity definition are considered.

Keywords: phagocytosis theory, adhesion, absorption, degranulation, killinh.

Поступила в редакцію 11.09.2011 г.

УДК 159.938 : 612.172.2

КАРДИОИНТЕРВАЛОГРАФИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ МОТИВАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЛИЧНОСТИ

Конарева И.Н.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: psyphysiol_lab@ukr.net*

В группе из 142 здоровых лиц обоего пола исследованы показатели кардиоинтервалографии в состоянии физиологического покоя (сидя), при переходе в вертикальное положение («усеченная» ортостатическая проба) и в условиях, требующих мобилизации внимания и усиления когнитивной активности (корректирующая проба). Эти показатели сопоставлены с оценками различных аспектов мотивации, диагностируемых с использованием соответствующих психологических опросников. Обнаружено, что у лиц с высокими оценками потребностей и мотиваций (кроме мотивации успеха и страха отвержения) в условиях сидя и стоя преобладают влияния парасимпатических механизмов на состояние сердечно-сосудистой системы; в условиях выполнения корректирующей пробы это сменяется превалированием влияний симпатических подразделений автономной нервной системы (кроме мотивации стремление к принятию). Выраженность показателя VLF можно рассматривать как наиболее характерный вегетативный индикатор высокого уровня мотивации.

Ключевые слова: мотивация, потребность, кардиоинтервалограмма, вариабельность сердечного ритма, опросники, корректирующая проба.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшим побудительным фактором, детерминирующим поведенческую активность человека и животных, является мотивация. Под мотивацией понимаются формирование побуждения к конкретному действию или некой форме деятельности и последующие влияния этого побуждения. Термином «мотив» обозначают определенную устойчивую констелляцию в пределах мотивационной сферы в виде комбинации опредмеченных потребностей. Следует признать, что интерпретация упомянутых ключевых терминов («мотивация» и «мотив») весьма дискуссионна, а сами соответствующие феномены достаточно четко не определены, что существенно затрудняет их изучение [1].

Закрепившиеся в ходе реализации поведения и деятельности субъекта особенности мотивации становятся устойчивыми свойствами личности. Считается, что основная структура личности в значительной степени представляет собой относительно устойчивый комплекс главных мотивационных линий, для которых свойственна внутренняя иерархическая организация. К мотивационным чертам личности относят стремление к достижению успеха и/или избеганию неудачи, мотив аффилиации и/или мотив отвержения (склонность к общению и сотрудничеству с окружающими или, наоборот, боязнь быть не принятым «обществом»), уровень притязаний, агрессивность (склонность решать конфликты

путем использования агрессивных действий), стремление к власти над другими, альтруизм как мотив помощи и т.д. [1].

Состояние мотивационной сферы человека зависит от активности многих структур головного мозга. Важным аспектом такой активности является регуляция деятельности сердечно-сосудистой системы (ССС) в условиях покоя и целенаправленного поведения. Многие стороны подобной регуляции могут быть выявлены путем исследования феномена вариабельности сердечного ритма (ВСР) с помощью методики кардиоинтерфалографии (КИГ). Влияние особенностей мотивационной сферы на КИГ-параметры до сих пор изучалось преимущественно в условиях моделирования деятельности человека-оператора разных профессий [2], реальной поведенческой активности (например, трудовой) [3], ситуации обучения (с оценкой эффективности последнего) [2, 4], а также в условиях решения задач на бдительность [5]. При этом уровень мотивации мог существенно модулироваться изменением экспериментальной ситуации (в частности, введением денежного вознаграждения) [3, 6]. Следует отметить, что полученные результаты оказались в ряде аспектов противоречивыми [4, 5].

В то же время вопросы взаимосвязи стационарных базисных оценок мотивационной сферы личности и особенностей регуляции состояния ССС, выявляемых соответственно показателям КИГ, очевидно, пока практически не исследовались. Во всяком случае, в доступной литературе соответствующих работ нам не встретилось. В связи с этим мы попытались выявить корреляции КИГ-показателей с оценками особенностей мотивационной сферы личности, диагностируемых с использованием ряда специализированных психологических опросников. При этом варьировались не уровни мотивации, а функциональное состояние испытуемых путем использования простых стандартных функциональных проб (ортостатической и корректурной).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 142 испытуемых-добровольцев в возрасте 18-30 лет с отсутствием проявлений сердечно-сосудистой патологии. Психологическое тестирование осуществлялось с помощью следующих опросников. 1) Потребность в достижении (Ю.М. Орлов). 2) Мотивация достижения (А. Мехрабиан). 3) Оценка потребности в одобрении (Д.П. Краун и Д.А. Марлоу, в адаптации Ю.Л. Ханина). 4) Мотивация аффилиации (А. Мехрабиан, в модификации М.Ш. Магомед-Эминова; данный опросник включал в себя две шкалы – «стремление к принятию» и «страх отвержения»). 5) Мотивация к успеху (Т. Элерс). 6) Мотивация к избеганию неудач (Т. Элерс). 7) Мотивация успеха и боязнь неудачи (А.А. Реан). Во всех указанных опросниках большие оценки по шкалам соответствуют более высоким уровням потребностей и мотиваций.

Показатели КИГ определяли с использованием программы ОРТВ (Н.П. Костенко, ВНМУ им. Пирогова) на основе регистрации электрокардиограммы (ЭКГ), записанной во втором стандартном отведении. Определялись стандартные показатели ВСР и производные индексы. Продолжительность записи ЭКГ составляла 5 мин (300 с). Регистрация проводилась в трех условиях – в положении

сидя (состояние физиологического покоя), при переходе в вертикальное положение (т.е. при выполнении «усеченной» ортостатической пробы) и при выполнении компьютерного варианта теста «Корректирующая проба». Последнее состояние требовало мобилизации внимания и усиления когнитивной активности. Математическая обработка получаемых данных основывалась на использовании критериев R Спирмена, U Манна-Уитни, F Фишера и T Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В состоянии физиологического покоя (сидя) были выявлены следующие корреляции (по Спирмену). Оценки по шкале «стремление к принятию» опросника Мехрабиана положительно коррелировали с величиной минимального кардиоинтервала, KI_{\min} ($r=0,219$ при $p=0,008$). Таким образом, при доминировании данной мотивации продолжительность самых коротких КИ у значительной части субъектов относительно увеличена. Оценки по шкале «потребность в достижении» опросника Орлова отрицательно коррелировали с отношением КИ 30/15 ($r=-0,192$ при $p=0,022$) и положительно – с нормированной величиной высокочастотного компонента спектра КИГ, HF_{norm} ($r=0,172$ при $p=0,043$). Явно выраженная потребность в достижении у того или иного трестируемого в целом сонаправленно связана с величиной высокочастотной составляющей ВСР. Последняя, как считают, в значительной мере определяется активностью системы блуждающего нерва, т.е. степенью выраженности парасимпатической активации [7].

Оценки по шкале «мотивация к избеганию неудач» опросника Элерса отрицательно коррелировали с интегральным показателем ИАПЦ ($r=-0,186$ при $p=0,027$) и процентным значением низкочастотного компонента в общей структуре спектра, $LF\%$ ($r=-0,214$ при $p=0,010$). Данный индекс характеризует, прежде всего, активность стволовых вегетативных нервных центров, участвующих в регуляции ССС, по отношению к влияниям более высоких уровней управления. Повышенная активность стволовых нервных центров проявляется как рост значения ИАПЦ. Таким образом, при превалировании мотивации к избеганию неудач активность стволовых подкорковых нервных центров преимущественно понижена; соответственно, симпатические влияния автономной нервной системы (АНС) у соответствующих индивидуумов несколько ослаблены.

При выполнении ортостатической пробы (переходе в положение стоя) между оценками различных аспектов мотивации и значениями КИГ-показателей выявилось заметно большее количество значимых корреляций. Оценки по шкале «стремление к принятию» опросника Мехрабиана положительно коррелировали с показателями Mo ($r=0,257$ при $p=0,003$), NNm ($r=0,271$ при $p=0,001$), величиной KI_{\max} ($r=0,232$ при $p=0,007$) и KI_{\min} ($r=0,296$ при $p=0,0005$). Отрицательные корреляции наблюдались с показателями AMo ($r=-0,188$ при $p=0,030$) и $ЧСС$ ($r=-0,271$ при $p=0,001$). Были выявлены также явные тенденции к положительной связи между оценками по этой шкале и показателями $pNN50$ ($r=0,160$ при $p=0,064$), Dm ($r=0,159$ при $p=0,066$) и $SDNN$ ($r=0,160$ при $p=0,066$). В трехфакторной модели ВСР [2], с помощью которой классифицируются классы функциональных состояний ССС, используются показатели $SDNN$ (который отражает суммарную активность

как надсегментарных, так и сегментарных центральных структур, участвующих в регуляции сердечного ритма) и NNm, связанный с балансом влияний симпатического и парасимпатического отделов АНС.

Таким образом, обнаруженный паттерн корреляций в условиях ортостатической пробы показывает, что у лиц с высоким уровнем мотивации аффилиации (высокие оценки по шкале «стремление к принятию») наблюдалась тенденция к сравнительно низким значениям АМо, отражающим степень централизации управления ритмом сердца, и относительно высоким значениям других показателей (NNm, pNN50, SDNN). Эти особенности указывают на некоторое преобладание вагусных влияний на сердечную активность у лиц с высоким уровнем рассматриваемой мотивации.

Показатели вариационной пульсометрии, по Баевскому (ВПР и ИН), отрицательно коррелировали с оценками по шкале «стремление к принятию» ($r=-0,191$ при $\rho=0,027$ и $r=-0,199$ при $\rho=0,021$). Выявилась также тенденция к отрицательной связи оценок по данной шкале и показателя ИВР ($r=-0,162$ при $\rho=0,063$). Таким образом, упомянутые показатели вариационной пульсометрии также указывали на то, что в регуляции сердечного ритма у лиц с высокими оценками мотивации аффилиации преобладает влияние парасимпатического отдела АНС. Доминирование у человека мотивации аффилиации обуславливает стиль поведения, при котором субъект активно и непринужденно общается с окружающими, доверчив, открыт, социально смел.

Значения спектральных показателей ВСР демонстрировали следующие связи с различными видами мотивации. Оценки по шкале «стремление к принятию» положительно коррелировали с абсолютными показателями TP ($r=0,179$ при $\rho=0,040$) и VLF ($r=0,202$ при $\rho=0,020$). Уровни мотивации к избеганию неудач (опросник Элерса) демонстрировали отрицательную корреляцию с абсолютным значением LF ($r=-0,173$ при $\rho=0,047$) и положительную – с HF_{порт} ($r=0,172$ при $\rho=0,046$). Отношение LF/HF отрицательно коррелировало с оценками по шкале «мотивация к избеганию неудач» опросника Элерса ($r=-0,191$ при $\rho=0,028$). Таким образом, картина установленных взаимосвязей может указывать на то, что вегетативный баланс в условиях ортостатической пробы при высоком уровне мотивации сдвинут в определенной степени в сторону относительного преобладания парасимпатических влияний.

Балльные оценки по шкале «стремление к принятию» отрицательно коррелировали с интегральным показателем ПАПР ($r=-0,232$ при $\rho=0,007$). Последний, как считается, отражает соответствие между уровнем функционирования сердечного синусового узла и симпатических влияний на ССС. Высокие уровни данной мотивации в целом соответствуют сравнительно низким значениям ПАПР, и, соответственно, АМо.

Значения отношения $ИН_{стоя}/ИН_{сидя}$ коррелировали отрицательно с оценками по шкале «стремление к принятию» ($r=-0,222$ при $\rho=0,010$), но демонстрировали тенденцию к положительной связи с оценками по шкале «мотивация к успеху» опросника Элерса ($r=0,161$ при $\rho=0,064$).

Так как наибольшее число корреляционных связей было получено между

показателями КИГ в условиях ортостатической пробы и оценками по опроснику Мехрабиана, мы выделили из исследованной выборки две подгруппы, включающие в себя лиц с высокими оценками по шкале «стремление к принятию» и с повышенным уровнем «страха отвержения». Эти подгруппы различались значимо по ряду показателей КИГ (табл. 1).

Таблица 1

Значения показателей КИГ (стоя) у лиц с разной мотивацией аффилиации

Показатели КИГ	Стремл. к принятию, n = 67	Страх отверж., n = 59	уровень значимости (p)	
			кр. Манна-Уитни	кр. F Фишера
Дисперсия, <i>Dm</i>	3141,67	2810,41	0,037	0,720
<i>SDNN</i> (мс)	51,29	44,84	0,037	0,167
Коэффициент вариации, <i>Svar</i> (%)	7,43	6,71	0,031	0,248
Вариационный размах, <i>BP</i> (с)	0,28	0,24	0,073	0,026
Индекс вегетат. равновесия, <i>ИВР</i>	184,55	235,62	0,040	0,025
Вегетат. показатель ритма, <i>ВПП</i>	6,22	7,49	0,088	0,014
Индекс напряжения, <i>ИН (стоя)</i>	150,36	197,61	0,070	0,025
Полная мощность спектра, <i>TP</i>	5863,20	3717,71	0,014	0,010
<i>VLF</i> (мс ²)	2940,33	2481,97	0,054	0,065
<i>LF</i> (мс ²)	2170,24	2442,26	0,015	0,004
Отношение <i>ИН стоя / ИН сидя</i>	1,56	1,79	0,031	0,062

У лиц с преобладанием мотивации «страх отвержения» наблюдались более низкие значения показателей, характеризующих изменчивость ритма сердца: *Dm* у них был меньше на 10,5 %, *SDNN* – на 12,6 %, *Svar* – на 9,6 % и *BP* – на 12,3 %, чем у представителей противоположной группы. Полная мощность спектра (*TP*) и вклад особо низкочастотных волн спектра (*VLF*) были достоверно меньше на 36,6 % и 15,6 %, а спектральный компонент *LF* – достоверно больше на 12,5 %. Таким образом, величина некоторых показателей КИГ и тот факт, что *ИН* был больше на 31,4 % у лиц с преобладанием «страха отвержения», указывают на некоторое преобладание симпатических влияний на модуляцию сердечного ритма и повышенную активность вазомоторного центра у таких лиц.

Следующим этапом стал анализ связей оценок мотивации с показателями КИГ, зарегистрированными во время выполнения корректурной пробы (42 тестированных). В данной экспериментальной ситуации наиболее «чувствительным» оказался показатель «потребность в достижении» по опроснику Орлова. Общая картина обнаруженных корреляций показала, что лица с выраженной потребностью в достижении в ходе выполнения корректурной пробы характеризовались достоверно повышенной активностью симпатических механизмов регуляции сердечного ритма. Были выявлены положительные корреляции психологических оценок с показателями *АМо* ($r=0,310$ при $p=0,046$), *ИВР* ($r=0,341$ при $p=0,027$), *ВПП* ($r=0,300$ при $p=0,053$) и *ИН* ($r=0,315$ при $p=0,042$).

Ряд показателей КИГ, низкие значения которых свидетельствуют об относительном уменьшении парасимпатических влияний на сердце и сдвиге

симпато-вагусного баланса в сторону преобладания симпатических влияний, показали отрицательные корреляционные связи с оценками по шкале «потребность в достижении». В число таких показателей входили NN50 ($r=-0,330$ при $p=0,033$), pNN50 ($r=-0,315$ при $p=0,042$), Dm ($r=-0,320$ при $p=0,038$), SDNN ($r=-0,320$ при $p=0,038$), Svar ($r=-0,345$ при $p=0,025$), RMSSD ($r=-0,307$ при $p=0,048$), BP ($r=-0,340$ при $p=0,027$), TP ($r=-0,334$ при $p=0,030$), абсолютные значения HF ($r=-0,308$ при $p=0,047$) и VLF ($r=-0,290$ при $p=0,062$ как тенденция). Считается, что показатели pNN50, SDNN и RMSSD отражают относительную интенсивность влияний парасимпатического звена вегетативной регуляции и эфферентной вагусной активности [2]. Оценки по шкале «мотивация к избеганию неудач» опросника Элерса продемонстрировали близкие к достоверным негативную корреляцию с показателем NNm ($r=-0,299$ при $p=0,057$) и положительную корреляцию с показателем ЧСС ($r=0,299$ при $p=0,057$).

В условиях выполнения корректурной пробы обнаружили отрицательные корреляции между показателями ИАПЦ и оценками по шкалам: «мотивация достижения» по опроснику Мехрабиана ($r=-0,377$ при $p=0,015$), «мотивация успеха и боязнь неудачи» по опроснику Реана ($r=-0,291$ при $p=0,062$, т.е. как тенденция), «мотивация к успеху» по опроснику Элерса ($r=-0,337$ при $p=0,029$). Существовали также положительные корреляции между процентным значением VLF в структуре общего спектра (VLF%) и оценками по следующим шкалам: «мотивация достижения» ($r=0,418$ при $p=0,006$), «мотивация успеха и боязнь неудачи» ($r=0,332$ при $p=0,032$) и «мотивация к успеху» ($r=0,348$ при $p=0,024$). Эти однотипные корреляции указывают на то, что в ситуации выполнения корректурной пробы у лиц с высокой выраженностью мотивации достижения или успеха был представлен в высокой степени особо низкочастотный компонент спектра ВСП (VLF).

Композиции показателей КИГ в физиологическом состоянии покоя (сидя) и при выполнении корректурной пробы (сидя за компьютером) различались значимо (критерий Т Вилкоксона) по следующим показателям: LF мс^2 ($T=253,0$ при $p=0,013$), LF_{norm} ($T=166,5$ при $p=0,0004$), LF% ($T=249,0$ при $p=0,011$), HF_{norm} ($T=149,5$ при $p=0,0001$), HF% ($T=234,0$ при $p=0,006$), а также отношение LF/HF ($T=166,0$ при $p=0,0003$). Поэтому полученные корреляции можно считать достаточно специфическими, а показатель «потребность в достижении» – диагностическим индексом в аспекте предположения об изменении КИГ-показателей у конкретного индивида в условиях тест-задач на внимание и время реакции, к которым относится и корректурная проба. Достоверное превышение показателей LF (абсолютного – на 31,4 % и нормированного – на 17,0 %) и отношения LF/HF (на 60,9 %) при когнитивной пробе можно предположительно связать с тем, что показатель LF отражает уровень активности вазомоторного центра продолговатого мозга. Достоверное снижение нормированного показателя HF (на 28,0 %) согласуется с данными ряда экспериментальных исследований, показавшими ослабление дыхательной синусовой аритмии при психической рабочей нагрузке [2]. Различные нагрузки на организм, требующие включения в процесс управления сердечным ритмом центрального контура регуляции, ведут к ослаблению дыхательного компонента синусовой аритмии и к усилению ее недыхательного компонента.

Выделив из общей выборки лиц с низкими и высокими уровнями рассматриваемых потребностей и мотиваций, мы получили следующие результаты. Лица, отличающиеся высоким уровнем потребности в достижении характеризовались в условиях функционального покоя (сидя) более высокими значениями КИГ-показателей, характеризующих интенсивность парасимпатических влияний на сердечный ритм (Delta, NN50, pNN50, Dm, SDNN, RMSSD, BP и HF) и более низкими значениями показателей AMo, ИИ, LF и других, характеризующих активность симпатического звена регуляции АНС (табл. 2). В положении стоя (ортостатическая проба) заметно увеличился разрыв между показателями ПАПР и VLF. Однако в отношении показателей КИГ во время выполнения корректурной пробы мы наблюдали обратную картину. У лиц с высоким уровнем потребности в достижении отмечались большие значения показателей, характеризующих симпатические влияния на модуляцию сердечного ритма. При этом выявились достоверные различия следующих КИГ-показателей у лиц с высоким и низким уровнем данной потребности при использовании критерия U Манна-Уитни: Svar (U=11,0 при $\rho=0,049$), BP (U=10,5 при $\rho=0,042$), ИВР (U=11,0 при $\rho=0,049$), ВПР (U=11,0 при $\rho=0,049$) и TP (U=10,0 при $\rho=0,037$).

Таблица 2

Значения показателей КИГ у лиц с разным уровнем потребности в достижении при разных функциональных пробах

Показатели КИГ	Сидя		Стоя		Корректурная проба	
	низкий	высокий	низкий	высокий	низкий	высокий
pNN50	17,32	24,65	6,61	7,31	30,74	15,84
SDNN	55,46	62,08	48,91	52,07	68,61	43,68
RMSSD	43,12	49,45	29,95	29,29	61,76	35,93
ИИ	123,04	111,81	175,19	149,42	62,41	189,62
VLF%	43,58	43,57	47,91	52,04	40,37	42,57
LF%	35,24	29,72	39,24	35,53	33,77	39,70
HF%	18,73	25,26	10,28	11,22	21,73	15,02

В отношении подгрупп, образованных согласно уровню мотивации достижения (по опроснику Мехрабиана), нельзя было выделить четких тенденций в различиях значениях КИГ-показателей в положении сидя. Среди же показателей ВСР в положении стоя смещение вегетативного баланса у лиц с высокой мотивацией достижений в сторону превалирования парасимпатического контура регуляции было сильнее, особенно в отношении показателей ПАПР, NNm, NN50, pNN50 и ИИ. При выполнении корректурной пробы данные лица демонстрировали явно повышенную активность симпатического подразделения АНС, причем достоверно различались показатели ИАПЦ (U=53,0 при $\rho=0,025$) и VLF% (U=52,0 при $\rho=0,023$).

В случае мотивации «избегание неудач» по опроснику Элерса между аналогичными подгруппами имелись достоверные различия в выраженности КИГ-показателей во время корректурной пробы: Mo (U=8,5 при $\rho=0,023$), NNm (U=9,0 при $\rho=0,027$) и KI_{min} (U=8,5 при $\rho=0,023$). Эти показатели были меньше у лиц с

высокими оценками данной мотивации, а ЧСС – выше ($U=10,0$ при $p=0,026$).

Динамика показателей КИГ в функциональных пробах в подгруппах, разделенных по уровням разных видов потребностей и мотиваций, отображена в Табл. 3.

Таблица 3

Соотношение активности компонентов АНС у лиц с разными уровнями мотивации

Показатели	Уро- вень	Пробы		
		сидя	стоя	коррект.
Потребность в достижении (Орлов)	в	П>С	П>С	С>П
	н	С>П	С>П	П>С
Мотивация достижения (Мехрабиан)	в	П≥С	П>С	С>П
	н	С≥П	С>П	П>С
Потребность в одобрении (Марлоу и Краун)	в	П>С	П>С	С>П
	н	С>П	С>П	П>С
Мотивация к успеху (Элерс)	в	С>П	С>П	С>П
	н	П>С	П>С	П>С
Мотивация к избеганию неудач (Элерс)	в	П>С	П=С	С>П
	н	С>П	П=С	П>С
Мотивация успеха и боязнь неудачи (Реан)	в	С>П	С>П	С>П
	н	П>С	П>С	П>С
Стремление к принятию (Мехрабиан)	в	П>С	П>С	С=П
Страх отвержения (Мехрабиан)	в	С>П	С>П	С=П

Примечание: П – парасимпатические влияния, С – симпатические влияния;
в – высокий уровень, н – низкий уровень показателя.

Таким образом, лица с высоким уровнем потребностей и мотиваций при выполнении корректурной пробы практически всегда демонстрировали заметно повышенную активность симпатического отдела АНС (кроме мотивации стремление к принятию). Лица с выраженной мотивацией успеха (по опросникам Элерса и Реана) отличались более высоким уровнем симпатических влияний на сердечный ритм в условиях всех трех проб. Лица с выраженными мотивациями избегания неудачи и страха отвержения (по опросникам Мехрабиана) в пробах сидя и стоя характеризовались большей активностью симпатического отдела АНС.

В общей картине обнаруженных фактов специфическим является относительное увеличение представленности сверхнизкочастотных колебаний ВСР (VLF-компонента спектра КИГ) у лиц с высоким уровнем мотивации. Выраженность этого компонента связывают с активностью ренин-ангиотензин-альдостероновой системы, повышением концентраций катехоламинов в плазме, терморегулирующими циклами, механическими и центральными эффектами дыхательных паттернов, реализацией спинальных рефлексов и сосудистой авторитмичностью [2, 8]. Считается, что в значениях VLF отражена преимущественно активность надсегментарных центров вегетативной регуляции

(гипоталамуса, лимбической системы), которые генерируют медленные ритмы, передающиеся к сердцу через симпатическую АНС. Неспецифические надсегментарные вегетативные центры присутствуют также в коре головного мозга (лобных и теменных долях), подкорковых структурах (полосатое тело), в стволе головного мозга (ретикулярная формация, оливы), мозжечке. Они отвечают за интеграцию психических, соматических и вегетативных функций, обеспечивая приспособление субъекта к изменяющимся условиям внешней среды [цит. по: 2]. Полагают, что показатель VLF можно использовать для оценки надсегментарного уровня регуляции сердечного ритма (эрготропной церебральной симпатико-адреналовой активации) [7]. Отмечается, что представленность VLF увеличивается при эмоциональном и невротическом возбуждении [2]. В нашей выборке компонент VLF (мс^2) преобладал у людей с высокой психомоторной активностью ($r=0,225$ при $p=0,037$) и психомоторной эмоциональностью ($r=0,250$ при $p=0,020$) по опроснику Русалова и был отрицательно связан с уровнем нейротизма ($r=-0,243$ при $p=0,005$) по опроснику Айзенка PEN.

Таким образом, бóльшая представленность спектра ВСП в VLF-диапазоне коррелирует с высокой активностью нейрогуморального и метаболического уровней регуляции, бóльшей взаимосвязью автономных уровней регуляции кровообращения с надсегментарными, в том числе с гипофизарно-гипоталамическим и корковым уровнями у лиц с высоким уровнем мотивации.

В целом исследований мотивации в данном контексте было немного. В эксперименте Schleifer и Okogbaa показано [3], что денежное поощрение набора текста профессиональными машинистками значительно увеличивало артериальное давление и снижало ВСП, а работа в целом уменьшала ЧСС и увеличивала ВСП. В работе Beh [5] оказалось, что у лиц с низкой мотивацией достижения ЧСС и ВСП не различались до и во время выполнения задач на бдительность, в отличие от лиц с высокой мотивацией достижения, что объяснили большими усилиями лиц с высокой мотивацией достижения при работе, которые отражаются в ВСП. В то же время в эксперименте Муртек и соавт. [4] не было обнаружено связи между уровнем психического напряжения (показатели ВСП) в ходе обучения в университете и оценками мотивации достижения студентов. В исследовании Mezzacappa с коллегами [9] влияние мотивационного фактора на выполнение моторных действий агрессивными подростками связали с симпатической модуляцией низкочастотных колебаний сердечного ритма LF. В работе Delaney и Brodie [6] испытуемые выполняли тест Струпа в условиях конкуренции и денежного вознаграждения. Анализ результатов продемонстрировал значимое снижение SDNN и HF, рост ЧСС, LF и отношения LF/HF.

Таким образом, в настоящем исследовании мы уточнили некоторые вегетативные корреляты базисных мотивационных свойств личности, показав связи оценок разных видов потребностей и мотиваций с рядом показателей ВСП. Полученные данные показывают, что даже при высоких уровнях мотиваций в состоянии функционального покоя (положение сидя) в регуляции сердечного ритма доминирует активность парасимпатических механизмов. Это несколько расходится с общепринятыми утверждениями, что при актуализации мотивации, как правило,

происходит повышение тонуса симпатической АНС. Мы полагаем, что данный тезис можно отнести к биологическим мотивациям (или драйвам). «Высшие» же (или «социальные») мотивации актуализируются с помощью иных механизмов, в основном через формирование доминанты в коре головного мозга и опосредованные связи с неспецифическими надсегментарными вегетативными центрами.

Если предположить, что высокие уровни оценок по шкалам опросников, характеризующим разные потребности и мотивации, показывают их осознанность данным субъектом, то состояние осознания определенной потребности снижает уровень физиологического напряжения, и, как следствие, уменьшается активность симпатических подразделений АНС. Осознанная и устойчивая мотивация становится чертой личности, и уровень такой мотивации регулируется высшими отделами головного мозга.

ВЫВОДЫ

1. У лиц с высокими уровнями потребностей и мотиваций многие рассмотренные показатели КИГ в состоянии функционального покоя (положение сидя) свидетельствовали об относительном ослаблении симпатических влияний АНС и превалировании парасимпатических эффектов в отношении сердечного ритма.
2. Наиболее «чувствительными» к изменениям показателей КИГ (в положении сидя и стоя) оказались оценки по шкалам «стремление к принятию» опросника Мехрабиана и «мотивация к избеганию неудач» опросника Элерса, которые наиболее часто изменялись согласованно с показателями КИГ.
3. В ходе выполнения корректурной пробы, которая требует мобилизации внимания и когнитивных усилий, изменения показателей КИГ, свидетельствующие о напряжении симпатических механизмов регуляции сердечной деятельности, были сильнее у лиц с высоким уровнем потребности в достижении.
4. Показатель VLF, отражающий гуморально-метаболической уровень регуляции ССС, предположительно можно рассматривать как вегетативный индикатор высокого уровня мотивации.

Список литературы

1. Ильин Е.П. Мотивация и мотивы / Е.П. Ильин. – СПб.: Питер, 2002. – 512 с.
2. Машин В.А. Трехфакторная модель вариабельности сердечного ритма в психологических исследованиях функциональных состояний человека-оператора / В.А. Машин // Диссертация доктора психол. наук. – Москва: МГУ, 2009. – 290 с.
3. Schleifer L.M. System response time and method of pay: cardiovascular stress effects in computer-based tasks / L.M. Schleifer, O.G. Okogbaa // *Ergonomics*. – 1990. – Vol. 33, No 12. – P. 1495-1509.
4. Myrtek M. Validation studies of emotional, mental, and physical workload components in the field / M. Myrtek, G. Brügger, W. Müller // *Ambulatory assessment. Computer-assisted psychological and psychophysiological methods in monitoring and field studies* / J. Fahrenberg, M. Myrtek (Eds.). – Seattle, WA: Hogrefe and Huber Publishers, 1996. – P. 287-304.
5. Beh H.C. Achievement motivation, performance and cardiovascular activity / H.C. Beh // *Int. J. Psychophysiol.* – 1990. – Vol. 10, No 1. – P. 39-45.

6. Delaney J.P. Effects of short-term psychological stress on the time and frequency domains of heart-rate variability / J.P. Delaney, D.A. Brodie // *Perceptual and motor skills*. – 2000. – Vol. 91, No 2. – P. 515-524.
7. Хаспекова Н.Б. Диагностическая информативность мониторинга вариабельности ритма сердца / Н.Б. Хаспекова // *Вестник аритмологии*. – 2003. – № 32. – С. 14-23.
8. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода / Михайлов В.М. – Иваново, 2000. – 200 с.
9. Mezzacappa E. Executive and motivational control of performance task behavior, and autonomic heart-rate regulation in children: Physiologic validation of two-factor solution inhibitory control / E. Mezzacappa, D. Kindlon, J. P. Saul, F. Earls // *Journal of Child Psychology and Psychiatry*. – 1998. – Vol. 39, No 4. – P. 525-531.

Конарева І.М. Кардіоінтервалографічні кореляти мотиваційних властивостей особистості / І.М. Конарева // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”*. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 119-129.

У групі з 142 здорових осіб обох статей досліджено показники кардіоінтервалографії у стані фізіологічного спокою (сидячи), переході до положення стоячи («усічена» ортостатична проба) та в умовах, що потребують мобілізації уваги та посилення когнітивної активності (коректурна проба). Ці показники співставлено з оцінками різних аспектів мотивації, діагностованих із використанням відповідних психологічних питальників. Виявлено, що в осіб із високими оцінками потреб і мотивації (окрім мотивації успіху і страху неприйняття) в умовах сидячи та стоячи переважають впливи парасимпатичних механізмів на стан серцево-судинної системи; в умовах виконання коректурної проби це змінюється домінуванням впливів симпатичних підрозділів автономної нервової системи (окрім мотивації потягу до прийняття). Вираженість показника VLF можна розглядати як найбільш характерний вегетативний індикатор високого рівня мотивації.

Ключові слова: мотивація, потреба, кардіоінтервалограма, варіабельність серцевого ритму, питальники, коректурна проба.

Konareva I.N. Cardiointervalographic correlates of motivational properties of the personality / I.N. Konareva // *Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University*. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 119-129.

In a group of 142 healthy adults of both sexes, we examined indexes of cardiointervalography in the state of physiological rest (sitting), in the standing position («partial» orthostatic test), and under conditions requiring mobilization of attention and intensification of cognitive activity (correction test). These indexes were correlated with the estimations of different aspects of motivation diagnosed used the corresponding psychological questionnaires. As was found, persons with high estimates of necessities and motivations (except motivation for success and fear of out casting) under sitting and standing conditions are characterized by prevailing of influences of the parasympathetic mechanisms on the state of the cardiovascular system; under conditions of performing of the correction test this was replaced by domination of the influences from the sympathetic subdivisions of the autonomous nervous system (except of motivation for drive to affiliation). The manifestation of the VLF index can be considered a most typical index of a high level of motivations.

Keywords: motivation, necessity, cardiointervalography, heart rate variability, questionnaires, correction test.

Поступила в редакцію 25.09.2011 г.

УДК 57.042:57.024:615.91

ВЛИЯНИЕ НИТРАТА СВИНЦА НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС

*Коренюк И.И., Гамма Т.В., Черетаев И.В., Катюшина О.В., Хусаинов Д.Р.,
Лямина А.М., Джапарова С.И., Исмаилова Э.Т.*

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: 5612178@ukr.net*

В стресс-тестах различной аверсивности показано, что после введения на протяжении недели животным нитрата свинца в дозе 100 мг/кг происходит угнетение локомоторной активности крыс, увеличение уровня их тревожности при слабом и умеренном стрессе, а при сильном – наоборот, снижение. В то же время не выявлены достоверные изменения депрессивного поведения при умеренном и сильном стрессе. Рассмотрены возможные механизмы психотропного действия нитрата свинца.

Ключевые слова: свинец, поведение, депрессия, тревожность.

ВВЕДЕНИЕ

Крупные города и сельскохозяйственные угодья Украины, расположенные вблизи автострад, отдельные участки акватории Чёрного и Азовского морей и воздушное пространство над ними загрязнены солями свинца [1–5]. Известно, что среди них для животных и человека особенно опасен и токсичен нитрат свинца [6], попадающий в окружающую среду с выбросами промышленности или образующийся в результате взаимодействия в почве соединений свинца и азотсодержащих агроудобрений [7]. С пищей, водой и воздухом соли свинца поступают в организм животных и человека и, накапливаясь там, могут оказывать нейротропное [8–10] и нейротоксическое действие [10–15], приводящее к изменениям функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС). Из сказанного выше можно предположить, что соли свинца влияют и на поведение животных, в частности, на их локомоторную активность, тревожность и депрессию, которые определяются деятельностью ЦНС [16–18].

В связи с этим, целью настоящей работы явилось изучение влияния накопления нитрата свинца в организме крыс на их поведение (локомоторную активность, тревожность и депрессию).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на 20 белых беспородных крысах-самцах массой 200-250 г. Экспериментальной группе крыс (n=10) в течение семи дней вводили внутривентриально $Pb(NO_3)_2$ (100 мг/кг) объемом 0,2-0,25 мл, вызывая накопление свинца в тканях организма, а контрольной (n=10) – физиологический раствор в

эквивалентном объеме. На восьмой день поведение крыс обеих групп тестировали на тревожность (тесты «открытое поле» (ОП) [19, 20], «чёрно-белая камера» (ЧБК) [19, 21], «крестообразный приподнятый лабиринт» (КПЛ) [16, 19]), а также депрессию (тест Порсолта [19, 22] и «подвешивание за хвост» [16, 19]) в порядке возрастания стрессового воздействия. Достоверность различий между группами контроля и опыта определяли с помощью критерия Манна-Уитни (при $p \leq 0,05$; $p \leq 0,01$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В тесте ОП (слабый стресс), в экспериментальной группе крыс выявлено уменьшение горизонтальной (ГДА) и отсутствие вертикальной двигательной активности (ВДА) по сравнению с контрольной группой ($p \leq 0,01$, рис. 1). Это указывает на тормозное влияние нитрата свинца на локомоторную активность крыс. Кроме того, в этом тесте обнаружено угнетение ($p \leq 0,01$) и исследовательской активности (ИА), свидетельствующее об увеличении нитратом свинца уровня тревожности крыс [16, 17].

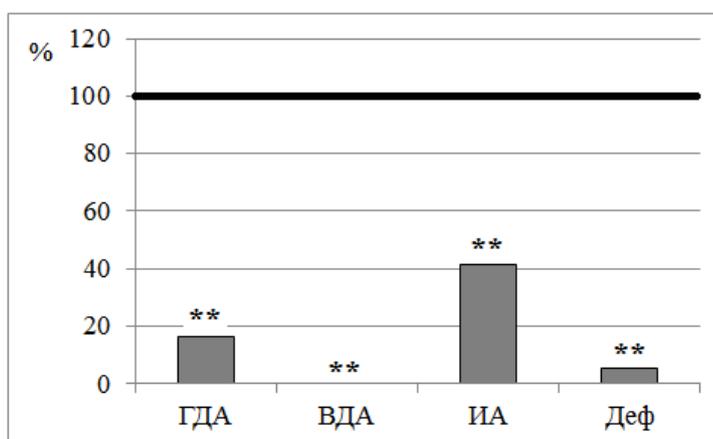


Рис. 1. Влияние нитрата свинца на поведенческую активность крыс в тесте «открытое поле»

Примечание: ГДА – горизонтальная двигательная активность, ВДА – вертикальная двигательная активность, ИА – исследовательская активность, Деф – уровень дефекаций.

Здесь и далее на рис. контроль принят за 100 % и отмечен жирной чёрной линией; * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$ – достоверность различий показателя экспериментальной группы относительно контроля

В моделирующем тревожность тесте ЧБК (умеренный стресс) после накопления нитрата свинца в организме крыс обнаружено угнетение их поведенческой активности, которое выразилось в достоверном уменьшении количества (рис. 2, А) и времени (рис. 2, Б) выходов и выглядываний. Эти данные в соответствии с классическими представлениями [21] свидетельствуют о том, что

нитрат свинца увеличивает уровень тревожности крыс, что было выявлено и в тесте ОП.

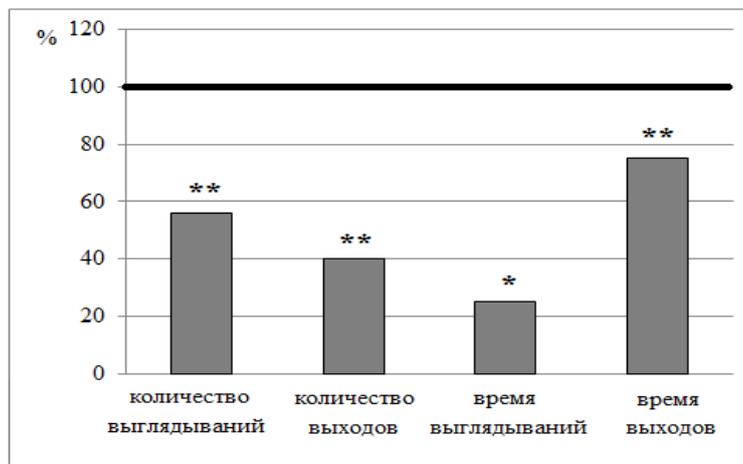


Рис. 2. Влияние нитрата свинца на поведенческие показатели крыс в тесте «чёрно-белая камера»

В тесте КПЛ, моделирующем тревожность в условиях сильного стресса, в экспериментальной группе отмечено достоверное увеличение ($p \leq 0,01$) количества выходов и времени пребывания крыс в открытых рукавах (рис. 3, А, Б) и достоверное уменьшение ($p \leq 0,01$) времени посещения закрытых рукавов (рис. 3, Б). Кроме того, проявлялась тенденция к снижению ВДА крыс и увеличению количества пересечений ими центра лабиринта и заглядываний вниз (рис. 3, В). Все выше перечисленные изменения показателей теста КПЛ указывают на уменьшение под влиянием нитрата свинца уровня тревожности животных (средний анксиолитический эффект, который рассчитывался по результатам теста согласно [19] как среднее арифметическое количества посещения крысами открытых рукавов, пересечения центра лабиринта, заглядываний вниз и ВДА составил 49,1 %), что противоречит результатам тестов ОП и ЧБК. На наш взгляд, наблюдаемый анксиолитический эффект нитрата свинца скорее свидетельствует о том, что данное вещество в условиях сильного стресса нарушает способность животных адекватно оценивать опасность и избегать её. При воздействии сильного стресса, вероятно, происходит переактивация адаптационных ресурсов организма [23], что провоцирует на фоне нейротоксических эффектов нитрата свинца неспецифические нейрогуморальные ответные реакции крыс. Можно полагать, что это приводит к ослаблению контроля поведения корой больших полушарий, в результате чего у животных пропадает страх перед открытым и неизвестным пространством. Исходя из этого, можно заключить, что интоксикация нитратом свинца в условиях сильного стресса может снижать качество жизни животных и человека, и, следовательно, их выживаемость в экстремальных ситуациях.

ВЛИЯНИЕ НИТРАТА СВИНЦА НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС

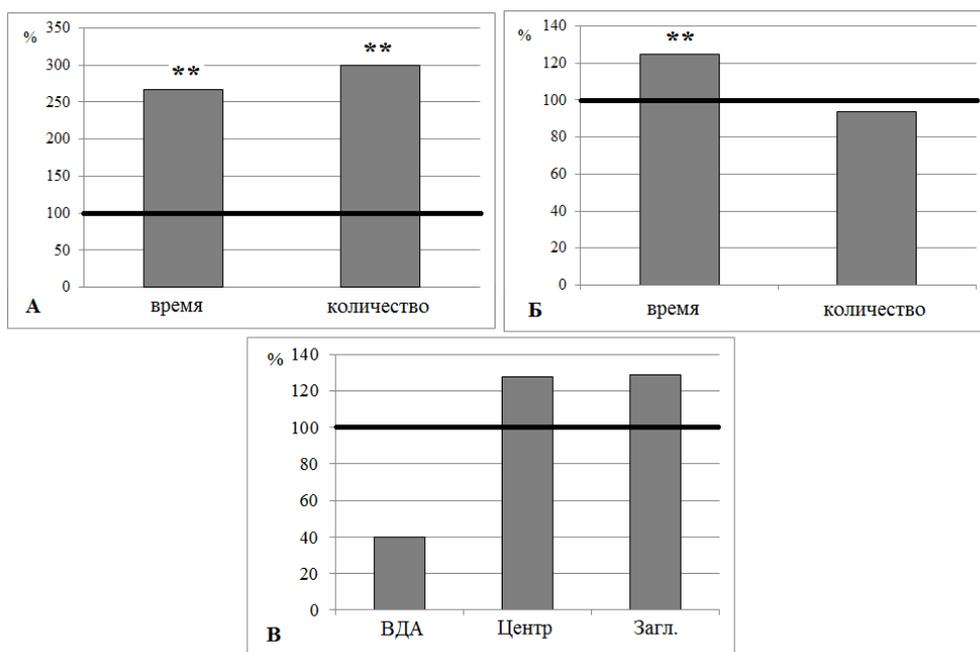


Рис. 3. Поведенческие реакции крыс в тесте «крестообразный приподнятый лабиринт» при накоплении в организме нитрата свинца

Примечание: А – количество и время посещений крысами открытых рукавов, Б – количество и время посещений крысами закрытых рукавов, В – вертикальная двигательная активность (ВДА), количество пересечений крысами центра лабиринта (Центр) и заглядываний вниз (Загл.)

Таким образом, накопление нитрата свинца в организме животных оказывает влияние различной направленности на тревожное поведение крыс в стрессовых воздействиях различной силы: в условиях слабого и умеренного стресса тревожность животных увеличивается, а при сильном стрессе, наоборот, снижается.

В тесте умеренного стресса Порсолта (рис 4 А) и более аверсивном тесте «подвешивание за хвост» (рис. 4 Б) интоксикация нитратом свинца не вызвала достоверных изменений поведенческих показателей депрессии крыс, за исключением латентного периода первого зависания. Однако, уменьшение активного плавания и количества выпрыгиваний, увеличение пассивного плавания на уровне тенденции в тесте Порсолта и уменьшение на уровне тенденции времени иммобильности крыс в тесте «подвешивание за хвост» указывают на некоторое увеличение уровня депрессии [16, 19, 22] под влиянием нитрата свинца. Таким образом, эти результаты свидетельствуют о том, что нитрат свинца оказывает незначительное отрицательное воздействие на депрессивное поведение крыс в условиях умеренного и сильного стресса. Возможно, как и в случае с КПЛ, это связано с переактивацией адаптационных ресурсов организма крыс, которая нивелирует отрицательные эффекты нитрата свинца [23].

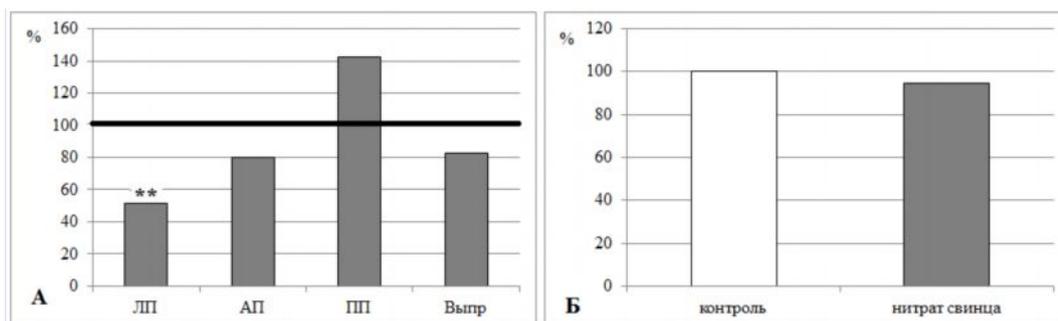


Рис. 4. Эффекты накопления нитрата свинца в организме крыс на их поведение в тесте Порсолта (А) и в тесте «подвешивание за хвост» (Б)

Примечание: ЛП – латентный период первого зависания, АП – время активного плавания крыс, ПП – время пассивного плавания, Выпр – количество выпрыгиваний

Механизм наблюдаемого нами влияния нитрата свинца на уровень тревожности, по-видимому, определяется множественностью биологических эффектов оказываемых на нервную систему ионами свинца и нитрогруппой. Так, известно, что повышение содержания ионов свинца в организме изменяет про- и антиоксидантный статус [11, 14, 24–26] нервных клеток мозга и состав содержащихся в них жирных кислот [27], нарушает транспорт натрия [28], калия [29] и кальция [30–32] через мембрану нейронов и процессы внутриклеточной Ca^{2+} -сигнализации [26, 31, 32], истощает запасы аденозинтрифосфата [26]. Обычно подобные изменения приводят к клеточной гибели [10, 14, 25, 26, 31, 32]. Такие эффекты могут быть обусловлены и взаимодействием катионов свинца с потенциалзависимыми ионными каналами [28, 31], угнетающим влиянием свинца на активность лизосомальных и цитоплазматических пептидаз нейронов [13] и отрицательным воздействием на функционирование медиаторных систем мозга, в частности, дофаминергической [3, 14, 34, 36], серотонинергической [14, 35, 36] и ГАМКергической [34], играющих важную роль в патогенезе тревоги и депрессии [17–19]. Следует отметить, что некоторые авторы сообщают и о способности ионов свинца оказывать замедляющее и блокирующее влияние на передачу сигналов в холинэргических синапсах [14, 36, 37]. Кроме того изучаемая соль свинца, как нитрат, может быть источником NO-радикалов в организме и вызывать гипоксию тканей мозга вследствие нарушения транспорта кислорода кровью и угнетения активности ферментных систем, принимающих участие в тканевом дыхании [37–40]. Естественно, следует ожидать, что все эти эффекты могут лежать в основе наблюдаемого изменения поведения крыс. Исходя из многообразия возможных воздействий нитрата свинца на нервную систему, мы считаем, что для более точного определения основных мишеней этого соединения в нервной системе необходимы дальнейшие исследования его нейротропных и психотропных эффектов.

ВЫВОД

В целом выявлено, что повышение содержания нитрата свинца в организме крыс оказывает неодинаковое влияние на различные формы поведения животных: снижает двигательную активность и повышает тревожное поведение в условиях слабого и умеренного стресса, однако, может снижать тревожность при сильном стрессе. Также показано отсутствие существенного влияния нитрата свинца на депрессивное состояние животных при умеренном и сильном стрессе. Возможно, что наблюдаемые изменения поведения могут происходить и у людей, в организме которых по тем или иным причинам произошло накопление нитрата свинца.

Список литературы

1. Ибрагимова Э.Э. Экологическая и фитотоксическая оценка загрязнения сельскохозяйственных почв Крыма пестицидами и солями тяжёлых металлов / Э.Э. Ибрагимова, Д.В. Балчишева, Э.Р. Алиев // *Экология та ноосферология*. – 2006. – Т. 17, № 1-2. – С. 113-121.
2. Лапшин В.Б. Тяжёлые металлы, алюминий и мышьяк в аэрозолях Атлантического, Северного Ледовитого океанов и европейских морей России / В.Б. Лапшин, М.А. Чичаева, И.С. Матвеева [и др.] // *Исследовано в России*. – 2010. – Т. 14. – С. 393-403.
3. Лоева І.Д. Сучасний екологічний стан Чорного та Азовського морів / І.Д. Лоева, І.Г. Орлова, М.Ю. Павленко // *Причорном. екол. бюл.* – 2008. – Т. 30, № 4. – С. 26-36.
4. Романов А.С. Влияние физико-химических характеристик донных осадков на распределение микроэлементов на примере бухт Севастополя (Чёрное море) / А.С. Романов, Н.А. Орехова, О.Г. Игнатъева [и др.] // *Экология моря*. – 2007. – Вып. 73. – С. 85-90.
5. Себах Л.К. Современный уровень загрязнённости западной части Азовского моря / Л.К. Себах, Т.М. Панкратова, Т.М. Авдеева [и др.] // *Труды Южного НИИ морского рыбного хозяйства и океанографии*. – 1998. – Т. 44, № 1. – С. 78-82.
6. World Health Organisation. Inorganic and organic lead compounds / World Health Organisation, International Agency for Research of Cancer // *Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*. – 2006. – Vol. 87. – P. 16.
7. Greenwood N.N. Chemistry of the elements / N.N. Greenwood / Oxford : Butterworth-Heinemann, 1997. – 456 p.
8. Залата О.А. Корреляционные взаимоотношения характеристик ЭЭГ и содержания ряда микро- и макроэлементов (свинец, стронций, кальций) в организме детей 12-13 лет, проживающих в экокризисных регионах Украины / Залата О.А., Евстафьева Е.В., Трибрат А.Г. [и др.] // *Нейрофизиология / Neurophysiology*. – 2010. – Т. 42, № 5. – С. 442-450.
9. Евстафьева Е.В. Сравнительная оценка нейротропности следовых элементов в организме детей, проживающих в промышленных городах Украины / Е.В. Евстафьева, О.А. Залата, И.А. Евстафьева [и др.] // *Нейрофизиология / Neurophysiology*. – 2011. – Т. 43, № 3. – С. 290-292.
10. Carpenter D.O. Effects of metals on the nervous system of humans and animals / D.O. Carpenter // *Int. J. Occup. Med. Environ. Health*. – 2001. – Vol. 14, № 1. – P. 123-130.
11. Давыдова С.Л. Тяжёлые металлы как супертоксиканты XXI века / С.Л. Давыдова, Тагасов В.И. – М. : Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 2002. – 140 с.
12. Мудрый И.В. Тяжёлые металлы в окружающей среде и их влияние на организм / И.В. Мудрый, Т.К. Короленко // *Врачебное дело*. – 2002. – № 5/6. – С. 6-9.
13. Falkous J. Effect of neurotoxic metal ions in vitro on proteolytic enzyme activities in human cerebral cortex / J. Falkous, Harris J.B., Mantle D. // *Clin. Chim. Acta* – 1995. – Vol. 238, № 2. – P. 125-135.
14. Lidsky T.L. Lead neurotoxicity in children basic mechanisms and clinical correlates / T.L. Lidsky, J.S. Schneider // *Brain*. – 2003. – Vol. 126, № 2. – P. 5-19.
15. Mamei O. Neurotoxic effect of lead at low concentrations / O. Mamei, M.A. Caria, F. Metis // *Brain Res. Bul.* – 2001. – Vol. 55, № 2. – P. 269-275.
16. Буреш Я. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения. / Буреш Я.,

- Бурешова О., Хьюстон Дж. – М. : Высшая школа, 1991. – 399 с.
17. Калуев А.В. Роль ГАМК в патогенезе тревоги и депрессии / А.В. Калуев // *Нейронауки*. – 2006. – Т. 2, № 4. – С. 29-41.
 18. Исмаилова Х. Ю. Индивидуальные особенности поведения: (моноаминергические механизмы) / Х.Ю. Исмаилова, Т.М. Агаев, Т.П. Семёнова. – Баку: Нурлан, 2007. – 228 с.
 19. Калуев А.В. Нейротропные эффекты бензилпенициллина в экспериментальных моделях стресса у крыс: дис. канд. биол. наук: 03.00.13 : Калуев Алан Валерьевич. – К., 2002. – 150 с.
 20. Лапин И.П. Нейрохимическая мозаика тревоги и индивидуализация психофармакологии / И.П. Лапин // *Тревога и обсессии*. – М. : Изд. РАМН, 1998. – С. 12-20.
 21. Лапин И.П. Уменьшение частоты выглядываний из темного отсека – единственный постоянный показатель влияния анксиогенов на поведение мышей в камере «свет-темнота» / И.П. Лапин // *Журн. высш. нерв. деят.* – 1999. – Т. 49, № 3. – С. 521-526.
 22. Porsolt R.D. Depression: a new animal model sensitive to antidepressant treatments / R.D. Porsolt, M. Le Pinchon, M. Jalfre // *Nature*. – 1977. – Vol. 266, № 5604. – P. 730-732.
 23. Гаркави Л.Х. Антистрессорные реакции и активационная терапия / Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Кузьменко Т.С. – М.: Имедис, 1998. – 566 с.
 24. Кравцов А.А. Пренатальное воздействие ацетата свинца на антиоксидантную глутатионовую систему головного мозга новорожденных крысят *in vivo* и на нейритный рост *in vitro* / А.А. Кравцов, А.Я. Шурыгин, Л.В. Шурыгина [и др.] // *Нейрохимия*. – 2009. – Т. 26, № 3. – С. 225-231.
 25. Black R.S. Influence of silver, mercury, lead, cadmium, and selenium on glutathione peroxidase and transferase activities in rats / R.S. Black, P.D. Whanger, M.J. Tripp // *Biol. Trace Elem. Res.* – 1979. – Vol. 1, № 4. – P. 313-324.
 26. Flora F.G. Reversal of lead-induced neuronal apoptosis by chelation treatments in rats: role of reactive oxygen species and intracellular Ca²⁺ / F.G. Flora, G. Saxena, A. Mentha // *J. Pharmacol. Exp. Ther.* – 2007. – Vol. 322, № 1. – P. 108-116.
 27. Lim S.Y. Lead exposure and (n-3) fatty acid deficiency during rat neonatal development after liver, plasma, and brain polyunsaturated fatty acid composition / S.Y. Lim, J.D. Doherty, N. Salem // *J. Nutr.* – 2005. – Vol. 135, № 5. – P. 1027-1033.
 28. Osipenko O.N. Lead ions close steady-state sodium channels in *Helix* neurons / O.N. Osipenko, J. Györi, T. Kiss // *Neurosci.* – 1992. – Vol. 50, № 5. – P. 483-489.
 29. Alvarez J. Inhibition of Ca²⁺-dependent K⁺ channels by lead in one-step inside-out vesicles from human cell membranes / J. Alvarez, J. García-Sancho, B. Herreros // *Biochim. Biophys. Acta.* – 1986. – Vol. 857, № 2. – P. 291-294.
 30. Стародумов В.Л. Дефицит нутриентов как возможное условие развития интоксикации, вызванной воздействием малых доз свинца / В.Л. Стародумов // *Гигиена и санитария*. – 2003. – № 3. – С. 60-62.
 31. Чекунова М.П. Роль конкуренции металлов с ионами кальция в механизме токсического специфического действия / М.П. Чекунова, Н.А. Минкина // *Гигиена и санитария*. – 1989. – №3. – С. 67-69.
 32. Simons T.J. Cellular interactions between lead and calcium / T.J. Simons // *Br. Med. Bul.* – 2006. – Vol. 442. – P. 877-878.
 33. Effect of combined lead and cadmium exposure: changes in schedule-controlled responding and in dopamine, serotonin, and their metabolites / J.R. Nathon, G.D. Frye, J. von Stultz [et al.] // *Behav. Neurosci.* – 1989. – Vol. 103, № 5. – P. 1108-1114.
 34. Struzynska L. The effect of lead on dopamine, GABA and histidine spontaneous and KCl-dependent releases from rat brain synaptosomes / L. Struzynska, U. Rafalowska // *Acta Neurobiol. Exp. (Wars)*. – 1994. – Vol. 54, № 3. – P. 201-207.
 35. Cupo M.A. Effect of lead and niacin on growth and serotonin metabolism in chicks / M.A. Cupo, W.E. Donaldson // *J. Nutr.* – 1988. – Vol. 118, № 1. – P. 117-113.
 36. Рихальський О.В. Блокування іонами свинцю ацетилхолініндукованих струмів у нейронах верхнього шийного ганглія щура / О.В. Рихальський, О.Е. Пурнинь, В.Ю. Маслов // *Нейрофізіологія / Neurophysiology*. – 2004. – Т. 36, № 1. – С. 87-88.
 37. Пурнинь Е.Э. Действие ионов свинца на синаптические ответы нейронов симпатического ганглия крысы / Е.Э. Пурнинь, И.Н. Ремизов, О.В. Рихальський [и др.] // *Нейрофізіологія /*

- Neurophysiology. – 2001. – Т. 33, № 5. – С. 329-334.
38. Журавлёв В.Ф. Токсичность нитратов и нитритов / В.Ф. Журавлёв, М.М. Цапков // Гигиена и санитария. – 1983. – № 1. – С. 60-69.
39. Лановенко О.Г. Екологічна оцінка впливу нітратів і нітритів у продуктах харчування на організм людини / О.Г. Лановенко, С.Ю. Івонінська // Науковий вісник МДУ ім. В.О. Сухомлинського. – 2009. – Т. 24, № 4 (1). – С. 141-143.
40. Zuch C.L. Low-level lead exposure selectively enhances dopamine overflow in nucleus accumbens: an in vivo electrochemistry time course assessment / C.L. Zuch, D.J. O Mara, D.A. Cory-Slechta // Toxicol. Appl. Pharmacol. – 1998. – Vol. 150, № 1. – P. 174-185.

Коренюк І.І. Вплив нітрату свинцю на поведінку щурів. / І.І. Коренюк, Т.В. Гамма, І.В. Черетась, О.В. Катюшина, Д.Р. Хусаїнов, А.М. Ляміна, С.І. Джапарова, Е.Т. Ісмаїлова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 130-137.

У стрес-тестах різної аверсивності показано, що після введення тваринам нітрату свинцю протягом тижня в дозі 100 мг/кг відбувається пригнічення локомоторної активності щурів, збільшення рівня їх тривожності при слабкому і помірному стресі, а при сильному - навпаки, зниження. У той же час не виявлені істотні зміни депресивної поведінки при помірному та сильному стресі. Розглянуті можливі механізми психотропної дії нітрату свинцю.

Ключові слова: свинець, поведінка, депресія, тривожність.

Korenjuk I.I. Influence of lead nitrate on behaviour of rats / I.I. Korenyuk, T.V. Gamma, I.V. Cheretayev, O.V. Katyushina, D.R. Husainov, A.M. Lyamina, S.I. Dgaparova, E.T. Ismailova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 130-137.

In stress-tests with different averssion it is shown that introduction of lead nitrate during a week in a dose 100 mgs/kg by the animal take place oppressing their locomotor activity, increase of their anxiety level at weak and moderate stress and at strong, - vice versa, decline. At the same time the reliable changes of the the depressed behavior are not educed at moderate and strong stress. The possible mechanisms of lead nitrate psychotropic action are considered.

Keywords: lead, behavior, depression, anxiety.

Поступила в редакцію 15.11.2011 г.

УДК 577.35:611.817.1:612.822.3 577.38

БИОФИЗИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ СТРУКТУРОЗАВИСИМОСТИ ВЫХОДНЫХ СИГНАЛОВ НЕЙРОНОВ ПУРКИНЬЕ. МОДЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

Кулагина И.Б., Корогод С.М.

*Международный центр молекулярной физиологии (Днепропетровское отделение) НАН
Украины, Днепропетровск, Украина
E-mail: kulagina_iryana@yahoo.com*

На компьютерных моделях изучена связь паттернов выходного разряда нейронов Пуркинье с морфологической и электротонической структурой их реконструированных дендритных разветвлений в условиях тонической активации возбуждающих синапсов. Обнаружено, что простым периодическим паттернам (повторяющимся потенциалам действия или их пачкам), генерируемым при высокой и низкой интенсивностях синаптической активации, соответствовали синхронные, сдвинутые по фазе колебания мембранной деполяризации в метрически асимметричных дендритных поддеревьях, отличающихся электрическими передаточными характеристиками. Асинхронные деполяризационные процессы в асимметричных поддеревьях соответствовали сложным периодическим и аperiodическим паттернам (множественным пачкам разной структуры), генерируемым при промежуточных интенсивностях активации.

Ключевые слова: дендриты, метрическая асимметрия, потенциалзависимые ионные проводимости, синаптическая активация, временные и пространственные электрические паттерны.

ВВЕДЕНИЕ

Важная роль дендритов в функционировании нервных клеток известна и общепризнана давно [1]. Со временем, однако, существенно менялись представления о механизмах, обеспечивающих выполнение этой роли дендритами, принимающими сигналы от более чем 90% многотысячных синаптических входов, поступающих к центральному нейрону. Ранее доминировавшие представления об исключительно пассивной передаче электрических сигналов от дендритных синапсов к соме, в области которой расположена, так называемая, триггерная зона – источник выходного сигнала нейрона [2], в последние десятилетия уступили место представлениям об активной передаче, обеспечиваемой потенциалзависимыми ионными каналами, обнаруженными в дендритной мембране практически всех исследованных типов центральных нейронов [3]. Исследования на моделях нейронов, построенных с использованием компьютерной реконструкции прижизненно окрашенных дендритных разветвлений, показали, что дендритная геометрия существенно влияет как на передачу синаптических сигналов к соме [4–6], так и на паттерны выходного разряда потенциалов действия [7–9]. Известно, что дендриты нейронов разных типов отличаются по таким морфометрическим признакам, как сложность ветвления,

определяемая общим количеством ветвей, размер (протяженность) и метрическая асимметрия, обусловленная различием длин и/или диаметров сестринских ветвей и поддеревьев [9]. Модельные исследования на отличающихся по этим показателям реконструированных пирамидных нейронах глубинных и поверхностных слоев новой коры показали возможность генерации зависимых от дендритной геометрии выходных паттернов разной сложности при разной интенсивности пространственно однородной тонической активации возбуждающих синапсов, распределенных на дендритах [9, 10]. При этом обнаруживался соответствующий каждому временному паттерну своеобразный пространственный «автограф» в виде характерной комбинации электрических состояний асимметричных ветвей и поддеревьев. По сравнению с неокортикальными пирамидными нейронами, нейроны Пуркинье мозжечка имеют дендритное разветвление существенно меньшего размера, хотя и весьма сложное, с большим количеством разных типов ионных каналов, населяющих дендритную мембрану [7, 11–13]. В связи с этим возникают вопросы о возможных функциональных последствиях указанных морфологических и биофизических особенностей дендритных разветвлений нейронов Пуркинье. Это касается, в частности, структуро-зависимых электрических передаточных характеристик дендритов, временных паттернов выходного разряда и их электрических «пространственных автографов», а также отличий названных функциональных проявлений у нейронов Пуркинье от ранее описанных у неокортикальных пирамидных нейронов в аналогичных условиях распределенного тонического возбуждения разной интенсивности. Выяснение этого вопроса и было задачей данного исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Модели нейронов Пуркинье включали в себя морфологически сложные дендритные разветвления, структура которых была получена в результате компьютерной реконструкции физиологически идентифицированных и прижизненно окрашенных клеток, а также стандартизованные сому и миелинизированных аксон. Структурные характеристики моделируемых клеток были получены и подробно описаны в наших предыдущих работах [9, 14]. В данной работе использованы модели двух типов, которые отличались пассивными (линейными) или активными (нелинейными) мембранными свойствами.

Модели с пассивной мембраной имели следующие параметры. Удельное сопротивление цитоплазмы $R_a = 250 \text{ Ом}\cdot\text{см}$ было однородным по всей клетке [11–13]. Емкость единицы поверхности мембраны была $C_m = 0.8 \text{ мкФ}/\text{см}^2$ в соме и дендритных ветвях без шипиков или $C_m = 1.5 \text{ мкФ}/\text{см}^2$ в дендритных ветвях с шипиками [11–13]. В аксонном холмике, начальном сегменте аксона и перехватах Ранвье удельные емкость и проводимость мембраны были $C_m = 0.75 \text{ мкФ}/\text{см}^2$ и $G_m = 0.033 \text{ мС}/\text{см}^2$, соответственно, а на миелинизированных участках аксона эти параметры были $C_m = 0.04 \text{ мкФ}/\text{см}^2$ и $G_m = 20 \text{ мС}/\text{см}^2$, соответственно. Изменяя однородную удельную электропроводность дендритной мембраны $G_m = 1/R_m$, имитировали разные уровни интенсивности тонической синаптической активации, однородно распределенной по дендритному разветвлению.

В мембране моделей с активными (нелинейными) свойствами присутствовали потенциалзависимые ионные каналы, которые ранее использовались в моделях нейронов Пуркинье как характерные для данного типа клеток [11–13]. Электрические свойства дендритов модельных нейронов, использованных в данной работе, подробно описаны нами ранее [14–16]. В дополнение к набору каналов, использовавшемуся в наших предыдущих работах [14, 15], в рассматриваемую здесь модель были дополнительно включены каналы, обеспечивающие генерацию быстрых электрических процессов, в частности потенциалов действия и их пачек [9, 13]. Вкратце, полный перечень каналов плазмолеммы дендритов включал: каналы входящего Ca^{2+} тока Р-, Е- и Т-типов, выходящего калиевого тока задержанного выпрямления, А-, D-, и М-типов, низкопорогового и высокопорогового Ca^{2+} -зависимых токов, неспецифического тока утечки [11–13]. Мембранные свойства стандартизованных сомы, аксонного холмика, начального сегмента аксона и миелинизированного аксона подробно описаны нами ранее в работах [10]. Сомы, аксонный холмик и начальный сегмент аксона наряду с перечисленными выше проводимостями, характерными для дендритов, содержали также калиевую неинактивирующуюся проводимость задержанного выпрямления с кинетикой типа Ходжкина-Хаксли [17, 18]. Миелинизированные сегменты аксона включали в себя пассивную проводимость утечки с очень низким значением, а перехваты Ранвье – быструю инактивирующуюся натриевую проводимость [17, 18] и пассивную проводимость утечки. Сомы и дендриты также включали в себя механизм регуляции внутриклеточной кальциевой динамики, который учитывал поступление Ca^{2+} в примембранный слой цитоплазмы через кальциевые каналы и удаление его (суммарным действием насосов и диффузии вглубь цитозоля) с определенной постоянной времени [13–15].

Пассивные передаточные свойства реконструированных разветвлений характеризовали функцией относительной эффективности соматопетальной передачи тока $T(x)$ [19], дающей сравнительную передаточную характеристику дендритных участков, расположенных на разных расстояниях x от сомы (триггерной зоны). Эту функцию, определяющую относительное количество заряда, достигающего сомы при инъекции одинакового тока (например, синаптического) в указанные участки, рассчитывали при разных значениях пассивной проводимости дендритной мембраны.

Протокол вычислительных экспериментов на моделях с активными мембранными свойствами включал в себя тоническую активацию распределенных на дендритном разветвлении возбуждающих синапсов. Различным уровням интенсивности такой синаптической активации соответствовали определенные значения удельной синаптической проводимости G_s , (отнесенные к единице площади мембранной поверхности мС/см²), которые были постоянными во времени и однородными по пространству дендритов. Варьированием G_s получали паттерны выходного разряда различной сложности как периодические, так и аperiodические, стохастические (см. ниже - Результаты).

Все описанные выше модели были нами построены и исследованы с помощью программной среды NEURON [20].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Динамическая электрическая структура нейронов

В первой серии вычислительных экспериментов анализировали пассивную электрическую структуру реконструированных дендритных разветвлений нейронов Пуркинью, представленную графиками функции относительной эффективности соматопетальной передачи тока $T(x)$. Как известно, эта функция тождественна функции соматодугальной передачи напряжения для пассивных дендритных разветвлений любой структуры [21, 22], а потому является также передаточной характеристикой дендритов по напряжению. Такой анализ позволил определить в составе дендритных разветвлений те поддеревья, которые, благодаря своим морфометрическим особенностям, существенно отличались своими передаточными электрическими характеристиками, а, значит, могли находиться в разных электрических состояниях при генерации сложных выходных паттернов [9]. Рис. 1 иллюстрирует типичный результат на примере реконструированного разветвления одного из нейронов (изображен на А). Представленные здесь (рис. 1-Б) функции $T(x)$ были рассчитаны при разных значениях пассивной проводимости мембраны: 0.1, 0.3 и 1 мС/см². Характерными были наблюдаемые группировки электрических профилей $T(x)$ (охвачены эллипсами 1, 2 и 3 на Б), что свидетельствовало о наличии в дендритном разветвлении групп ветвей и маршрутов (охвачены соответствующими эллипсами на А), которые отличались внутригрупповым сходством и межгрупповым различием передаточных свойств [9]. Наиболее и наименее протяженные поддеревья 1 и 3 имели, соответственно, наименьшую и наибольшую эффективности соматопетальной передачи тока (ср. группы электрических профилей 1 и 3), тогда как поддерево промежуточной протяженности 2 характеризовалось, соответственно, промежуточным уровнем передаточной эффективности (группа 2 профилей $T(x)$). Тем самым, и у данного типа нейронов обнаруживалась общая закономерность: метрически асимметричные поддеревья существенно отличались друг от друга по эффективности электрической передачи. Именно на таких, выделенных с помощью отмеченных выше различий функции $T(x)$ асимметричных поддеревьях было сосредоточено внимание в дальнейших исследованиях электрических пространственных коррелятов различных временных паттернов, генерируемых на выходе нейрона. Еще одним характерным результатом была различная степень расхождения групп электрических профилей при разных значениях электропроводности мембраны.

Это расхождение было наибольшим при определенном промежуточном значении данного параметра (в иллюстрируемом примере – среднее семейство профилей при 0.3 мС/см²). При меньшем значении мембранной проводимости (0.1 мС/см²) профили $T(x)$ становились более компактными (верхнее семейство на рис. 1-Б), указывая на большее сходство электрических передаточных свойств. При значении, на порядок большем (1 мС/см²), 1-я и 2-я группы профилей были также более компактны, чем в случае проводимости 0.3 мС/см², а 3-я группа, соответствовавшая наиболее короткому поддереву, существенно отдалялась от первых двух групп, соответствовавших в целом более длинным, но все же разновеликим поддеревьям (см. А).

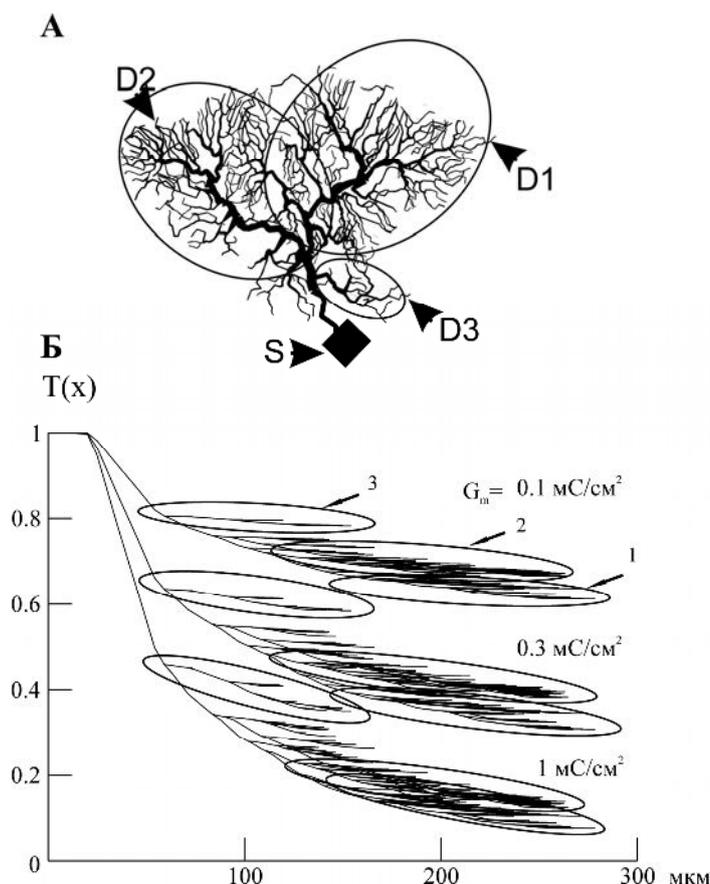


Рис.1. Вызванное метрической асимметрией расхождение передаточных электрических характеристик асимметричных поддеревьев реконструированного дендритного разветвления нейрона Пуркинье мозжечка.

Вверху – реконструированное разветвление с указанием основных асимметричных поддеревьев (охвачены эллипсами) и расположенных на них точек отведения мембранного потенциала на рис. 3 (указаны стрелками D1, D2 и D3). Внизу: ордината – функция относительной эффективности соматопетальной передачи тока $T(x)$ (безразмерная), абсцисса – маршрутное расстояние от сомы (мкм). Охваченные эллипсами группы профилей 1-3 соответствуют поддеревьям 1-3, указанным на вставке вверху. Три семейства профилей соответствуют значениям однородной мембранной проводимости $G_m = 0.1, 0.3$ и 1 мС/см^2 , указанным рядом с графиками.

Таким образом, обусловленные метрической асимметрией электрические различия поддеревьев есть общим и «робустным» феноменом, а то, насколько он является выраженным, зависит как от асимметрии и общего размера разветвления, так и от диапазона значений мембранной проводимости. Эти обстоятельство следует учитывать при анализе структурозависимых особенностей динамических электрическую паттернов, поскольку проводимость мембраны, особенно при

наличии потенциал-зависимых каналов, может варьировать в широком диапазоне при активности нейронов.

2. Паттерны при различной интенсивности синаптической активации

В последующих сериях вычислительных экспериментов исследовали репертуар электрической активности модельных нейронов Пуркинье мозжечка с реконструированной геометрией и активными свойствами мембраны дендритного разветвления при разных интенсивностях тонической активации возбуждающих синапсов, однородно распределенных на дендритах. При синаптической активации допороговой интенсивности в дендритах развивалась пространственно неоднородная стационарная деполяризация, которая была наибольшей в самых дистальных участках и спадала в направлении сомы с различной крутизной вдоль равновеликих дендритных маршрутов (не иллюстрируется). Эта деполяризация была недостаточна для генерации распространяющихся потенциалов действия, и поэтому такой тип электрической активности не относится к выходным паттернам, т.е. таких, которые передаются другим клеткам.

Типичный репертуар паттернов разряда потенциалов действия, генерируемых на выходе реконструированных модельных нейронов Пуркинье, представлен на Рис. 2 на примере той же клетки, морфологическая и пассивная электрическая структуры которой изображены Рис. 1.

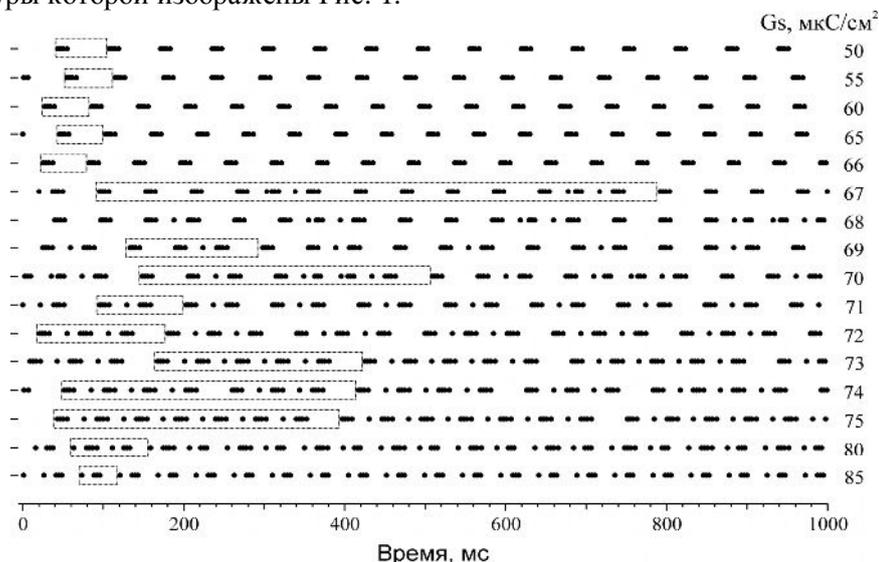


Рис.2. Растровые диаграммы временных последовательностей (паттернов) импульсной активности, генерируемой на выходе нейрона Пуркинье при разных интенсивностях однородно распределенной по дендритному разветвлению тонической активации возбуждающих синапсов. Каждая точка диаграммы соответствует моменту пика потенциала действия. Активацию синапсов моделировали внесением однородной синаптической электропроводности (указана в $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ около соответствующих записей). Прямоугольники охватывают повторяющиеся последовательности потенциалов действия и/или их пачек.

У данной клетки порог генерации выходного разряда потенциалов действия достигался при синаптической проводимости 47 мкС/см^2 . При значениях синаптической проводимости (интенсивности синаптической активации) от пороговой до 66 мкС/см^2 паттерн представлял собой последовательность пачек из четырех потенциалов действия - квадруплетов. Чем больше была синаптическая интенсивность в указанном диапазоне, тем больше были частоты пачек и импульсов в пачке (короче были межпачечные и внутривпачечные межимпульсные интервалы). Эти паттерны рассматривались как относящиеся к одному и тому же типу, но отличающиеся временными параметрами. При дальнейшем увеличении синаптической интенсивности в очень узком диапазоне от 66 до 67 мкС/см^2 происходило резкое усложнение паттерна: увеличивалось количество элементарных событий (пачек потенциалов действия) в повторяющейся последовательности и продолжительность такой последовательности. Так, например, при интенсивности 67 мкС/см^2 повторяющаяся последовательность включала 13 событий: события 1-5 – пять квадруплетов; 6 - комплекс спайк-квадруплет; 7-11 – вновь последовательно пять квадруплетов; 12 - спайк-триплет и 13 - спайк-квадруплет. Продолжительность этой повторяющейся последовательности (соответственно и длительность периода повторения) составляла около 700 мс. При 68 мкС/см^2 повторяющаяся последовательность вообще не выявлялась из-за значительной изменчивости последовательных элементарных событий, так что наблюдаемую активность в этом случае можно было квалифицировать как квазистохастическую (возможный пример детерминистического хаоса). При увеличении синаптической проводимости более 68 мкС/см^2 снова можно было выявить определенные повторяющиеся последовательности элементарных событий, которые составляли более или менее сложные композиции. Так, при 69 мкС/см^2 повторяющаяся последовательность состояла из трех пачек: двух квадруплетов и одного комплекса спайк-квадруплет. При 70 мкС/см^2 повторялась последовательность из 7 пачек: 1-2 - квадруплеты, 3 - комплекс спайк-квадруплет; 4 - квадруплет; 5-6 - два комплекса спайк-триплет с несколько различными межимпульсными интервалами, и, наконец, 7 - комплекс спайк-квадруплет. При 71 мкС/см^2 повторялись квадруплет и следующий за ним комплекс спайк-квадруплет. При дальнейшем увеличении синаптической интенсивности, повторяющаяся последовательность вновь усложнялась от 5 до 7 событий. Так, при 75 мкС/см^2 повторяющаяся последовательность включала 5 7 элементарных событий: 1 - квадруплет и шесть (события 2-7) следующих комплексов спайк-квадруплет (длительность последовательности около 380 мс, а интервал от последнего спайку предыдущей последовательности до первого спайка следующей - около 40 мс). Начиная с интенсивности 78 мкС/см^2 , повторяющаяся последовательность существенно упрощалась до двух повторяющихся комплексов: спайк-квадруплет и спайк-триплет (см. например – при 80 мкС/см^2). Дальнейшее увеличение синаптической интенсивности сопровождалось дальнейшим упрощением повторяющейся последовательности, которая в широком диапазоне значений включала только одно элементарное событие. Так, при значениях синаптической проводимости от 85 (последняя растровая диаграмма на рис. 2) до 700 мкС/см^2 этим повторяющимся событием был комплекс спайк-триплет. При

2 мС/см² - спайк-дублет. При 5 мС/см² наблюдалась непрерывная импульсная активность с периодом, модулированным синусоидальными колебаниями с частотой такой же, как частота колебаний мембранного потенциала дендритов. При 7 мС/см² в такой непрерывной активности период (т. е. межимпульсный интервал) уже оставался неизменным, а в дендритах в это время наблюдалась стойкая деполяризация высокого уровня.

Таким образом, условно можно было выделить три диапазона интенсивности распределенной тонической синаптической активации, в которых наблюдались различные по сложности паттерны выходной активности. (1) Нижний диапазон (или состояние низкой мембранной проводимости), которых характеризовался относительно простыми паттернами, образованными низкочастотным периодическим повтором лишь одного определенного элементарного события. В иллюстрируемом случае это был диапазон от 47 до 65 мкС/см², а повторяющейся элементарной событием был квадруплет потенциалов действия с большей частотой следования при соответственно большей синаптической интенсивности. (2) Средний диапазон (или состояние промежуточной мембранной проводимости), для которого характерными были сложные паттерны, образованные периодическим повтором неединичных и различных по композиции элементарных событий. В иллюстрируемом примере это был диапазон от 66 до 80 мкС/см², в котором число повторяющихся элементарных событий сначала увеличивалось от 2 до 7-13, а далее уменьшалось до 2 при увеличении интенсивности в указанном выше диапазоне. Более разнообразными были и типы элементарных событий, которые встречались в повторяющихся последовательностях: это были и квадруплеты, и триплеты, и комплексы спайк-квадруплет или спайк-триплет. (3) Верхний диапазон (или состояние высокой мембранной проводимости), для которого были характерны также простые паттерны с однотипным повторяющимся элементарным событием, но более высокочастотные, в отличие от первого (нижнего) диапазона. В иллюстрированном здесь примере верхний диапазон соответствовал синаптической проводимости, превышавшей 80 мкС/см². Повторяющимся элементарным событием был комплекс спайк-триплет (поддиапазон от 80 до 700 мкС/см²), или, при большей интенсивности, спайк-дублет, или простой дублет, или наконец спайк (т.е. паттерн представлял собой непрерывную активность).

3. Пространственные автографы

Как показывает Рис. 3, во время генерации на выходе нейрона разных по сложности временных паттернов, существенно по-разному изменялись характеризующие уровень мембранной деполяризации электрические состояния асимметричных поддереьев.

Во время генерации на выходе простых периодических паттернов в виде повторяющегося с постоянными интервалами времени квадруплета (при низкой синаптической интенсивности 50 мкС/см² – рис. 3-А) или комплекса «спайк-триплет» (при высокой интенсивности 85 мкС/см² – рис. 3-В), деполяризация в точках асимметричных поддереьев развивалась синхронно (с тем же периодом повторения), достигая близкой по величине амплитуды, однако с определенным

фазовым сдвигом. Так, при низкой интенсивности (50 мкС/см^2) предшествующая генерации квадруплета фаза медленного нарастания деполяризации в точке D1, принадлежащей поддереву 1, характеризующемуся наименьшей эффективностью соматопетальной передачи тока, опережала медленную деполяризацию в точке D2 и еще более ту, которая развивалась в точке D3. Иными словами, медленные деполяризационные процессы в точках поддереьев 2 и 1, которые характеризовались промежуточной и наибольшей эффективностями отставали от подобного процесса в точке D3 (ср. рис. 1). Что касается фаз быстрого нарастания и спада высокоамплитудной деполяризации, то они развивались наиболее рано в точке D3 и наиболее поздно - в D1. При высокой интенсивности (85 мкС/см^2) процессы медленного нарастания деполяризации в межпачечный интервал времени в рассматриваемых трех точках отличались мало, а при генерации как низкоамплитудного всплеска деполяризации (соответствовавшего первому импульсу в комплексе «спайк-триплет»), так и высокоамплитудной деполяризационной волны (соответствовавшей триплету), фазовые соотношения процессов в указанных точках были аналогичны описанным выше для интенсивности 50 мкС/см^2 , то есть события в D3 опережали таковые в D2 и D1.

Совершенно по-иному складывались соотношения электрических состояний в асимметричных поддереьях при генерации сложных, многопачечных паттернов как периодических (рис. 3-Б), так и аperiodических, стохастических (рис. 3-Г). В рассматриваемых точках асимметричных поддереьев волны деполяризации развивались асинхронно, а их амплитуды и фазы существенно отличались. При этом в каждой данной точке существенно варьировали амплитуды деполяризационных волн, соответствовавших разным пачкам в многопачечной повторяющейся последовательности. Рассматривая фрагмент сложного периодического паттерна, показанный на рис. 3-Б (синаптическая интенсивность 70 мкС/см^2), можно видеть, что при генерации третьей пачки (квадруплета) все сравниваемые точки D1, D2 и D3 находились в одинаковом состоянии высокой деполяризации, а при генерации последующего комплекса «спайк-триплет» точки D1 и D2 были в противоположных состояниях: начальная высокая деполяризация в D1 и низкая – в D2 инвертировались в конце комплекса (низкая деполяризация в D1 и высокая – в D2). В случае стохастического паттерна (Г, интенсивность 68 мкС/см^2) одинаковые и разные состояния асимметричных поддереьев возникали в случайной последовательности.

Описанные выше закономерности изменений сложности выходного паттерна, генерируемого модельным нейроном Пуркинье мозжечка, в целом оказались аналогичными наблюдавшимся в аналогичных условиях у пирамидных нейронов слоя 5 новой коры [9]. Основное отличие заключалось в том, что характерное усложнение выходного электрического паттерна, вплоть до генерации аperiodического (стохастического) разряда потенциалов действия, имело место при значениях внесенной удельной синаптической проводимости примерно на порядок больших, чем в случае модельных пирамидных нейронов. Следует отметить, что этот факт хорошо согласуется с результатами сравнительного анализа пассивной электрической структуры указанных нейронов: различия пассивных передаточных

характеристик асимметричных поддереьев у нейронов Пуркинье (рис. 1) и у пирамидных нейронов [9] имели сходную величину при существенно разных (отличающихся приблизительно на порядок) значениях пассивной мембранной проводимости.

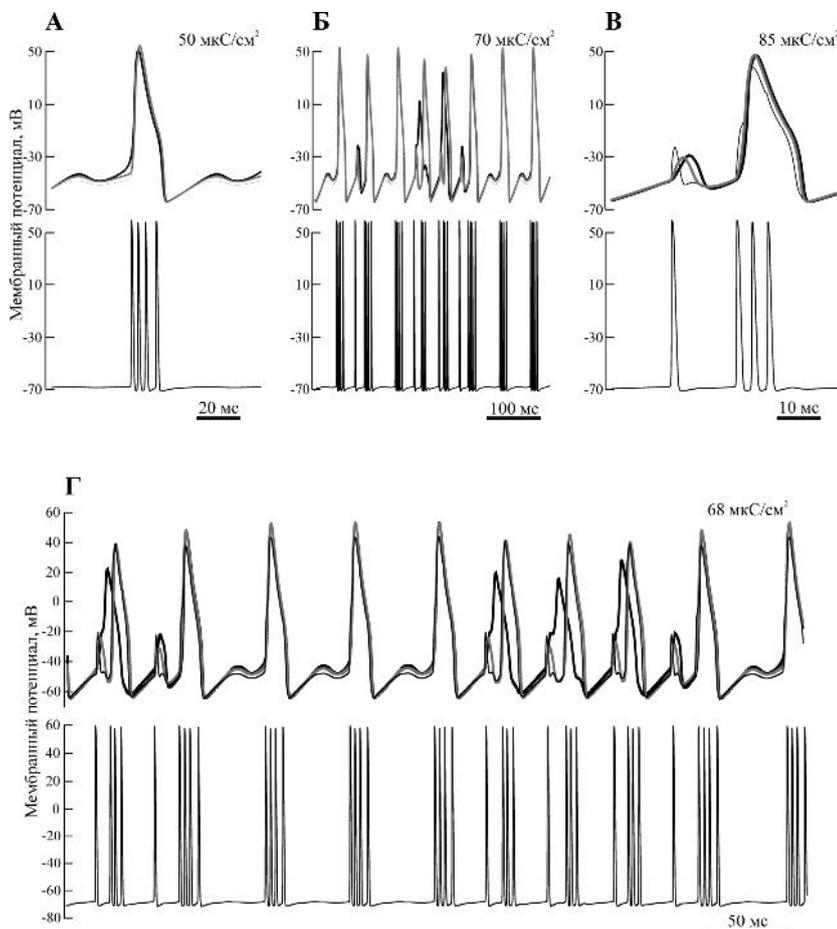


Рис.3. Изменения мембранного потенциала в точках, расположенных на трех асимметричных дендритных поддереьях (верхние записи), в процессе генерации разных паттернов импульсации на выходе нейрона (нижние записи). Толстые черная и серая, тонкая черная линии соответствуют отведениям от точек D1, D2 и D3, показанных на вставке рис.1. А-В – фрагменты периодических паттернов при низкой, промежуточной и высокой интенсивностях синаптической активации (50, 70 и 85 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$, соответственно); Г – фрагмент аperiodического, стохастического паттерна при промежуточной интенсивности активации 68 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$. Абсцисса – время, мс. Ордината – мембранный потенциал, мВ.

Сопоставление приведенных выше (рис. 2 и 3) результатов с описанными ранее пространственно-временными электрическими паттернами у неокортикальных пирамидных нейронов [9], позволяет отметить общие и особенные черты. Общими чертами являются синхронность и фазовые сдвиги переходов между состояниями высокой и низкой деполяризации в асимметричных поддеревьях при генерации простых периодических паттернов на выходе нейронов как одного, так и другого типа в условиях низкой и высокой интенсивности пространственно однородной тонической активации возбуждающих дендритных синапсов. Также общими чертами являются асинхронные переходы между состояниями высокой и низкой деполяризации в асимметричных поддеревьях при генерации на выходе сложных паттернов в условиях промежуточной интенсивности тонической синаптической активации. Присущие разным типам нейронам особенностями являются на порядок отличающиеся (меньшие у пирамидных нейронов, по сравнению с нейронами Пуркинье) уровни синаптической интенсивности, при которых наблюдались простые и сложные паттерны и соответствующие им синхронно или асинхронно изменяющиеся электрические состояния асимметричных дендритных поддеревьев.

ВЫВОДЫ

1. Существуют общие закономерности формирования паттернов разряда на выходе нейронов с морфологически сложными дендритными разветвлениями, мембрана которых обладает нелинейными (активными) электрическими свойствами.
2. Общим является существование трех специфических диапазонов интенсивности распределенной тонической синаптической активации, которым соответствуют высокая, промежуточная или низкая синаптическая мембранная проводимость. Высокая и низкая интенсивности (проводимости) определяют генерацию относительно простых периодических паттернов – повторяющегося с высокой или низкой частотой одного элементарного события в виде потенциала действия или группы (пачки) из нескольких потенциалов действия. Интенсивности (проводимости) в промежуточном диапазоне значений определяют генерацию сложных паттернов, образованных периодическим или аperiodическим возникновением нескольких различных по композиции элементарных событий (одиночных потенциалов действия, их дублетов, триплетов, квадруплетов).
3. Общим является также характер пространственных электрических состояний метрически асимметричных частей дендритного разветвления, сопровождающих генерацию выходных паттернов разной сложности. А именно, простым временным паттернам соответствуют более однородные пространственные электрические паттерны, обусловленные синхронными деполяризационными процессами в асимметричных поддеревьях. Сложным временным паттернам (с большим числом элементарных событий в повторяющейся последовательности) соответствуют неоднородные пространственные паттерны, возникновение которых обусловлено десинхронизацией переходов асимметричных поддеревьев между состояниями высокой и низкой деполяризации.

Список литературы

1. Ramon y Cajal S. Histologie du Systeme Nerveux du l'Homme et des Vertebres / Ramon y Cajal S. – Paris, 1911. – 79 p.
2. Rall W. Theoretical significance of dendritic trees for neuronal input-output relations. In: Neural Theory and Modelling / Rall W. – Stanford, 1964. – 73-97 pp.
3. Stuart G. Dendrites / Stuart G., Spruston N., Hausser M. – Oxford, 1999. – 376 p.
4. Bras H. Stochastic geometry and electrotonic architecture of dendritic arborization of a brainstem motoneuron / Bras H., Korogod S., Driencourt Y., et al. // Eur. J. Neurosci. – 1993. – V. 5. – P. 1405-1493.
5. Korogod S. Electrotonic clusters in the dendritic arborisation of abducens motoneurons in the rat / Korogod S., Bras H., Gogan P. et al. // Eur. J. Neurosci. – 1994. – V. 6. – P. 1517-1527.
6. Korogod S.M. Activity-dependent reconfiguration of the effective dendritic field of motoneurons / Korogod S.M., Kulagina I.B., Horcholle-Bossavit G. [et al.] // J. Comp. Neurol. – 2000. – V. 422, No 1. – P. 18-34.
7. Mainen Z.F. Influence of dendritic structure on firing pattern in model neocortical neurons / Mainen Z.F., Sejnowski T.J. // Nature. – 1996. – V. 382. – P. 363-366.
8. Fohlmeister J.F. Mechanisms by which cell geometry controls repetitive impulse firing in retinal ganglion cells / Fohlmeister J.F., Miller R.F. // J. Neurophysiol. – 1997. – V. 78, No. 4. – P. 1948-1964.
9. Korogod S.M. Electrical Dynamics of the Dendritic Space / Korogod S.M., Тyc-Dumont S. – Cambridge, 2009. – 224 p.
10. Кулагина И.Б. Структурозависимые электрические и концентрационные процессы в дендритах пирамидных нейронов поверхностных слоев новой коры: модельное исследование / Кулагина И.Б., Кукушка В.И., Корогод С.М. // Нейрофизиология/Neurophysiology. – 2011. – Т. 43, № 2. – 95-108 с.
11. De Schutter E. An active membrane model of the cerebellar Purkinje cell. 1. Simulation of current-clamps in slice / De Schutter E., Bower J.J. // Neurophysiol. – 1994a. – V. 71. – P. 375-400.
12. De Schutter E. An active membrane model of the cerebellar Purkinje cell. 2. Simulation of synaptic responses / De Schutter E., Bower J. // J. Neurophysiol. – 1994b. – V. 71. – P. 401-419.
13. Miyasho T. Low-threshold potassium channels and a low-threshold calcium channel regulate Ca²⁺ spike firing in the dendrites of cerebellar Purkinje neurons: a modeling study / Miyasho T., Takagi H., Suzuki H., et al. // Brain Res. – 2001. – V. 891. – P. 106-115.
14. Kulagina I.B. The electro-dynamics of the dendritic space in Purkinje cells of the cerebellum / Kulagina I.B., Korogod S.M., Horcholle-Bossavit G., et al. // Arch. Ital. Biol. – 2007. – V. 145, Nos. 3/4. – P. 211-233.
15. Kulagina I.B. Phase relationship between calcium and voltage oscillations in different dendrites of Purkinje neuron / Kulagina I.B. // Neurophysiology (Kiev). – 2008. V. 40, Nos. 5/6. – P. 477-485.
16. Новородовская Т.С. Структурная зависимость кальциевой динамики в дендритах нейрона Пуркиньи при генерации пачечных разрядов: Модельное исследование / Новородовская Т.С., Кулагина И.Б. // Нейрофизиология/Neurophysiology. – 2010. – Т. 42, № 1. – С. 67-80.
17. ModelDB: making models publicly accessible to support computational neuroscience / Migliore M., Morse T.M., Davison A.P. [et al.] // Neuroinformatics. – 2003. – V. 1, No 1. – P. 135-139.
18. A model of spike initiation in neocortical pyramidal neurons / Mainen Z.F., Joerges J., Huguenard J.R. [et al.] // Neuron. – 1995. – Vol. 15, No 6. – P. 1427-1439.
19. Barrett J.N. Influence of dendritic location and membrane properties on the effectiveness of synapses on cat motoneurons / Barrett J.N., Crill W.E. // J. Physiol. (Lond.). – 1974. – V. 239. – P. 325-345.
20. Carnevale N.T. The NEURON Book / Carnevale N.T., Hines M.L. – Cambridge, 2005. – 457 p.
21. Carnavale N.T. Electrophysiological characterization for remote chemical synapses / N.T. Carnavale, D. Johnston // J. Neurophysiol. – 1982. – Vol. 47. – P. 606-621.
22. Korogod S.M. Electro-geometrical coupling in non-uniform branching dendrites / S.M. Korogod // Biol. Cybern. – 1996. – V. 74. – P. 85-93.

Кулагіна І.Б. Біофізичні механізми структурозалежності вихідних сигналів нейронів Пуркін'є. Модельне дослідження / І.Б. Кулагіна, С.М. Корогод // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 138-150.

На комп'ютерних моделях вивчений зв'язок патернів вихідного розряду нейронів Пуркін'є з морфологічною і електротонічною структурою їх реконструйованих дендритних розгалужень в умовах тонічної активації збуджуючих синапсів. Виявлено, що простим періодичним паттернам (повторюваним потенціалом дії або їх пачками), що генерується при високій і низькій інтенсивності синаптичної активації, відповідали синхронні, зсунуті по фазі коливання мембранної деполяризації в метрично асиметричних дендритних піддеревах, що відрізняються електричними передавальними характеристиками. Асинхронні деполяризаційні процеси в асиметричних піддеревах відповідали складним періодичним і аперіодичним паттернам (множинним пачкам різної структури), що генеруються при проміжних інтенсивностях активації.

Ключові слова: дендрити, метрична асиметрія, потенціалозалежні іонні провідності, синаптична активація, часові та просторові електричні патерни.

Kulagina I.B. Biophysical mechanisms of dependence structure of Purkinje neuron discharge. Simulation study / I.B. Kulagina, S.M. Korogod // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 138-150.

On computer models studied communication patterns of the output discharge of Purkinje cells with the morphological and electrotonic structure of dendritic arborizations reconstructed under tonic activation of excitatory synapses. It was found that the simple periodic patterns (repetitive action potentials or bursts), generated at high and low intensity of synaptic activation, are consistent with synchronous, phase-shifted oscillations of membrane depolarization in metrically asymmetric dendritic sub-trees with different electrical transfer characteristics. Asynchronous depolarization processes in asymmetric sub-trees correspond to complex periodic and aperiodic patterns (multiple bursts of different structures) that are generated at intermediate intensities of activation.

Keywords: dendrites, metrical asymmetry, voltage-dependent ion conductivities, synaptic activation, the temporal and spatial electrical patterns.

Поступила в редакцію 12.11.2011 г.

УДК 655.523:504.054

**ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ
НА СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА *CUPRESSUS*
SEMPERVIRENS L.**

Марчук Н.Ю., Ежов В.Н.

*Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, Ялта, Украина
E-mail: marchuk_n@i.ua*

Исследовано изменение содержания и состава эфирного масла кипариса вечнозеленого под воздействием антропогенного загрязнения среды. Отмечено уменьшение содержания дитерпенов в эфирном масле из хвои и увеличение доли производных терпенов в эфирном масле из шишек.

Ключевые слова: *Cupressus sempervirens* L., эфирное масло, α -пинен.

ВВЕДЕНИЕ

В условиях повышенной плотности промышленных объектов и низкой эффективности очистных сооружений техногенное загрязнение становится одной из причин ослабления и усыхания зеленых насаждений городов, пригородных лесов. В связи с этим ранняя диагностика жизненного состояния растений приобретает важное практическое значение для предотвращения деградации насаждений и сохранения их средообразующих функций [1]. Воздействие на древесные растения различных стрессовых факторов (механическое повреждение, техногенные загрязнения, грибные болезни) вызывает ответную реакцию, прежде всего, на физиолого-биохимическом уровне, и уже затем развиваются видимые симптомы повреждения. Исходя из этого, эффективнее в качестве индикаторов использовать биохимические показатели [2]. Нередко в их качестве используют отдельные соединения в тканях, такие как аминокислоты, белки, углеводы и другие. Однако применение ограничивается рядом факторов, основными из которых являются существенная разнородность фондов первичного обмена и их сложная временная изменчивость не только в течение сезона, но и суток. В связи с этим, в настоящее время в качестве индикаторов состояния среды стали применять вторичные метаболиты [3–7].

Из вторичных метаболитов все большее распространение для оценки воздействия антропогенных факторов окружающей среды находят терпеноидные соединения ассимиляционного аппарата – эфирные масла [3, 8–10]. Установлено, что компоненты эфирного масла хвои сосны, в частности α -пинен, быстро реагируют на стрессовые воздействия загрязнений и являются оптимальными индикаторами ранней диагностики состояния деревьев [7].

Большое количество работ посвящены изучению вторичных метаболитов сосны обыкновенной (*Pinus silvestris* L.) [1, 5, 7, 10] и ели сибирской (*Picea obovata* Ledeb.)

[3, 4, 6]. Совершенно не изучен в этом отношении широко распространенный в условиях ЮБК кипарис вечнозеленый (*Cupressus sempervirens* L.), использующийся для озеленения дорог, парков и скверов, который также весьма чувствителен к загрязнению воздушной среды [11].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в мае 2010 г. Пробы хвои и шишек *C. sempervirens* отбирались у 50-летних деревьев, растущих в 1-2 м от полотна дороги на загазованном участке – на отрезке югобережного шоссе около Никитского сада. Контролем служили хвоя и шишки одновозрастных растений, находящихся в относительно чистых экологических условиях в арборетуме НБС-ННЦ. Для исследований брали образцы хвои и шишек с 10 опытных и контрольных растений. Эфирные масла выделяли методом гидродистилляции. После окончания перегонки и охлаждения отсчитывали объем отстоявшегося слоя эфирного масла и вычисляли его содержание в объемно-весовых процентах по отношению к воздушно-сырому сырью [12].

Состав эфирных масел определяли с помощью хроматографа Agilent Technology 6890 с масс-спектрометрическим детектором 5973, колонка HP-1 длиной – 30 м, внутренний диаметр – 0,25 мм. Температура термостата программировалась от 50 °С до 250 °С со скоростью 4 °С/мин. Температура инжектора – 250 °С, газ носитель – гелий, скорость потока 1 см³/мин. Перенос от газового хроматографа к масс-спектрометрическому детектору прогревался до 230 °С. Температура источника поддерживалась на уровне 200 °С. Электронная ионизация проводилась при 70 eV в ранжировке масс *m/z* от 29 до 450. Идентификация выполнялась на основе сравнения полученных масс-спектров с данными библиотеки NIST 05-WILEY (около 500000 масс-спектров).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что хвоя и шишки *C. sempervirens* содержат эфирное масло в различных концентрациях. Его содержание незначительно уменьшилось и в хвое (с 0,18 до 0,15%), и в шишках (0,7% трасса и 0,6% контроль). Это связано со снижением интенсивности биосинтеза фитоорганических веществ из-за загрязнения атмосферы [5].

В качественном составе эфирных масел изменения произошли в увеличении компонентов среди сесквитерпенов и производных терпенов (табл.1). Состав эфирного масла из хвои и шишек изменился по-разному. Если для эфирного масла, полученного из хвои, характерно увеличение доли сесквитерпенов и уменьшение доли производных терпенов, то для эфирного масла, экстрагированного из шишек, снижение содержания монотерпенов и увеличение производных терпенов.

Помимо этого отмечается перераспределение массовой доли в составе терпеноидов. Ожидаемого снижения α -пинена [10] в хвое не наблюдалось. Для состава эфирного масла из хвои наиболее значимыми являются снижение α -кедролола, эпиманоилоксида, 13(16),14-лабдадиен-8-ола на фоне роста доли Δ^3 -карена.

Для состава эфирного масла из шишек наиболее значимыми являются увеличение вклада γ -терпинена и терпинен-4-ола с одновременным уменьшением α -пинена.

Таблица 1.

Состав эфирного масла хвои и шишек *Cupressus sempervirens* L. на разных участках, % от суммы компонентов

Время выхода, мин	Компонент	Хвоя		Шишки	
		Контроль (НБС)	Трасса	Контроль (НБС)	Трасса
1	2	3	4	5	6
Монотерпены					
5.48	трициклен	0,289	0,313	0,278	0,230
5.61	α -туйен	0,307	0,300	0,471	0,614
5.87	α -пинен	49,590	49,013	41,769	37,002
6.11	α -фенхен	0,317	0,670	0,545	0,517
6.16	камфен		0,372	0,347	0,314
6.82	сабинен	0,667	1,019	3,159	3,445
6.90	β -пинен	2,620	2,549	1,958	1,719
7.31	мирцен	3,922	3,715	3,657	3,693
7.70	α -фелландрен				0,167
7.91	Δ^3 -карен	15,051	16,287	12,817	13,369
8.06	α -терпинен	0,201	0,211	0,650	1,148
8.32	пара-цимен	0,264	0,258	0,282	0,416
8.44	лимонен	4,517	4,208	2,615	2,935
9.37	γ -терпинен	0,427	0,435	1,099	1,896
10.32	терпинолен	2,776	3,379	3,695	4,209
Сумма монотерпенов		80,948	82,729	73,342	71,674
Сесквитерпены					
20.26	юнипен			0,264	0,161
20.43	α -кедрен	0,112	0,113	0,328	0,458
20.59	кариофиллен	0,159	0,306	0,903	0,631
21.19	β -кубебен		0,181		
21.34	α -гумулен	0,200	0,442	0,644	0,311
21.55	эпи-бициклосесквифелландрен		0,388		
21.83	α -аморфен			0,159	
21.92	гермакрен D	0,631	1,681	1,900	2,210
22.25	эпизонарен		0,190		0,183
22.72	δ -кадинен			0,313	0,229
22.73	каламенен		0,287		
23.82	кариофилленоксид			0,318	0,204
24.18	α -кедрол	4,831	3,639	3,011	3,630
24.34	кубенол	0,259			
24.79	эпи- α -кадинол		0,257	0,283	
25.00	α -кадинол	0,714	0,590	0,242	0,209
Сумма сесквитерпенов		6,906	8,074	8,365	8,226

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Дитерпены					
28.29	пимара-8(14),15-диен		1,187		
29.67	эпиманоиллоксид	3,268	1,465	0,422	0,347
30.41	абиета-8(14),9(11),12-триен	0,412	0,385	0,809	0,203
30.72	2-окси-12-метокси-19-нор-подокарпа-4,8,11,13-тетраен-3-он		0,977		
31.00	13(16),14-лабдадиен-8-ол	2,239	0,490	0,127	
31.31	8-окси-сандаракопимарен				0,086
32.93	трикозан		0,419		
33.25	тотарол	0,212	0,188	0,312	0,047
Сумма дитерпенов		6,131	5,111	1,67	0,683
Сумма терпенов		93,985	95,914	83,377	80,583
Производные терпенов					
11.45	цис-пара-мент-2-ен-1-ол				0,171
12.05	транс-пара-мент-2-ен-1-ол				0,124
12.17	камфора				0,084
12.33	цис-пара-мент-1,5-диен-8-ол				0,084
12.97	борнеол			0,722	0,513
13.31	терпинен-4-ол	0,711	0,715	5,873	8,978
13.78	α -терпинеол	0,431	0,366	1,879	2,054
16.90	борнилацетат		0,129	0,953	1,077
18.59	терпинен-4-ол ацетат	0,422	0,390	0,590	0,697
18.88	α -терпинилацетат	3,286	2,398	4,033	4,343
Сумма производных терпенов		4,85	3,998	14,05	18,125
Нетерпеновые соединения					
15.53	метилкарвакрол	0,244	0,087		
Сумма нетерпеновых соединений		0,244	0,087	0	0
Количественное содержание идентифицированных компонентов		99,079	99,999	97,427	98,708

ВЫВОДЫ

1. Под влиянием антропогенного загрязнения среды содержание эфирного масла в хвое и шишках *C. sempervirens* снижается.
2. Прогнозируемое уменьшение количества α -пинена нашло подтверждение только для эфирного масла шишек *C. sempervirens*.
3. Для определения влияния стресса лучше использовать содержание дитерпенов для эфирного масла из хвои и производных терпенов в эфирном масле из шишек *C. sempervirens*.

Список литературы

1. Сотникова О.В. Влияние аэрогенного загрязнения на рост и химический состав вегетативных органов сосны обыкновенной. Автореф. дис. канд. хим. наук. – Красноярск, 2004. – 20 с.

2. Биохимические индикаторы стрессового состояния древесных растений / Н.Е. Судаčkова, И.В. Шеин, Л.И. Романова [и др.]. – Новосибирск: Наука, 1997. – 176 с.
3. Есякова О.А. Ассимиляционный аппарат ели сибирской как индикатор загрязнения городской атмосферы / О.А. Есякова, В.М. Воронин, Р.А. Степень // Хвойные бореальной зоны. – 2008. – Т.25, № 1-2. – С. 109–112.
4. Неверова О.А. Химический состав хвои ели в условиях техногенного загрязнения г. Кемерово / О.А. Неверова // Сиб. экологический журн. – 2002. – № 1. – С. 59–65.
5. Сотникова О.В. Эфирные масла сосны как индикатор загрязнения / О.В. Сотникова, Р.А. Степень // Химия раст. сырья. – 2001. – № 3. – С. 79–84.
6. Степень Р.А. Влияние антропогенного загрязнения среды на содержание и состав эфирного масла хвои ели / Р.А. Степень, О.А. Есякова // Хвойные бореальной зоны. – 2007. – Т.24, № 1. – С.122–127.
7. Фуксман И.Л. Биохимические реакции *Pinus sylvestris* L. на действие стрессовых факторов / И.Л. Фуксман // Растительные ресурсы. – 2002. – Т. 38, вып. 2. – С.126–134.
8. Степень Р.А. Влияние техногенных выбросов на состояние пригородных лесов Красноярска / Р.А. Степень, Р.А. Коловский, Г.С. Калачева // Экология. – 1996 – № 6. – С. 410–414.
9. Степень Р.А. Летучие терпеноиды сосновых лесов / Р.А. Степень, С.М. Репях. – Красноярск: СибГТУ, 1998. – 406 с.
10. Фуксман И.Л. Содержание α -пинена в хвое сосны как оптимальный индикатор состояния древостоев в условиях техногенного загрязнения / И.Л. Фуксман // Экология. – 1999. – № 4. – С. 251–256.
11. Захаренко А.Н., Лукьянова Н.М. Влияние автомобильных выбросов на содержание пигментов некоторых голосеменных растений / А.Н. Захаренко, Н.М. Лукьянова // Труды Никит. ботан. сада. – 1989. – Т. 108. – С. 111–118.
12. Определение содержания эфирного масла в лекарственном растительном сырье // Государственная фармакопея СССР. – М.: Медицина, 1987. – Вып. 1. – С. 290-295.

Марчук Н.Ю. Вплив антропогенного забруднення середовища на зміст і склад ефірної олії *Cupressus sempervirens* L. / Н.Ю. Марчук, В.М. Єжов // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 151-155.

Досліджено зміну вмісту та складу ефірної олії кипариса вічнозеленого під впливом антропогенного забруднення середовища. Відзначено зменшення вмісту дитерпенів в ефірній олії з глици та збільшення частки похідних терпенів в ефірній олії з шишок.

Ключові слова: *Cupressus sempervirens* L., ефірна олія, α -пінен.

Marchuk N.Yu. The influence of anthropogenic pollution on the content and composition of essential oil *Cupressus sempervirens* L. / N.Yu. Marchuk, V.N. Ezhov // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 151-155.

The change in the content and composition of essential oil of *Cupressus sempervirens* L. under the influence of anthropogenic pollution has been studied. Decrease in the content of diterpenes in the essential oil from the needles and increase of the part of the derived terpenes in the essential oil from the cones has been marked.

Keywords: *Cupressus sempervirens* L., essential oil, α -pinene.

Поступила в редакцію 12.11.2011 г.

УДК 591.148:574.52(262.5)

ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ СТРУКТУРИЗАЦИИ СООБЩЕСТВ БИОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ГИДРОБИОНТОВ

Мельникова Е.Б., Бурмистрова Н.В.

*Институт биологии южных морей им. А. О. Ковалевского НАН Украины, Севастополь,
Украина
E-mail: helena_melnikova@mail.ru*

Методом кластерного анализа исследованы общие закономерности сезонной variability интенсивности поля биолюминесценции создаваемого гидробионтами в прибрежных водах Чёрного моря. Проведена структуризация процессов биолюминесценции, протекающих в поверхностном и придонном слоях закрытой и открытой акватории моря. Показано, что сезонные процессы биолюминесценции в поверхностном слое открытой и закрытой акватории моря имеют достаточно близкий характер и могут быть объединены в один кластер. Сезонные изменения поля биолюминесценции в глубоководном слое открытой акватории Чёрного моря значительно отличаются как от процессов в поверхностном слое, так и от процессов в придонном слое закрытой акватории, и поэтому должны рассматриваться как отдельный кластер.

Ключевые слова: кластерный анализ, поле биолюминесценции, сезонная изменчивость, Чёрное море.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время биофизические характеристики водной толщи рассматриваются как элемент взаимодействия гидробионтов, мера процессов обмена веществ, энергии, важный фактор пространственного структурирования гидробионтов, и ее изменчивости во времени, показатель физиологического состояния исследуемой структурной группы по создаваемому ею полю биолюминесценции [1–3]. Известны работы, посвященные выяснению связи характеристик биолюминесценции в Черном море с видовым разнообразием и распределением планктона [1, 3, 4], с гидрологическими характеристиками среды [5], а также работы посвященные годовым изменениям интенсивности поля биолюминесценции [6]. Однако вопросы структуризации процессов биолюминесценции, протекающих в поверхностном и придонном слоях в прибрежных водах Черного моря, в известных работах не рассмотрены.

Применение методов многомерного статистического анализа для исследования количественных закономерностей биологических процессов, дает возможность структурировать информацию, полученную на основе многочисленных экспериментальных исследований, обнаружить внутренние связи между процессами, протекающими в наблюдаемых совокупностях и выявить общие закономерности их развития [7–9].

Цель работы – исследовать методом кластерного анализа общие закономерности сезонной вариабельности интенсивности поля биолюминесценции в прибрежных водах Чёрного моря и провести структуризацию процессов биолюминесценции протекающих в поверхностном и придонном слоях закрытой и открытой акватории моря.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследований явилась сезонная изменчивость интенсивности поля биолюминесценции в поверхностном и придонном слоях. Регулярные круглогодичные исследования вертикальной структуры интенсивности поля биолюминесценции проводили в открытой акватории моря на траверсе б. Круглая (ст. №1), а также в акватории Севастопольской бухты в районе б. Константиновская (ст. №2) и районе б. Голландия (ст. №3) (рис. 1). Экспериментальные материалы получены в 2009 – 2010 годах.



Рис. 1. Схема района исследования.

Открытая акватория моря в районе б. Круглая (ст. №1) относительно глубоководная ($h = 60$ м), имеющая водообмен с открытой частью моря. В летнее время она характеризуется достаточно устойчивой стратификацией слоев воды, определяющей изменчивость вертикальной структуры температуры и солености.

Севастопольская бухта относится к водоемам эстуарного типа, имеющих ограниченный водообмен с открытым морем. Севастопольская бухта также включает устьевое взморье реки Чёрной, которая является стоком пресных вод в бухту, где и происходит смешение речных и морских вод [10, 11]. В зависимости от величины стока реки его воздействие распространяется на акваторию Севастопольской бухты в различной степени, что существенно влияет на экологические условия региона.

Константиновская бухта (ст. №2), глубина которой не превышает 19 м, относится к относительно чистым районам Севастопольской бухты [11]. Бухта Голландия (ст. №3) при глубине 18 м находится в центральной части Севастопольской бухты. На состояние вод этой акватории при соответствующих

метеоусловиях оказывают влияние воды всех прилегающих районов, это зона трансформации и смешения речных и морских вод [10, 11].

Пространственную структуру поля биоломинесценции исследовали методом неоднократного батифотометрического зондирования толщи воды, используя гидробиофизический комплекс «Сальпа-М» [12]. С помощью гидробиофизического комплекса «Сальпа-М» кроме интенсивности поля биоломинесценции измеряли температуру, мутность и соленость водной толщи.

При проведении структуризации сезонных изменений интенсивности поля биоломинесценции использовали агломеративно-иерархический метод группировки кластерного анализа. Этот метод предполагает последовательное объединение групп в кластеры по степени их близости друг к другу. В этом случае кластерное решение представляет собой иерархическую структуру вложенных друг в друга кластеров [7–9].

В качестве меры сходства групп биоломинесцентных использовали манхэттенское расстояние, определяемое по формуле [8, 9]

$$d_{ij} = \sum_{k=1}^n |x_{ik} - x_{jk}|, \quad (1)$$

где d_{ij} – расстояние между i -той и j -той группами; x_{ik} – численное значение k -той переменной для i -той группы; x_{jk} – численное значение k -той переменной для j -той группы.

При проведении кластеризации использовали метод Варда (Ward) [7–9, 13]. Этот метод позволил вначале каждую группу представить в виде отдельного кластера. Затем находится минимальное расстояние между парами кластеров, которые объединяются в единый кластер, после чего процесс объединения кластеров повторяется. Метод Варда для оценки расстояний между кластерами использует методы дисперсионного анализа. В качестве расстояния $dis(Y, X)$ между кластерами X и Y берется прирост суммы квадратов расстояний объектов до центров кластеров, получаемый в результате их объединения [9, 13]:

$$dis(X, Y) = \frac{n_x n_y}{n_x + n_y} (\bar{X} + \bar{Y})^T (\bar{X} + \bar{Y}), \quad (2)$$

где \bar{X}, \bar{Y} – радиус-векторы центров кластеров; n_x, n_y – число элементов в кластерах. Верхний индекс T означает транспонирование.

Метод Варда минимизирует сумму квадратов для любых двух (гипотетических) кластеров, которые могут быть сформированы. На каждом шаге объединяются такие два кластера, которые приводят к минимальному увеличению внутригрупповой суммы квадратов расстояний. Этот метод направлен на объединение близко расположенных кластеров и имеет тенденцию к нахождению (или созданию) кластеров приблизительно равных размеров. Метод является достаточно эффективным и применим для относительно небольших совокупностей данных [8, 9, 13].

Математическая обработка результатов проводилась на персональном компьютере с использованием программ Microsoft Excel 7.0 и SPSS, Statistica 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе вертикальных профилей интенсивности поля биолюминесценции открытой и закрытой акватории моря выяснилось, что имеется две области повышенной интенсивности биолюминесценции, сезонные процессы в которых протекают по разным законам. Поэтому для изучения сезонной динамики интенсивности поля биолюминесценции всю толщу воды условно разбили на две части, в которых расположены локальные максимумы интенсивности поля биолюминесценции: поверхностный слой 0 – 5 м и глубинный или придонный слой. Глубинный слой на трассе б. Круглая располагался на глубине 30–50 м, а в Севастопольской бухте (ст. №2, №3) — на глубине 10–17 м.

На Рис. 2 изображены экспериментальные результаты сезонных изменений интенсивности поля биолюминесценции в поверхностном и придонном (глубинном) слоях.

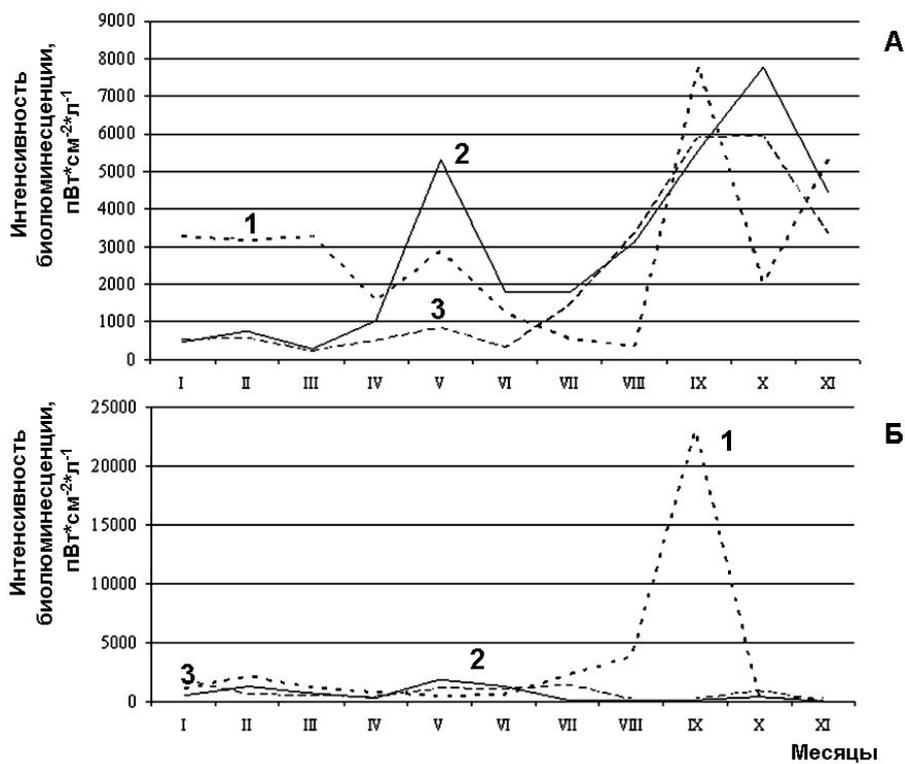


Рис. 2. Сезонные изменения интенсивности поля биолюминесценции: А – в поверхностном слое; Б – в придонном (глубинном) слое; 1 – измерения на ст. №1; 2 – измерения на ст. №2; 3 – измерения на ст. №3.

Как следует из представленного материала, интенсивность поля биолюминесценции имеет сложный характер, однако при этом отчетливо прослеживается сезонная цикличность. Объясняется это тем, что гидрофизические

характеристики среды (температура, соленость, мутность, давление) оказывают существенное влияние на биолюминесцентных и создаваемое ими поле биолюминесценции [1–3].

Сравнивая данные по интенсивности поля биолюминесценции, полученные в поверхностном слое открытой акватории Чёрного моря (ст. №1) с результатами исследований в поверхностном слое Севастопольской бухты на ст. №2 и ст. №3, можно отметить, что в целом сохраняются общие черты годовой динамики интенсивности поля биолюминесценции (рис. 2).

В холодный период (январь, февраль, март) в поверхностном слое не было зарегистрировано явных всплесков интенсивности поля биолюминесценции ни в открытой акватории Чёрного моря (ст. №1), ни в Севастопольской бухте на ст. №2 и ст. №3. Одной из основных причин этого является функциональное состояние планктона, связанное с малой интенсивностью освещения и его низкой численностью [14, 15]. В зимний период на фоне невысоких скоростей биологических и химических процессов интенсивность поля биолюминесценции находится в прямой зависимости от гидрофизических процессов, обеспечивающих однородное распределение температуры и солености. При этом интенсивность поля биолюминесценции на траверсе б. Круглая в поверхностном слое в среднем в 6 раз выше, чем в Севастопольской бухте.

Весенний максимум интенсивности поля биолюминесценции зарегистрирован в мае. Это связано с массовым развитием, светящихся организмов, а также с перестройкой вертикальной термической структуры вод [16–18]. С наступлением весны прекращается конвективное перемешивание, начинается образование температурного расслоения [18, 19]. С учетом того, что бухта Константиновская располагается в относительно чистой акватории Севастопольской бухты, а также за счет быстрого прогрева всей толщи воды, интенсивность поля биолюминесценции в верхнем слое в 1,6 раза выше, чем в открытой части моря.

В летний период (июнь, июль, август) в верхних слоях интенсивность поля биолюминесценции падает. Постепенный прогрев водной толщи затрудняет процессы вертикального обмена из-за возникающей температурной стратификации, вследствие которой происходит более полное разделение эпипланктонного и батипланктонного комплексов. При очень сильном прогреве поверхностного слоя светящиеся организмы уходят в ниже лежащие области с оптимальной для них температурой [18, 19].

Наибольший сезонный максимум интенсивности поля биолюминесценции в верхних слоях, как в открытой части Чёрного моря, так и Севастопольской бухте наблюдался в сентябре – октябре. Объясняется это тем, что интенсивное развитие большинства видов светящегося планктона происходит обычно в конце сентября [16, 17, 20]. Причиной этого является вынос биогенных элементов из нижних слоев в зону фотосинтеза при начинающемся разрушении скачка плотности под действием осенних сгонно-нагонных циркуляций вод [11, 18]. В ноябре происходит постепенное охлаждение поверхностных вод, что приводит к возникновению конвективного перемешивания и ослаблению процессов фотосинтеза.

В Севастопольской бухте в ноябре в связи с ее сравнительной мелководностью процесс опускания охлажденных поверхностных вод привел к тому, что на ст. №2 и ст. №3 наблюдалось практически однородное распределение температуры по вертикали и интенсивность поля биолюминесценции была максимальной в верхнем слое.

Если общие черты сезонных изменений интенсивности поля биолюминесценции в поверхностном слое в Севастопольской бухте мало отличались от интенсивности поля биолюминесценции открытого моря на траверсе б. Круглая, то сезонные изменения интенсивности поля биолюминесценции в глубоководном слое открытой части моря существенно отличается от сезонных процессов в придонном слое закрытой акватории (Севастопольская бухта).

Общий ход сезонных изменений интенсивности поля биолюминесценции в придонном слое Севастопольской бухты на ст. №2 и №3 показан на рис. 2Б. Сезонная динамика характеризуется невысоким уровнем интенсивности поля биолюминесценции, максимальное значение отмечено в мае ($1800 \text{ пВт}\cdot\text{см}^{-2}\cdot\text{л}^{-1}$) в б. Константиновская (ст. №2), это в 4,5 раза меньше, чем интенсивность поля биолюминесценции в этой бухте в поверхностном слое. Средние сезонные данные отражают незначительные увеличения интенсивности поля биолюминесценции зимой (февраль), весенний максимум в мае и небольшое осеннее увеличение интенсивности, приходящееся на октябрь месяц. Уже к ноябрю отмечается значительный спад интенсивности поля биолюминесценции.

В открытой акватории на траверсе б. Круглая в глубоководном слое в течение года был зарегистрирован один максимум интенсивности поля биолюминесценции в сентябре месяце. Этот максимум в 3 раза выше, чем интенсивность поля биолюминесценции в этот же месяц в поверхностном слое, и является абсолютным максимумом интенсивности поля биолюминесценции в исследуемый период.

При проведении кластерной структуризации сезонной и региональной изменчивости интенсивности поля биолюминесценции на первом этапе на основе проведенного выше анализа было выделено шесть отдельных, монокластеров (групп).

В открытой части моря (ст. №1) выделено две группы сезонных изменений интенсивности поля биолюминесценции: в поверхностном и глубинном слоях. В закрытой акватории моря (в бухте Севастопольская) было выделено четыре группы сезонных изменений интенсивности поля биолюминесценции наблюдаемых в поверхностном и придонном слоях соответственно на станциях №2 (б. Константиновская) и №3 (б. Голландия).

На втором этапе кластеризации сравнивались сезонные изменения интенсивности поля биолюминесценции в выделенных слоях и по формуле (1) рассчитывались матрицы расстояний между группами, после чего исходные группы (кластеры) группировались агломеративно-иерархическим методом с использованием соотношения (2). Последовательность агломерации приведена в Табл. 1.

Как следует из материалов Табл. 1, минимальное межкластерное расстояние между сезонным характером изменения интенсивности поля биолюминесценции наблюдается в придонных слоях на ст. №2 и №3. Они объединяются в новый кластер, содержащий две исходные группы. Далее в один кластер объединяются сезонные изменения интенсивности поля биолюминесценции наблюдаемые в

поверхностном слое в районе б. Константиновская (ст. №2) и б. Голландия (ст. №3) и так далее.

Таблица 1

Последовательность агломерации

Расстояние объединения	№ Класстера	Районы	Слой воды
5253	1	б. Константиновская (ст. № 2д) – б. Голландия (ст. №3д)	Придонный слой
10691	2	б. Константиновская (ст. № 2п) – б. Голландия (ст. №3п)	Поверхностный слой
28980	3	б. Круглая (ст. №1п) – б. Константиновская (ст. № 2п); б. Голландия (ст. №3п)	Поверхностный слой
40060	4	б. Константиновская (ст. № 2п), б. Голландия (ст. №3п), б. Круглая (ст. №1п) – б. Константиновская (ст. № 2д), б. Голландия (ст. №3д)	Поверхностный слой – Придонный слой
43224	5	б. Константиновская (ст. № 2п), б. Голландия (ст. №3п), б. Круглая (ст. №1п), б. Константиновская (ст. № 2д), б. Голландия (ст. №3д) – б. Круглая (ст. №1г),	Приповерхностный слой Придонный слой – Глубоководный

На Рис. 3 изображена полученная дендрограмма кластеризации сезонных изменений процессов интенсивности поля биолюминесценции и указаны межкластерные расстояния.

На дендрограмме хорошо виден процесс агломерации (слияние отдельных групп в единый окончательный кластер). Для каждого узла в дендрограмме (там, где формируется новый кластер) можно видеть величину расстояния, для которого соответствующие группы связываются в новый объединяющий кластер.

Так как минимальное межкластерное расстояние наблюдается в придонном слое на станциях №2 и №3 (на Рис. 3 они обозначены, как ст. №2д и ст. №3д), то на дендрограмме образованный этими станциями новый кластер имеет минимальное расстояние.

Далее в единый кластер объединяются сезонные процессы интенсивности поля биолюминесценции наблюдаемые в поверхностном слое на ст. №2 и №3 (на рис. 3 они обозначены как ст. №2п и ст. №3п).

На следующем шаге происходит объединение кластера полученного на втором шаге (процессы интенсивности поля биолюминесценции наблюдаемые в поверхностных слоях в Севастопольской бухте ст. №2п и ст. №3п) с кластером ст. №1п.

Дальнейшее объединение кластера процессов интенсивности поля биolumинесценции наблюдаемых в поверхностном слое на ст. №1п, №2п и №3п с процессами интенсивности поля биolumинесценции наблюдаемыми в придонном слое на ст. №2д и ст. №3д происходит при достаточно большом межкластерном расстоянии равном 40000 (рис. 3). Резкий скачок от кластера, образованного группами ст. №2д и ст. №3д, к точке объединения свидетельствует о несхожести этих кластеров и поэтому дальнейшая агломерация не имеет смысла.

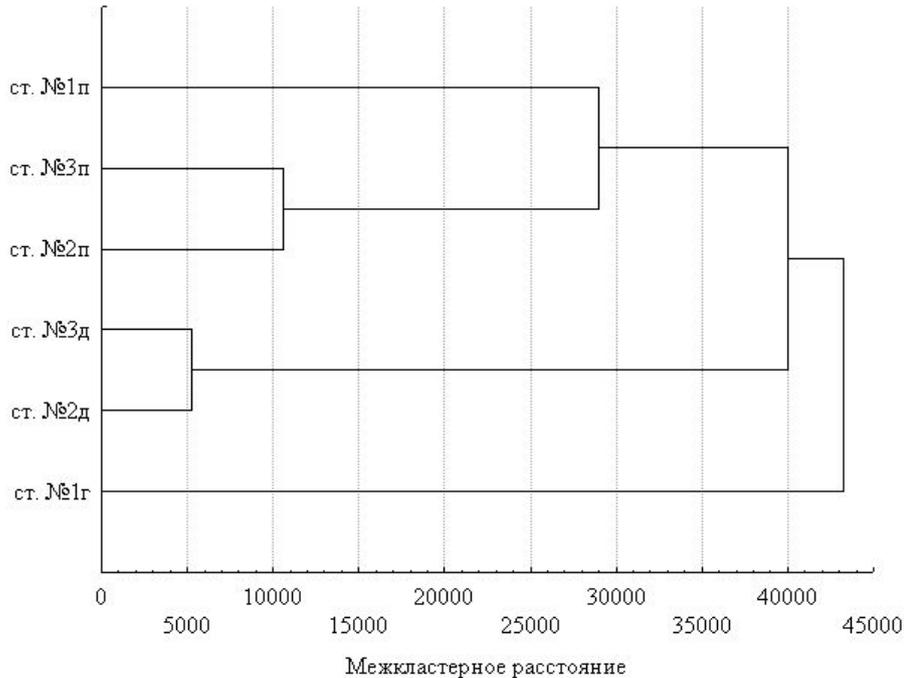


Рис. 3. Дендрограмма кластеризации и межкластерные расстояния.

Таким образом, из Рис. 3 следует, что сезонные изменения интенсивности поля биolumинесценции в нижнем слое в открытой акватории моря на траверсе б. Круглая сильно отличаются от остальных групп и представляет собой монокластер объединяющийся на последнем шаге со всеми другими в один кластер. На дендрограмме, отражающий процесс агломерации, видно, что на последнем шаге итерации дальнейшее объединение кластеров не имеет смысла, поскольку большое расстояние между кластерами (около 43224) показывает их несхожесть.

ВЫВОДЫ

1. Проведенное методом кластерного анализа исследование сезонной изменчивости интенсивности поля биolumинесценции в открытой акватории Черного моря на траверсе б. Круглая (в верхнем и глубоководном слоях), а также в акватории Севастопольской бухты показал, что сезонные изменения

интенсивности поля биолюминесценции в придонном слое на станциях в Севастопольской бухте незначительно отличаются друг от друга, и могут быть объединены в один кластер.

2. Биолюминесценция в поверхностном слое разных районов Севастопольской бухты (ст. №2 и №3) и поверхностном слое открытой акватории моря (ст. №1) имеет достаточно близкий характер и может быть объединена по характеру сезонных изменений в один кластер.
3. Сезонные изменения поля биолюминесценции в глубоководном слое открытой акватории Черного моря значительно отличаются как от процессов в поверхностном слое моря, так и от процессов в придонном слое Севастопольской бухты и поэтому должны рассматриваться как отдельный кластер.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность д.б.н. Ю.Н. Токареву за постоянное внимание, помощь и ценные замечания, высказанные в процессе обсуждения работы, а также сотрудникам отдела биофизической экологии за содействие в обеспечении проведенных исследований.

Список литературы

1. Поле биолюминесценции – характерный показатель структуры планктонного сообщества Чёрного моря / Ю.Н. Токарев, Э.П. Битюков, В.И. Василенко [и др.] // Экология моря. – 2000. – № 53. – С. 20–25.
2. Токарев Ю.Н. Основы биофизической экологии гидробионтов / Токарев Ю.Н. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006. – 342 с.
3. Видовое разнообразие планктонных биолюминесцентных в Чёрном море и характеристики формируемого ими поля биолюминесценции в неритической зоне Крыма / Ю.Н. Токарев, Э.П. Битюков, В.И. Василенко [и др.] // Современное состояние биоразнообразия прибрежных вод Крыма (черноморский сектор) / под ред. В.Н. Еремеева. – Севастополь : ЭКОСИ – Гидрофизика, 2003. – С. 121–151.
4. Результаты и перспективы биолюминесцентных исследований в Чёрном море / Э.П. Битюков, В.И. Василенко, Ю.Н. Токарев [и др.] // Экология моря. – 1996. – № 46 – С. 19–24.
5. Бурмистрова Н.В. Связь интенсивности поля биолюминесценции с гидрологическими характеристиками среды на траверзе бухты «Круглая» / Н.В. Бурмистрова, В.Ф. Жук, Е.Б. Мельникова // Вісник ЗНУ. Біологічні науки. – Запоріжжя, 2010. – № 2. – С. 84–92.
6. Битюков Э.П. Годовые изменения интенсивности биолюминесцентного поля в неритической зоне Чёрного моря / Э.П. Битюков, В.П. Рыбасов, В.Г. Шайда // Океанология. – 1967. – Т. 7., №6. – С. 1089–1099.
7. Боровиков В.П. Популярное введение в программу STATISTICA / В.П. Боровиков – М. : КомпьютерПресс, 1998. – 267 с.
8. Дюран Б. Кластерный анализ / Б. Дюран, П. Оделл – М. : Статистика, 1977. – 128 с.
9. Мандель И.Д. Кластерный анализ / Мандель И.Д. – М. : Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
10. Роль устьевых областей крупных рек Украины в поступлении биогенных веществ в Чёрное море / Р.Я. Миньковская, Ю.П. Ильин, Н.Г. Хоролич [и др.] // Современное состояние экосистем Чёрного и Азовского морей : междунар. науч. конф., Крым, Донузлав, 13-16 сент. 2005 г. : тезисы докл. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005.– С. 52–53.
11. Гидролого-гидрохимический режим Севастопольской бухты и его изменения под воздействием климатических и антропогенных факторов / В.А. Иванов, Е.И. Овсяный, Л.Н. Репетин [и др.] – Севастополь, 2006. – 90 с.
12. Организация и проведение биофизического мониторинга планктонного сообщества прибрежной акватории Севастополя: первые результаты / Н.В. Бурмистрова, Ю.Н. Токарев, В.И. Василенко [и др.]

- др.] // Современные проблемы морской инженерной экологии (изыскания, ОВОС, социально-экономические аспекты) : междунар. науч. конф., Ростов н/Д, 9-11 июня 2008 г.: тезисы докл. – Ростов н/Д : ЮНЦ РАН, 2008. – С. 59–62.
13. Ward J.H. Hierarchical grouping to optimize an objective function / J.H. Ward // Journal of the American Statistical Association, 1963. – 236 p.
 14. Финенко З.З. Первичная продукция в Черном море в зимне-весенний период / З.З. Финенко, Д.К. Крупаткина // Океанология, 1993. – Т. 33, № 1. – С. 60–75.
 15. Изменение фотосинтетических параметров фитопланктона в поверхностном слое Чёрного моря / З.З. Финенко, Т.Я. Чурилова, Х.М. Сосик [и др.] // Океанология, 2002. – Т. 42, № 1. – С. 60–75.
 16. Финенко З.З. Продукция фитопланктона / З.З. Финенко // Основы биологической продуктивности Черного моря / ред. В.Н. Грезе. – К. : Наук. думка, 1979. – С. 88–97.
 17. Георгиева Л.И. Видовой состав и динамика фитоценоза / Л.И. Георгиева // Планктон Чёрного моря / ред. А.В. Ковалев, З.З. Финенко – К. : Наук думка, 1993. – С. 31–55.
 18. Результаты мониторинга гидрохимической структуры Севастопольской бухты в тёплый период года / Н.С. Геворгиз, С.И. Кондратьев, С.В. Ляшенко [и др.] // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2002. – Вып. 1(6). – С. 139–156.
 19. Долотов В.В. Внутригодовые (сезонные) изменения общего содержания биогенных элементов и кислорода в различных районах Севастопольской бухты / В.В. Долотов, С.И. Кондратьев, С.В. Ляшенко // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. – Севастополь : ЭКОСИ-Гидрофизика, 2005. – Вып. 12. – С. 167–176.
 20. Сеничкина Л.Г. Изменение структуры черноморского фитопланктона при антропогенном воздействии / Л.Г. Сеничкина // Морские биологические исследования. – Севастополь, 1994. – С. 54–64.

Мельникова О.Б. Вживання кластерного аналізу для структуризації співтовариств біоломінесцентних гідробіонтів / О.Б. Мельникова, Н.В. Бурмістрова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 156-165.

Методом кластерного аналізу досліджені загальні закономірності сезонної варіабельної інтенсивності поля біоломінесценції створюваного гідробіонтами в прибережних водах Чорного моря. Проведена структуризація процесів біоломінесценції, що протікають в поверхневому і придонному шарах закритої і відкритої акваторії моря. Показано, що сезонні процеси біоломінесценції в поверхневому шарі відкритої і закритої акваторії моря мають досить близький характер і можуть бути об'єднані в один кластер. Сезонні зміни поля біоломінесценції в глибоководному шарі відкритої акваторії Чорного моря значно відрізняються як від процесів в поверхневому шарі, так і від процесів в придонному шарі закритої акваторії, і тому повинні розглядатися як окремий кластер.

Ключові слова: кластерний аналіз, поле біоломінесценції, сезонна мінливість, Чорне море.

Melnikova E.B. The usage of cluster analysis for structurization of the bioluminescent hydrobionts communities / E.B. Melnikova, N.V. Burmistrova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 156-165.

By the method of cluster analysis we studied general laws of the season variability in the bioluminescence field intensity, created by the hydrobionts in the Black sea coastal waters. The structurization of the bioluminescence processes, taking place in the surface and near-bottom layers of the open and closed sea water areas has been conducted. It has been shown that bioluminescence seasonal processes in the surface layer of the open and closed sea water areas had quite close character and could be joined in one cluster. Seasonal changes in the bioluminescence field in the deep – water layer of the Black sea open water area differ considerably from the processes in the surface layer as well as from the processes in the near-bottom layer of the closed water area, that is why they should be considered as a separate cluster.

Keywords: cluster analysis, bioluminescence field, seasonal changeability, Black Sea.

Поступила в редакцію 22.10.2011 г.

УДК 574.58:62-757.7:581.19(262.5)

СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЛИПИДНО-УГЛЕВОДОРОДНОГО СОСТАВА МАКРОФИТООБРАСТАНИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ Артиллерийской бухты (СЕВАСТОПОЛЬ, ЧЁРНОЕ МОРЕ)

Муравьёва И.П., Миронова Т.О.

*ИнБЮМ им. А.О. Ковалевского НАН Украины, г. Севастополь, Украина
E-mail: imuraveva@mail.ru*

Впервые получены данные по сезонной динамике липидно-углеводородного состава макрофитообрастаний гидротехнических сооружений бухты Артиллерийской. Максимальное содержание липидов и углеводов в макрофитах отмечено в весенние сезоны. По содержанию нефтяных углеводов макрофиты на исследованных станциях практически не отличались.

Ключевые слова: макрофитообрастания, липиды, углеводороды, гидротехнические сооружения.

ВВЕДЕНИЕ

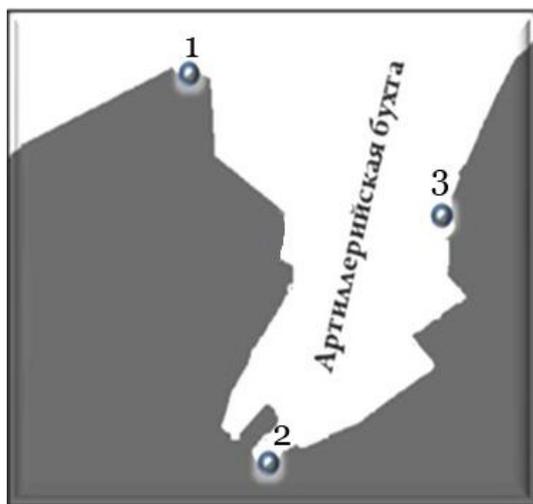


Рис. 1 Схема расположения станций в б. Артиллерийская

Артиллерийская бухта является частью Севастопольской бухты. Она имеет относительно малые размеры и испытывает интенсивную антропогенную нагрузку. Здесь расположены причалы для внутригородского водного транспорта, круизных судов, выходы двух ливневых стоков, дельфинарий «Аквamarin» (рис. 1). Вся береговая линия бухты представляет собой бетонную набережную, вертикальные стенки которой служат субстратом для поселения различных организмов, в частности макрофитов и моллюсков.

Экологическое состояние бухты исследуется уже более тридцати лет в рамках мониторинга акватории, прилегающей к Севастополю. Имеются

данные по количеству липидов и углеводов в донных осадках [1], морской воде [2] и микроперифитоне макрообрастаний гидротехнических сооружений бухты Артиллерийской [3], а также по содержанию нефтяных углеводов на

поверхности водорослей-макрофитов из обрастаний гидротехнических сооружений [4].

Цель работы состояла в изучении сезонной динамики липидно-углеводородного состава макрофитообрастаний гидротехнических сооружений, как очередного этапа в проведении мониторинговых исследований на полигоне в Артиллерийской бухте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пробы отбирали на трёх станциях (см. рис. 1) ручным скребком с вертикальной бетонной стенки набережной в приповерхностном горизонте (0 – 30 см) ежеквартально с мая 2009 г. по апрель 2011 г. Водоросли в количестве 100 г сырого веса помещали в химический стакан с дистиллированной водой и в течение 10 мин. интенсивно перемешивали стеклянной палочкой для смыва перифитона. Часть отмытых водорослей высушивали при 100 °С, затем растирали в ступке. Для анализа брали по 20 мг сухой навески в трёх повторностях.

Липидно-углеводородный комплекс экстрагировали смесью хлороформ – этанол (2 : 1). Липиды определяли по цветной реакции с фосфо-ванилиновым реактивом по Агатовой, суммарные углеводороды фракционированием модифицированным методом тонкослойной хроматографии на пластинах «Сорбфил» и дальнейшим денситометрированием [5]. Нефтяные углеводороды определяли в инфракрасном спектре (длины волн 2700 – 3100 см⁻¹) на ИК Фурье.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ранее проведённые исследования свидетельствуют о загрязнённости морской воды б. Артиллерийской [6]. Среднее значение содержания нефтепродуктов в морской воде за указанный период наблюдений составляло 0,052 мг/л и колебалось от 0,02 до 0,12 мг/л (ПДК = 0,05 мг/л).

Известно, что содержание липидов в макрофитах низкое [7]. Некоторые авторы зарегистрировали самые высокие значения содержания липидов в отдельных представителях зелёных водорослей в начале вегетационного периода в течение апреля – мая: 6,0 – 5,0 % сухого веса, затем эти значения стали уменьшаться и колебались между 2,5 и 3,7 % сухого веса [8]. Другие авторы показывают колебание общих липидов в красных водорослях от 0,4 до 3,6 % сухого веса [9].

Отмечено, что на ст. 1 и 3 доминировали водоросли-макрофиты, а на ст. 2 - моллюски (водоросли присутствовали здесь только весной), причём на ст. 1 преобладали красные водоросли, а на ст. 3 – зелёные.

Как видно из рис. 2 на протяжении всего периода исследований наибольшее количество липидов наблюдалось в водорослях на ст. 3. Однако в весенние периоды, когда на ст. 2 появлялись макрофиты, содержание липидов в них было максимальным. Ранее указывалось, что ст. 2 является более загрязнённой [3], а повышенное количество липидов в водорослях на ст. 3 возможно связано с постоянным поступлением в морскую воду органических веществ из дельфинария, расположенного между этими станциями. Наименьшая концентрация липидов в водорослях зафиксирована на ст. 1.

Представляет интерес, что аномально жарким летом 2010 г. (температура морской воды доходила до 29 °С) в водорослях на всех станциях было минимальное количество липидов.

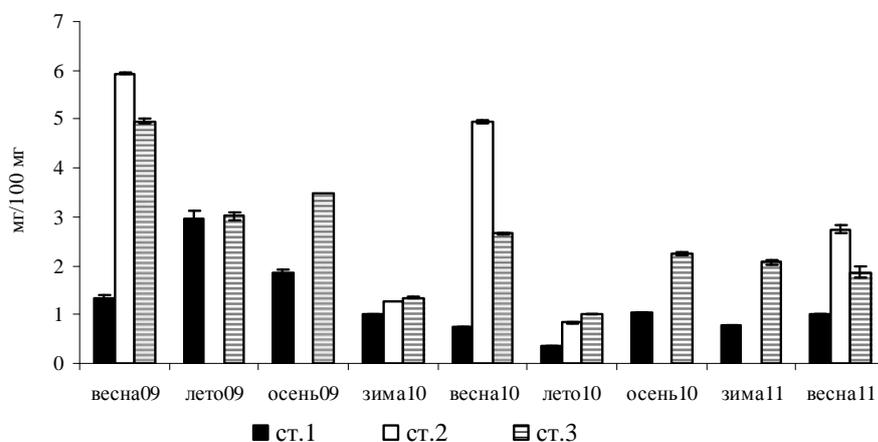


Рис. 2. Сезонная динамика содержания липидов в водорослях на ст. 1 – 3.

На Рис. 3 представлена динамика содержания углеводов в водорослях.

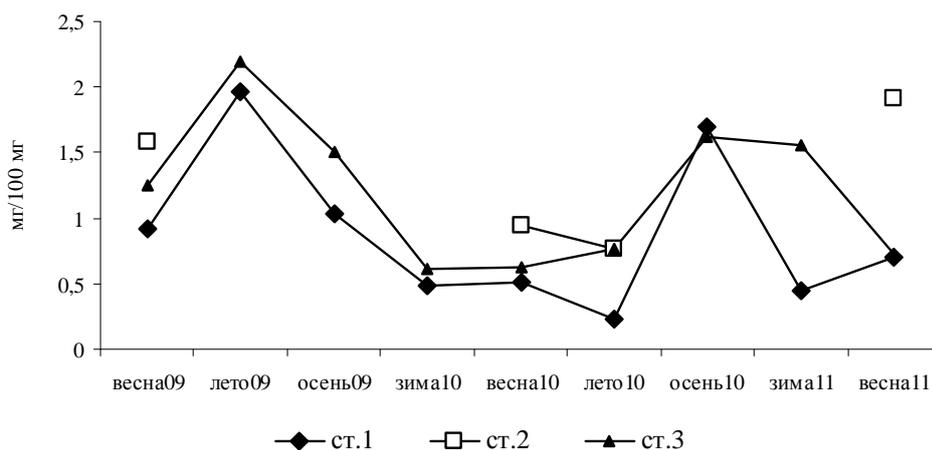


Рис. 3. Сезонная динамика содержания углеводов в макрофитах на ст. 1 – 3

В весенние периоды максимум суммарных углеводов отмечен в водорослях на ст. 2. Подобно содержанию липидов повышенное количество углеводов наблюдалось в пробах на ст. 3 и наименьшее – на ст. 1. Липиды и углеводы имеют сходные химические свойства, вместе экстрагируются из пробы и обычно достаточно тесно коррелируют друг с другом [10]. Вероятно

меньшее содержание липидов и углеводов на ст. 1 связано с химическим составом красных водорослей, составляющих основную массу проб.

Наибольшее содержание нефтяных углеводов в водорослях отмечено в 2009 г., причём летом их количество было в 2 раза больше, чем весной и осенью, тогда как в остальные периоды концентрация нефтяных углеводов не превышала 0,5 мг/100 мг сухого веса (рис. 4).

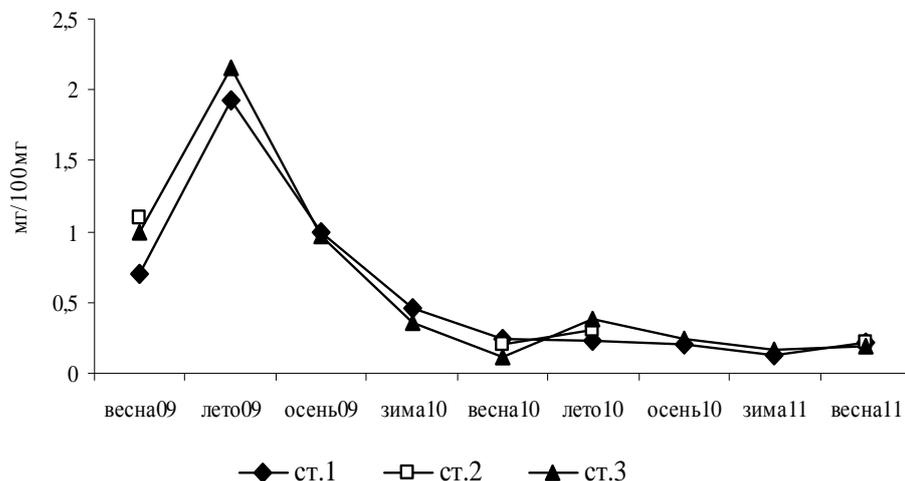


Рис. 4. Сезонная динамика нефтяных углеводов в макрофитах на ст. 1 – 3

Поскольку водоросли-макрофиты способны накапливать отдельные нефтяные углеводороды, а также включать углеводороды нефти в синтез собственных углеводов [11], то вероятно повышенное количество этих соединений в водорослях в 2009 г. можно объяснить тем, что концентрация нефтепродуктов в морской воде была выше, чем в последующие периоды. В 2009 г. на долю нефтяных углеводов в водорослях приходилось 70 – 90 % от суммы углеводов, а за последующие периоды в среднем 30 – 40 %. По содержанию нефтяных углеводов макрофиты на исследованных станциях практически не отличались.

ВЫВОД

Впервые получены данные по сезонной динамике липидно-углеводородного состава макрофитообрастаний гидротехнических сооружений бухты Артиллерийской. Максимальное содержание липидов и углеводов в макрофитах отмечено в весенние сезоны на ст.2, повышенное количество липидов наблюдалось в водорослях на ст.3. Наименьшая концентрация липидов и углеводов в водорослях зафиксирована на ст.1. По содержанию нефтяных углеводов макрофиты на исследованных станциях практически не отличались.

Список литературы

1. Миронов О.Г. Санитарно – биологические аспекты экологии севавтопольских бухт в XX веке / Миронов О.Г., Кирюхина Л.Н., Алёмов С.В. / Севастополь: ЭКОСИ – Гидрофизика, 2003. – 185 с.
2. Миронов О.Г. Санитарно – биологические показатели морской воды бухты Артиллерийской Чёрного моря / О.Г. Миронов, И.П. Муравьёва, Т.О. Миронова // Мор.экол.журн. – 2008. – VII, № 2. – С. 59–63.
3. Муравьёва И.П. Мониторинговые исследования липидно – углеводородного состава и некоторых микробиологических показателей микроперифитона гидротехнических сооружений (Севастополь, Чёрное море) / И.П. Муравьёва, Т.О. Миронова, Л.В. Енина // Наукові записки Тернопільського нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Сер.: Біологія. Спецвипуск: Гідроекологія. – 2010. – № 3 (44) – С. 182–186.
4. Миронов О.А. Нефтяные углеводороды на поверхности водорослей – макрофитов гидротехнических сооружений / О.А. Миронов // Экология моря. – 2007. – Вып. 74. – С. 56–58.
5. Копытов Ю.П. Новый вариант тонкослойной хроматографии липидов и углеводов / Ю.П. Копытов // Экология моря. – 1983. – Вып. 13. – С.76–80.
6. Санитарно – биологические исследования в прибрежной акватории региона Севастополя / Под общей ред. О. Г. Миронова: ИнБЮМ НАН Украины. – Севастополь: ЭКОСИ – Гидрофизика, 2009. – 192 с.
7. Барашков Г.К. Сравнительная биохимия водорослей. / Барашков Г.К. – М.: Пищ. пром–ть., 1972. – 336 с.
8. Haroon A.M. Variations in energy values and lipid content in *Enteromorpha* sp. From the Gulf of Gdansk / A.M. Haroon, A. Szaniawska // Oceanologia . – 1995. – Vol. 37, № 2. – P. 171–180.
9. Хотимченко С.В. Жирные кислоты морских макрофитов / С.В. Хотимченко, В.И. Светашов // Биология моря. – 1987. – № 6. – С. 5–15.
10. Миронов О.Г. Взаимодействие морских организмов с нефтяными углеводородами. / Миронов О.Г. – Л.: Гидрометеиздат., 1985. – 128 с.
11. Цымбал И.М. Содержание парафинов в водорослях / И.М. Цымбал // Биологические аспекты нефтяного загрязнения морской среды. Под ред. О. Г. Миронова. – К.: Наук. думка, 1988. – С. 134–139.

Муравьёва И.П. Сезонна динаміка ліпідно – вуглеводневого складу макрофітообростань гідротехнічних споруджень Артилерійської бухти (Севастополь, Чорне море) / **И.П.Муравьёва, Т.О. Миронова** // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 166-170.

Уперше отримані дані по сезонній динаміці ліпідно-вуглеводневого складу макрофітообростань гідротехнічних споруджень бухти Артилерійської. Максимальний зміст ліпідів і вуглеводнів в макрофітах відмічений у весняні сезони. За вмістом нафтових вуглеводнів макрофіти на досліджених станціях практично не відрізнялися.

Ключові слова: макрофітообростання, ліпіди, вуглеводні, гідротехнічні споруди.

Muravjova I.P. Seasonal dynamics of lipid-hydrocarbon composition of macrophytes overgrowings at the hydrotechnical constructions of the Artilleriskaya Bay (Sevastopol, the Black Sea) / **I.P. Muravjova, T.O. Mironova** // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 166-170.

The data on the seasonal dynamics of lipid-hydrocarbon composition of macrophytes overgrowings at the hydrotechnical constructions of the Artilleriskaya bay are obtained for the first time. Maximal concentrations of lipids and hydrocarbons in macrophytes has been marked during spring seasons. Concentrations of petroleum hydrocarbons in macrophytes did not practically differ at the selected sampling stations.

Keywords: macrophytes overgrowings, lipids, hydrocarbons, hydrotechnical constructions.

Поступила в редакцію 17.09.2011 г.

УДК 612.018

СПІВВІДНОШЕННЯ ВМІСТУ ТЕСТОСТЕРОНУ І ПРОГЕСТЕРОНУ У СИРОВАТЦІ КРОВІ ЩУРІВ ЗА УМОВ АЛІМЕНТАРНОГО СТРЕСУ

Никифорова О.А.¹, Ляшенко В.П.²

*¹Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. ак. В.Лазаряна,
Дніпропетровськ, Україна*

*²Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара, Дніпропетровськ, Україна
E-mail: nikiiforova76@mail.ru*

У роботі досліджені деякі механізми, що лежать в основі змін вмісту тестостерону і прогестерону в сироватці крові щурів - самців при аліментарному навантаженні холестерином протягом 21 тижня. В результаті досліджень було встановлено, що зміст прогестерону був вище аналогічних показників тварин контрольної групи. Що стосується рівня тестостерону, то перші 12 тижнів він був нижчим контрольних величин, а, починаючи з 15 тижня і до кінця експерименту, перевищував такі. Обговорюються можливі причини перерозподілу в біосинтезі даних стероїдних гормонів в умовах стресового навантаження холестерином.

Ключевые слова: гіперхолестеринемія, прогестерон, пролактин, стрес, сироватка крові, стероїдні гормони.

ВСТУП

Стероїдні гормони вважаються одним з ланцюгів тих ефекторних механізмів, за допомогою яких підтримується постійність внутрішнього середовища та здійснюються процеси росту та проліферації тканин. За багатогранність впливів, які вони спричиняють на ефекторні клітини, ці гормони важко порівняти з іншими регуляторами в організмі тварин. За допомогою них забезпечується також коригування вісцеральних функцій та поведінки тварин за умов дії первинних факторів [1, 2].

Виділення стероїдних гормонів активують зовнішні фактори. Це в свою чергу формує стислу або тривалу адаптаційно-компенсаторну реакцію. За своїм розвитком та часом завершення вона індивідуальна та передбачена морфо-функціональною організацією єдиної нейроендокринної системи. Від співпраці гормонального та нейрогормонального посередників в цій системі залежать функціональні межі толерантності всіх регуляторних систем, які контролюють гомеостаз. Співвідношення між концентрацією стероїдних гормонів може визначати направленість фізіологічних процесів та можливі їх порушення [1–3]. Тому досить цікавим є, на наш погляд, процеси перерозподілу в біосинтезі тестостерону і прогестерону при холестериновому навантаженні, оскільки холестерин вважається ініціатором метаболічних зсувів в організмі тварин, які спричиняють зміни в синтезі

гормонів, в тому числі і наднирникової залози, що лежать в основі адаптаційних реакцій організму в цілому.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Досліди проводилися на щурах-самцях (n=114) вагою 120-125г. Тварини були поділені на дві групи. До першої групи – контрольної – увійшло 58 тварин. У тварин другої групи (n=56) викликали аліментарне стрес шляхом щоденного додання до їжі холестерину (0,5 г/кг) та солей жовчних кислот (100 мг/кг) [4].

Експеримент тривав 21 тиждень з реєстрацією результатів кожні 3 тижні. Через вказані проміжки часу паралельно у тварин обох груп проводили забір крові, в сироватці якої визначали рівень тестостерону та прогестерону методом твердофазового імуоферментного аналізу з використанням стандартних наборів реактивів [5, 6]. Кількість загального холестерину в сироватці крові визначали за методом Ілька [5]. Отримані дані експерименту обробляли статистично методом парних порівнянь. Результати оцінювались як вірогідні при $P < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Рівень загального холестерину в сироватці крові являється одним з функціональних індикаторів розвитку змін, обумовлених аліментарним навантаженням. У тварин контрольної групи протягом усього дослідження спостерігались плавні коливання рівня загального холестерину в сироватці крові, який майже не виходив за межі норми (1,00 – 2,6 ммоль/л) для тварин даного виду, статі та віку. Отримані нами дані співпадають з даними, отриманими дослідниками на щурах.

У щурів за умов аліментарного стресу (група 2), протягом 12 тижнів дослідження рівень ХС в сироватці крові не виходив за межі норми (1,00 – 2,60 ммоль/л), але перевершував значення у тварин контрольної групи. Значне збільшення вмісту ХС спостерігалось тільки в період 15-18 тижнів (до $4,43 \pm 0,07$ ммоль/л) від початку експерименту, після чого він знижувався. Тобто, зміни вмісту холестерину у тварин групи 2 мали адаптаційно – компенсаторний характер.

При аналізі динаміки рівня тестостерону (табл.1) у тварин контрольної групи слід відмітити, що на протязі 3-9 тижней цей показник коливався в межах $1,1-1,2 \pm 0,04$ нг/мл.

Але, починаючи з 9 тижня і до кінця експерименту вміст тестостерону повільно знижувався і на 21 тижні складав $0,6 \pm 0,02$ нг/мл. Така динаміка може бути пов'язана зі змінами потреб організму в гормоні за фізіологічних умов [7].

При дослідженні вмісту тестостерону у тварин другої групи на 3 – 12 тижнях було виявлено статистично достовірне зниження цього показника на 26% порівняно з контролем. На 15 тижні відмічався невеликий зріст вмісту гормону до $0,94 \pm 0,17$ нг/мл, що незначно перевищувало контрольні показники. Але з 15 до 21 тижня знов зафіксовано зниження рівня тестостерону майже до контрольних величин. Проведений нами кореляційний аналіз виявив у тварин групи 2 негативний зв'язок між вмістом загального ХС та вмістом кортикостерону ($r = -0,73$, $P < 0,05$); вміст

СПІВВІДНОШЕННЯ ВМІСТУ ТЕСТОСТЕРОНУ І ПРОГЕСТЕРОНУ...

тестостерону зменшувався протягом перших 12 тижнів, а через 15-21 тижнів його концентрація коливалася в межах контрольних позначок.

Таблиця 1

Динаміка вмісту тестостерону (нг/мл) в контрольній та досліджуваній групах тварин (M±m; n=114)

№ гр.	Тиждень експерименту						
	3	6	9	12	15	18	21
1	1,01 ±0,02	1,10 ±0,04	1,20 ±0,05	1,10 ±0,02	0,90 ±0,08	0,87 ±0,10	0,82 ±0,05
2	1,1 ±0,04	1,23 ±0,12	0,95 ±0,04*	0,87 ±0,08*	0,67 ±0,05*	0,94 ±0,17	0,90 ±0,03

Примітка: * – вірогідність результату у порівнянні з відповідним контролем при рівні значимості $p < 0,05$

Щодо змін рівня прогестерону (табл.2) в сироватці крові тварин першої групи, то протягом перших 9 тижнів експерименту відбувалося незначне підвищення вмісту гормону, але потім, після чого до 21 тижня вміст прогестерону повертався до початкових значень. Тобто зміни рівней тестостерону та прогестерону в умовах норми були досить схожими.

Розглядаючи динаміку вмісту прогестерону в сироватці крові тварин другої групи слід зазначити, що протягом перших 6 тижнів експерименту рівень гормону дещо коливався близько позначки $4,1 \pm 0,05$ нг/мл. Але з 9 до 15 тижня дослідження відбувалося підвищення рівню прогестерону в середньому на 47 % в порівнянні з контролем. На 18–21 тижнях вміст гормону знижувався до початкових значень.

Таблиця 2

Динаміка вмісту прогестерону (нг/мл) в контрольній та досліджуваній групах тварин (M±m; n=114)

№ гр.	Тиждень експерименту						
	3	6	9	12	15	18	21
1	2,11 ±0,02	2,21 ±0,05	3,63 ±0,2	4,65 ±0,15	3,44 ±0,04	2,52 ±0,23	2,00 ±0,07
2	4,13 ±0,05*	3,95 ±0,08*	5,83 ±0,90	7,50 ±0,40*	8,37 ±0,51*	4,28 ±0,04*	3,84 ±0,03*

Примітка: * – вірогідність результату у порівнянні з відповідним контролем при рівні значимості $p < 0,05$

Повільне зниження вмісту тестостерону протягом 12 тижнів експерименту, може бути пов'язане з перебудовою метаболізму й фізіологічних функцій, які різко підвищують стійкість організму до несприятливих умов. Але в умовах тривалої дії

несприятливого фактору відбувається виснаження ресурсів, залучених в адаптаційно-компенсаторну функцію [3].

За таких умов необхідна активація відновлювально – анаболічних реакцій, тому, певно, у тварин другої групи, на 15 тижні відбувається посилення виділення тестостерону, який вважається анаболічним гормоном.

Тривале годування щурів холестерином, як сильний стрес-фактор, призводить до порушення метаболічних процесів в організмі тварин. Відбувається порушення дренажної системи ЛПВЩ клітин, процесів реестеріфікації надлишку ХС за допомогою холестерин – ацил – трансферази, підвищується інтенсивність пероксидної окисації ліпідів (ПОЛ). Вільні радикали, які при цьому утворюються, спричиняють зміну хімічного складу, фізичних властивостей, проникності і структури біологічних мембран. Порушення системи ПОЛ призводить до руйнування мембранних систем, модифікації клітинних білків і розвитку низки патологічних станів, які є основою для ендокринних порушень [8]. За таких умов, на нашу думку, повинні здійснитися зміни в процесі стероїдогенезу. Як ми описували вище, рівень прогестерону залишався достовірно вищим за контрольні позначки. На відміну від нього, на 15 тижні вміст тестостерону перевищив показники щурів першої групи. На нашу думку це може бути пов'язано з декількома механізмами. По – перше, експериментально показано, що холестерин, який синтезується організмом, є основним регулятором синтезу стеринів в наднирниках [8, 9]. По – друге, підвищення вмісту ЛПВЩ в сироватці крові щурів стимулює виробку андрогенів, як у наднирниковій залозі, так і в статевих органах [8], оскільки ЛПВЩ вважаються переносниками неестеріфікованого холестерину, який поставлявся до мітохондрій наднирників щурів.

За результатами морфологічних досліджень, було встановлено, що за умов аліментарного стресу у щурів не відбувається досить суттєвих структурно-морфологічних змін в аорті, серці і печінці [10]. Така ситуація може бути відображенням механізмів, які лежать в основі підтримання холестеринового гомеостазу. На нашу думку, в такій ситуації в організмі тварини активується гіпоталамо-гіпофізарно-наднирникова система, за допомогою якої відбувається коригування в синтезі та перерозподілі гормонів наднирників в бік тих, що мають дещо протекторну дію щодо впливу надмірного надходження холестерину з їжею. Мабуть тому на 18-21 тижнях експерименту зареєстровано тенденцію до зниження тестостерону та вірогідне зниження прогестерону порівняно з контролем.

Узагальнюючи отримані результати, ми прийшли до того, що в контрольній групі вміст досліджуваних гормонів в сироватці крові щурів монофазно підвищувався (6 – 9 тиждень), після чого знижувався до 21 тижня включно. В другій групі тварин з 3 до 12 тиждень на фоні прогресивного зростання прогестерону має місце протифазне падіння рівня тестостерону. Ми припускаємо, що на цьому етапі різко може активуватися синтез естрогенів з тестостерону, в чому проявляється антиатерогенна сенситизація до ЛПНЩ. На 15 тижні відбувається декомпенсація естрогеніндукованого поглинання ЛПНЩ, що призводить до прогресивного підвищення холестерину ЛПНЩ в крові тварин [8].

Одним з шляхів є перетворення ХС в статеві гормони, що дає змогу запобігти ушкодженню клітин. Таким чином можливо, що на перших етапах дослідження (3-12 тижні), коли рівень ХС зростає повільно, ланцюг перетворення статевих гормонів працює в фізіологічному напрямку: прогестерон → тестостерон → естрадіол. В зв'язку з цим, рівень прогестерону і тестостерону на цих тижнях зростає незначно, в той час коли концентрація естрадіолу перевершує контрольні значення в 6 разів. Це дозволяє не тільки підтримувати певний енергетичний баланс, а й збільшити протекторну дію завдяки підвищенню рівня естрадіолу.

На пізніх етапах дослідження (12-21 тижні), коли рівень енергозабезпечення біохімічних механізмів знижується, ланцюг перетворення вже не може відтворитися повністю. Можливо, що саме така ситуація призводить до росту вмісту прогестерону. Концентрація тестостерону на цих тижнях змінюється мало, але через 21 тиждень експерименту дані тварин, що отримували надлишок ХС, перевершують контрольні значення. Тобто на останніх етапах дослідження, коли рівень енергозабезпечення відстає від рівня енерговитрат і можливі біохімічні процеси будуть патологічно змінюватись, концентрації статевих гормонів можуть активізувати процеси ураження судинної стінки шляхом модуляції певних клітинних механізмів.

ВИСНОВКИ

1. Вміст загального холестерину в сироватці крові щурів 2 групи протягом експерименту був більшим за контрольні значення, але не виходив за межі норми для даного виду і статі, що може бути відображенням компенсаторних реакцій організму на дію аліментарного стрес-фактору.
2. Вміст тестостерону в сироватці крові щурів експериментальної групи зменшувався протягом перших 12 тижнів, а через 15-21 тижнів його концентрація коливалася в межах контрольних позначок.
3. Вміст прогестерону в сироватці крові щурів експериментальної групи вродовж всього часу експерименту був більшим за контрольні значення, але на 3-15 тижнях – вірогідно збільшувався, а на 18-21 тижнях – знижувався відносно початкового рівня, що може свідчити про активацію як однієї, так і всіх трьох ланок стероїдогенезу.
4. Розбіжності в біосинтезі досліджуваних стероїдних гормонів демонструють адаптаційно – компенсаторну функцію на 3-15 тижнях та відновлювально-анаболічні реакції, які мають місце в організмі щурів-самців на останньому етапі аліментарного стрес-навантаження холестерином.

Список літератури

1. Алиджанова Х. Т. Семейная гиперхолестеринемия и особенности функционального состояния надпочечников и щитовидной железы /Алиджанова Х. Т., Дергачева Л. И., Босых Е. Г. //Кардиология. – 1998. – №9. – С.12-16.
2. Теппермен Дж. Физиология обмена веществ и эндокринной системы / Теппермен Дж., Теппермен Х. –М.: Мир, 1989. – 656 с.

3. Данилов Г. Е. Стабильные гомеостатические константы и эндокринный статус при хроническом нейрогенном стрессе и стресс-протекторных воздействиях / Г.Е. Данилов, И.Г. Брындина, Л.С. Исакова и др // Арх. клин. эксп. мед. – 2000. – Т.9, №1. – С.71-74.
4. Пат.43978 А Україна, 7 G09B23/28 Спосіб моделювання атеросклерозу./ Ляшенко В. П., Лукашов С. М., Зорова Ж. В., Політаєва В. І.; Заявлено 21.11.2000; Опубліковано 15.01.2002. Бюл.№1.
5. Базарнова М.А. Руководство по клинической лабораторной диагностике. Ч.3. Клиническая биохимия. / Базарнова М.А., Гетте З.П., Кальнова Л.И. – К.: Вища шк., 1990. – 319 с.
6. Меньшиков В.В. Лабораторные методы исследования в клинике. Справочник. / Меньшиков В.В., Делекторская Л.Н., Золотницкая Р.П. [и др.] – М.: Медицина, 1987. – 368 с.
7. Трахтенберг И.М. Проблема нормы в токсикологии / Трахтенберг И. М., Сова Р. Е., Шефтель В. О., Оникиенко Ф. А. – Москва: Медицина, 1991. – 205 с.
8. Климов А. И. Липиды, липопротеиды и атеросклероз / Климов А. И., Никульчева Н. Г. – С-Пб.: Питер, 1995. – 297 с.
9. Дегтярь В. Г. Метаболизм андрогенов / Дегтярь В. Г., Кушлинский Н. Е. // Успехи современной биологии. – 2000. – Т120, №1. – С.48-59.
10. Ляшенко В. П. Зв'язок між гіперхолестеринемією та морфологічними змінами в аорті та печінці / Ляшенко В. П., Політаєва В. І. // Фізіол. журн. – 2003. – 49, №6. – С.64-69.

Никифорова Е.А. Соотношения содержания тестостерона и прогестерона в сыворотке крови крыс в условиях алиментарного стресса / Е.А. Никифорова, В.П. Ляшенко // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С.171-176

В работе исследованы некоторые механизмы, лежащие в основе изменения содержания тестостерона и прогестерона в сыворотке крови крыс – самцов при алиментарной нагрузке холестерином в течении 21 недели. В результате исследований было установлено, содержание прогестерона было выше аналогичных показателей животных контрольной группы. Что касается уровня тестостерона, то до 12 недели он был ниже контрольных величин, а, начиная с 15 недели и до конца исследований, превышал таковые. Обсуждаются возможные причины перераспределения в биосинтезе данных стероидных гормонов в условиях нагрузки холестерином.

Ключевые слова: гиперхолестеринемия, прогестерон, пролактин, стресс, сыворотка крови, стероидные гормоны.

Nikiforova O.A. Ratios of testosterone and progesterone in the blood serum of rats under nutritional stress condition / O.A. Nikiforova, V.P. Liashenko // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No. 4. – P. 171-176.

We studied some of the mechanisms underlying the changes in testosterone and progesterone in the blood serum of rats - males with alimentary cholesterol load for 21 weeks. As a result, studies have shown progesterone was higher than control group. With regard to the level of testosterone, up to 12 weeks was lower than target values, and from 15 weeks to the end of studies, greater than any. Considered the possible reasons for the redistribution of data in the biosynthesis of steroid hormones in a load of cholesterol.

Keywords: high cholesterol, progesterone, prolactin, stress, blood serum, steroid hormones.

Поступила в редакцию 21.11.2011 г.

УДК 577.112.4:598/599

РОЛЬ БИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ПАТОЛОГИИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА В ВЫЯВЛЕНИИ ЭНДОКРИННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ, СОПРОВОЖДАЮЩИХСЯ ГИПЕРИНСУЛИНИЕЙ

Никольская В.А., Меметова З.Н.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: victoria_nikol@crimea.edu*

Показана взаимосвязь формирования заболеваний стоматологического характера с различного рода патологией внутренних органов. В статье суммированы литературные данные, свидетельствующие о корреляции изменений на биохимическом уровне в полости рта и крови при эндокринных заболеваниях, в частности при сахарном диабете 2-го типа. Раннее выявление отклонений показателей ротовой жидкости может служить прогностическим фактором в выявлении различного рода патологий, сопровождающихся гиперинсулинемией.

Ключевые слова: патология стоматологического характера, эндокринные заболевания, сахарный диабет 2-го типа, гиперинсулинемия.

Развитие фундаментальных биохимических концепций и их применение в клинических исследованиях является наиболее важным, так как способствует глубокому пониманию метаболических превращений в организме.

В последние годы широкое распространение получили исследования, направленные на раскрытие молекулярных механизмов при различных заболеваниях как с целью разработки биохимических маркеров, позволяющих выявить изменение уже на ранних этапах развития болезни, так и с целью оценки тяжести патологии и состояния организма в процессе лечения [1–4].

Многими авторами отмечена вероятность развития патологии внутренних органов при заболеваниях органов полости рта [5–7]. Существует связь стоматологических заболеваний со многими заболеваниями внутренних органов, такими как: миокардит, эндокардит, анемия, лейкопения, гломерулонефрит, пиелит, язва желудка и двенадцатиперстной кишки, холециститом, атеросклерозом, артритом и др. [5–7]. Клинические данные свидетельствуют о существенной роли одонтогенных очагов инфекции в возникновении ряда соматических заболеваний, осложненном их течении и частом развитии рецидивов. Доказана роль инфекции, содержащейся в полости рта, в возникновении невроза, психических нарушений, в частности в депрессии, нарушении сна и т.д. [8].

Признание важной роли стоматогенных очагов воспаления в заболеваниях организма имеет большое практическое значение ввиду того, что нередко ликвидация очага поражения приводит к исчезновению расстройств в органах и

системах удаленных от него. Например, санация полости рта снижает миокардит, пиелонефрит [9].

Целью данной работы явился анализ литературного материала, позволяющего оценить уровень взаимосвязи изменений стоматологического характера и патологии внутренних органов, в частности эндокринных заболеваний.

Стоматологические заболевания как следствие эндокринных нарушений

Роль эндокринных нарушений в этиологии и патогенезе заболеваний слизистой оболочки полости рта настолько велика, что А.И. Рыбаковым выделены при них отдельные нозологические формы поражения языка, десен, губ. По данным разных авторов, частота поражений слизистой оболочки полости рта, языка и губ при эндокринных нарушениях колеблется от 2 до 80% [5, 10].

Наиболее частой формой проявления в полости рта эндокринных нарушений является катаральный стоматит, при поражении десен – катаральный гингивит. Эта форма заболевания слизистой оболочки полости рта наиболее часто встречается при различных дисфункциях половых желез. Под влиянием эстрогенных гормонов нередко можно отметить изменение эпителия слизистой оболочки полости рта на протяжении всего менструального цикла. Отмечены гингивиты в период полового созревания, при беременности, менопаузе. В литературе встречаются термины, отражающие взаимосвязь гормональных нарушений и состояния слизистой оболочки полости рта. Так, гингивиты при эндокринных нарушениях называются гормональными. Развивающиеся у подростков поражения десен с характерной локализацией в области фронтальных зубов называются ювенильным гингивитом.

Известна зависимость состояния слизистой оболочки полости рта от состояния половых желез, особенно при их дисфункции. Индуцированная (хирургическая, лучевая) кастрация часто приводит к воспалительным процессам в слизистой оболочке десны, явлениям ее атрофии, остеопорозу челюстных костей, пародонтозу.

Гиперэстрогенные состояния обуславливают гиперемии и усиление кровообращения, повышение проницаемости сосудистой стенки, чем объясняется клиническое проявление гингивитов катарального типа. У женщин с заболеваниями яичников снижены регуляторные процессы на уровне циркуляторных систем. При падении уровня эстрогенов отмечаются дегенеративные изменения эпителия и соединительно-тканной стромы слизистой оболочки полости рта [11].

Полноценная деятельность эндокринной системы обеспечивает нормальное течение обменных процессов в организме. Нарушение продукции гормонов вызывает расстройство метаболизма и функции тканей и органов, включая и слизистую оболочку полости рта, независимо от избыточной или недостаточной функции эндокринных желез.

Биохимический аспект развития изменений в организме при сахарном диабете II типа

Одним из основных заболеваний эндокринной системы является сахарный диабет, который ВОЗ определен как «неинфекционная эпидемия». Быстрое прогрессирующее распространение СД 2 типа способствует росту сердечно-

сосудистой летальности [12–16], поскольку развитие СД сопровождается значительным увеличением кардиоваскулярной патологии.

В патогенезе сахарного диабета важное место отводят окислительному стрессу клеток и тканей, который проявляется в значительном повышении уровня в них свободных радикалов и процессов перекисного окисления липидов, подавляет гликолиз, синтез белков и нуклеиновых кислот, активность ферментов, способствует разобщению процессов окислительного фосфорилирования [17–19]. У больных СД-2 типа нарушена система антиокислительной защиты клеток [16, 20]. Гипергликемия способствует перепроизводству активных форм кислорода и азота, включая супероксид анион-радикал, монооксид азота и пероксинитрит. Предполагают, что пероксинитрит является одним из основных участников развития осложнений СД, в том числе ангиопатий [19]. В основе появления осложнений СД лежат инсулинорезистентность и, соответственно, компенсаторная гиперинсулинемия, которая возникает в первую очередь после приема пищи [13–16].

Связь заболеваний пародонта с сахарным диабетом стала объектом множества исследований. Частота заболеваний пародонта при сахарном диабете колеблется от 51% до 98%. В то же время у больных пародонтитом в 10% случаев выявляется сахарный диабет. Часто впервые диагноз сахарного диабета устанавливает стоматолог, так как у многих больных пародонтитом нередко диагностируется его начальная стадия.

Отдельные объяснения причин, определяющих связь пародонтита и сахарного диабета, не являются взаимоисключающими, но ведущей считается диабетическая ангиопатия, что позволяет судить о диабетическом пародонтите, как о частном симптомокомплексе. Некоторые авторы относят заболевания пародонта к группе так называемых малых симптомов сахарного диабета [13–16].

Считают, что изменения в пародонте у детей при сахарном диабете проявляются раньше, чем изменения на глазном дне. Установлена и противоположная связь: гнойно-воспалительные процессы в челюстно-лицевой области усугубляют течение сахарного диабета.

Состав и свойства ротовой жидкости у больных сахарным диабетом достоверно по всем показателям отличаются от таковых у соматически здоровых лиц. Одним из наиболее показательных признаков изменения состава ротовой жидкости является увеличение содержания глюкозы практически на порядок по сравнению со здоровыми лицами. Существует прямая связь содержания глюкозы в ротовой жидкости с ее содержанием в крови [5, 6]. Изменяется содержание кальция и фосфора: повышается уровень кальция в ротовой жидкости и снижается – фосфора. Соответственно, происходит изменение соотношения кальций/фосфор в сторону его увеличения.

Указанные изменения в ротовой жидкости приводят к нарушению основных ее функций – минерализующей, очищающей, защитной и преобладанию процессов деминерализации над реминерализацией [7].

Имеются противоречивые сведения об активности амилазы в слюне. Одни считают, что она увеличивается при панкреатитах, которые могут вести к сахарному

диабету, что обеспечивает расщепление углеводов. Другие авторы не выявили изменения активности амилазы у больных сахарным диабетом по сравнению со здоровыми. Содержание лизоцима в слюне у больных сахарным диабетом снижается с 47,19 до 32,42. Происходит увеличение содержания иммуноглобулинов А и G в слюне наряду с уменьшением содержания иммуноглобулина М. Снижение содержания лизоцима и увеличение содержания IgA и IgG говорят о дисбалансе неспецифических (лизоцим) и специфических (иммуноглобулины) факторов местного иммунитета полости рта у больных сахарным диабетом [20].

Снижается также количество лимфоцитов в периферической крови: Т- и В-лимфоцитов, теофиллинчувствительных и резистентных Т-лимфоцитов.

Механизмы возникновения и развития гиперинсулинемии

Патогенез СД 2-го типа по современным представлениям обусловлен двумя ключевыми нарушениями: развитием инсулинорезистентности (ИР) периферических тканей мишеней и неадекватной компенсаторной секрецией инсулина – гиперинсулинемией. Последняя опережает развитие СД на много лет и является прогностическим фактором его развития [21–25].

По современным представлениям, СД 2-го типа манифестирует в ситуации, когда секреторные возможности β -клеток не позволяют преодолеть барьер ИР. Сама по себе постпрандиальная гипергликемия способна влиять на снижение секреторных возможностей инсулярного аппарата за счет индукции окислительного стресса, который приводит к апоптозу β -клеток. Чем быстрее за счет феномена глюкозотоксичности происходит истощение резервных возможностей инсулярного аппарата, тем раньше манифестирует СД 2-го типа и тем ниже масса тела при его манифестации [25].

Биохимический аспект исследования изменений в ротовой полости является весьма значимым, поскольку позволяет реализовать новый методологический подход в прогнозировании развития эндокринных нарушений на стадии скрытой формы, сопровождающейся гиперинсулинемией.

Целесообразность данного изучения не вызывает сомнений и, учитывая и тот факт, что гиперинсулинемия достаточно часто встречается в лечебной практике, вызывая различного рода заболевания, которые необходимо исследовать и устранить. Это позволит специалистам в дальнейшем диагностировать такого рода отклонения на ранних этапах и предупреждать развитие осложнений.

ВЫВОДЫ

1. Проведя анализ данных литературы, выявлено, что модификации в ротовой полости, в том числе и на биохимическом уровне, имеют тесную взаимосвязь с изменениями функционирования внутренних органов, что, несомненно, частично детерминировано общностью происхождения в процессе онтогенеза.
2. Оценка литературного материала свидетельствует о том, что наблюдаемый полиморфизм клинических проявлений изменений слизистой оболочки полости рта сопряжен с нарушениями эндокринной системы, что подчеркивает важное значение гормонов в регуляции различных сторон тканевого обмена.

3. Частным симптомом сахарного диабета 2-го типа можно считать пародонтит, по предположению многих авторов, вызванный окислительным стрессом.
4. Поскольку гиперинсулинемия является одним из основных компонентов симптомокомплекса, сопровождающего начальные формы развития сахарного диабета 2-го типа, вызывающего диабетическую ангиопатию сочетанную с пародонтитом, то представляется необходимым изучение ее влияния на изменения в ротовой полости, в том числе и на биохимическом уровне.

Список литературы

1. Габриэлян Н.И., Дмитриев А.А., Кулаков Г.Н. и др. Дигностическая ценность определения средних молекул в плазме крови при нефрологических заболеваниях // Клиническая медицина. – 1981. – № 10. – Т.59. – С.38 – 42.
2. Власенко М.В. Современные аспекты коррекции гипергликемии у больных сахарным диабетом 2-го типа / М.В. Власенко // Міжнародний ендокринологічний журнал. – 2010. – Т.26, вып.2. – С. 24 – 27.
3. Ефимов А.С. Инсулинотерапия больных сахарным диабетом / А.С. Ефимов, Н.А. Скробонская, С. Н. Ткач, Е. А. Сакало. – К.: Здоровье, 2000. – 248 с.
4. Ефимов А.С. Клиническая диабетология / А.С. Ефимов, Н.А. Скробонская. – К.: Здоровье, 1998. – 88 с.
5. Банченко Г.В. Слизистая оболочка полости рта при заболеваниях эндокринной системы / Г.В. Банченко. – М.: Медицина, 1979 – 106 с.
6. Мазовецкая А.Г. Сахарный диабет / А.Г. Мазовецкая, В.К. Великов. – М.: Медицина, 1987. – 21 с.
7. Епишев В.А. Состояние десен / В.А. Епишев – М.: Медицина, 1972 – 24 с.
8. Авдонина Л.И. Пародонтиты как резервуар туберкулезной инфекции дис. на соиск. уч. степ. докт. мед. наук. 1992 – 304 с.
9. Грошиков Н.И. Электронно-микроскопические исследования периодонтита / [Н.И. Грошиков, Р.Н. Погодина] // Этиология и патогенез основных стоматологических заболеваний. – 1977. – С. 99 – 111.
10. Сосина В.Б. Недементные когнитивные нарушения у больных сахарным диабетом 2-го типа / В.Б. Сосина, В.В. Захаров, Н.Н. Яхно // Неврологический журнал. – 2010. – Т.15, вып.4. – С. 25 – 28.
11. Попов П.В. Распространенность сердечно-сосудистых заболеваний и сахарного диабета типа 2 у женщин перименопаузального возраста с синдромом поликистозных яичников в анамнезе / П.В. Попов, Е.В.
12. Баранов Е. В. Артериальная гипертензия / В.Г. Баранов, Е.Н. Гринева // Научно-практический рецензируемый журнал. – 2009. – Т.15, вып.2. – С. 219 – 221
13. Balkou B. High blood glucose concentration is a risk factor for mortality in middle-aged nondiabetic men / B. Balkou, M. Shipley, Jarrett R.J. [et al.] // Diabetes Care. – 1998. – V. 21. – P. 360 – 367.
14. Barrett Connor E.M. Does hyperglycemia really cause coronary heart disease? / E.M. Barrett Connor // Diabetes Care. – 1997. – V. 20. – P. 1620 – 1623.
15. Loren Cordain. Hyperinsulinemic diseases of civilization: more than just syndrome X / Cordain Loren, R. Michael Eades, D. Mary Eades // Comparative biochemistry and physiology part. – USA. – 2003. – P. 95 – 112.
16. Ginsberg Henry N. Insulin resistance and cardiovascular disease / N. Henry Ginsberg // Journal of clinical investigation. New York. – 2000. – Vol. 106, № 4. – P. 453 – 457.
17. Шилов А.М. Препарат с метаболическим действием в комплексном лечении осложнений сахарного диабета (полинейро- и ангиопатии) / А.М. Шилов, А.Ш. Авшалумов // Міжнародний ендокринологічний журнал. – 2010. – Т.26, вып.2. – С. 55 – 58.
18. Антонов К.Р. Антиоксидантный эффект пробукола, в комплексной терапии сахарного диабета 2-го типа / К.Р. Антонов, Л.В. Недоступов, М.И. Балаболкина [и др.] // Проблемы эндокринологии. – 2008. – Т. 4, №4. – С. 7 – 11.

19. Асмоловская М.Б. Пато- и морфогенетические особенности диабетических ангиопатий / М.Б. Асмоловская, А.Е. Доросевич // Здоровоохранение Белоруссии. – 1992. – №7. – С. 53-59.
20. Белякова Н.А. Неспецифические адаптационные реакции и состояние иммунного статуса у больных сахарным диабетом 2-го типа / Н.А.Белякова., Д.Г. Михайлова, Е.Н. Егорова [и др.] // Клиническая лабораторная диагностика. – 2010. – №3. – С. 14 - 18.
21. Архипов В.Ф. Особенности раннего послеоперационного периода у больных органическим гиперинсулинизмом / В.Ф. Архипов // Вестник хирургии. – 1996. – Том 155, №2. – С. 29 – 32.
22. Изможерова Н.В. Гиперинсулинемия и инсулинрезистентность у женщин с метаболическим синдромом в климактерическом периоде / Н.В. Изможерова, А.А. Попов, Н.В. Тагильцева [и др.] // Клиническая медицина. – 2006. – №5. – С. 65 – 68.
23. Егоров А.В. Диагностика и лечение органического гиперинсулинизма / А.В. Егоров, Н.М. Кузин, С.А. Кондрашин [и др.] // Хирургия. – 1999. – №12. – С. 21 – 26.
24. Кузин Н.М. Органический гиперинсулинизм / Н.М. Кузин, А.В. Егоров, М.Г. Лакреева, Л.Е. Гуревич // Клиническая медицина. – 1998. – №4. – С. 7 – 11.
25. Sowers J.R. Hyperinsulinemia, insulin resistance and hyperglycemia: contributing factors in pathogenesis of hypertension and atherosclerosis / J.R. Sowers, P.R. Standley, J.L. Ram [et al.] // Am. J. Hypertens. – 1993. – V. 6. – P. 260 – 270.
26. Ogilvy-Suart A. Hypoglycemia, management of hyperinsulinism / A. Ogilvy-Suart, P. Midgley // Practical Neonatal Endocrinology. – 2006. – P. 7 – 27.

Нікольська В.О. Роль біохімічного аналізу при патології стоматологічного характеру у виявленні ендокринних захворювань, що супроводяться гіперінсулінемією / В.О. Нікольська, З.Н. Меметова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 177-182.

Показаний взаємозв'язок формування захворювань стоматологічного характеру з різного роду патологією внутрішніх органів. У статті підсумовувані літературні дані, що свідчать про кореляцію змін на біохімічному рівні в порожнині рота і крові при ендокринних захворюваннях, зокрема при цукровому діабеті 2-го типу. Раннє виявлення відхилень показників ротової рідини може служити прогностичним чинником у виявленні різного роду патологій, що супроводяться гіперінсулінемією.

Ключові слова: патологія стоматологічного характеру, ендокринні захворювання, цукровий діабет 2-го типу, гіперінсулінемія.

Nikolskaya V.A. Role of biochemical analysis at pathology of stomatological character in the exposure of endocrine diseases, attended with a hyperinsulinemia / V.A. Nikolskaya, Z.N.Memetova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 177-182.

Intercommunication of forming of diseases of stomatological character from different family pathology of internalss is rotined. Literary information, testifying to correlation of changes at biochemical level in the cavity of mouth and blood at endocrine diseases, is added up in the article, in particular at saccharine diabetes of 2th type. The early exposure of rejections of indexes of mouth liquid can be the factor of prognosis in the exposure of different of pathologies, attended with a hyperinsulinemia.

Keywords: pathology of stomatological character, endocrine diseases, saccharine diabetes of 2th type, hyperinsulinemia.

Поступила в редакцію 19.10.2011 г.

УДК 543.635.24:543.544

ХРОМАТОГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ ІММОБІЛІЗОВАНИХ НА ПАПЕРОВИХ НОСІЯХ МОДЕЛЬНИХ ОЛІГОСАХАРИДІВ

Письменецька І.Ю.¹, Баттерс Т.Д.²

¹*Дніпропетровська державна медична академія, Дніпропетровськ, Україна*

²*Інститут глікобіології Оксфордського університету, Оксфорд, Велика Британія*

E-mail: pirina2004@list.ru

Спеціально розроблені паперові субстрати дуже корисні для збору, зберігання та пересилки біологічних зразків та широко застосовуються (здебільшого для крові та сироватки) по всьому світу. У даній роботі досліджується рівень екстрагування вуглеводів з різних паперових носіїв (карточок Гатри, хроматографічних дисків Grade AA Discs та хроматографічного паперу 3mm Whatman) для оцінки їх застосування з цією ж метою при вивченні ВЕРХ-спектрів олігосахаридів. Хроматографічні профілі гідролізованого декстрану та N-гліканів трансферину показали, що елюція з усіх досліджених матриксів дозволяє отримати адекватний спектр. Але значно вищий рівень екстрагування з хроматографічного паперу та можливість його застосування для попередньої очистки іммобілізованого матеріалу вказують, що він є найкращою альтернативою в разі необхідності.

Ключевые слова: карточки Гатрі, екстрагування гліканів з паперових матриксів, ВЕРХ-аналіз олігосахаридів.

ВСТУП

Протягом майже півстоліття з того часу, як у 1962 році Роберт Гатри застосував фільтрувальний папір щоб системно збирати кров новонароджених для аналізу на фенілкетонурію, карточки Гатри впровадили для неонатального скринінгу більш ніж у 30 країнах [1, 2]. Фенілкетонурію доповнили вроджений гіпертиреоз, серповидно-клітинна анемія, ВІЧ та інші хвороби [3]. Крім рутинної діагностики новонароджених, такий метод збору біологічного матеріалу знайшов своє достойне місце у генетичних скринінгах, особливо завдяки швидкому розвитку ДНК-технологій [4–6].

Карточки Гатри та їх модифікації (IsoCode STIX, FTA Gene Guard Collection Matrices – FTA Elute та інші) – це паперові носії з високоочищеної целюлози, що дозволяють збирати, зберігати та транспортувати біологічні зразки при температурі зовнішнього середовища. Найчастіше це зразки цільної крові чи плазми для аналізу білків, ферментів, нуклеїнових кислот, різних метаболітів та ліків. На таких носіях біоматеріал у сухому стані добре зберігається для його подальшого аналізу достатню довго: при температурі тропіків – до 10 років [7], а в менш екзотичних умовах – до 25 років [8] і більше [9].

Екстракцію вуглеводів з біологічних рідин, іммобілізованих на карточках Гатрі, вивчали при мас-спектрометрії глюкозаміногліканів, але аналізували тільки моно- та дисахариди [10]. Інформацію стосовно олігосахаридів не було знайдено.

Оскільки планується транспортувати біологічний матеріал для аналізу вільних олігосахаридів шляхом високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ), тому здається доцільним дослідити можливості використання з цією метою паперових матриксів.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Реактиви для нормальнофазової високоефективної рідинної хроматографії були від VWR International, інші – від Sigma-Aldrich.

В якості модельної суміші олігосахаридів використовували частково гідролізований декстран, що застосовується як зовнішній стандарт у високоефективній рідинній хроматографії вуглеводів, та глікани трансферину з добре відомим хроматографічним спектром.

Крім карточок Гатрі, в якості можливих для подальшого застосування паперових носіїв, були взяті матеріали, що широко використовуються у паперовій хроматографії – хроматографічні диски Grade AA та хроматографічний папір Whatman.

1. Екстракція з хроматографічних дисків

Для екстракції зразків з паперових дисків (Grade AA Antibiotic Assay Discs 13 mm, cat. 2017013, Whatman®) їх поміщали у скляні колонки (Oxford Glyco System). Диски промивали двічі 1 мл Milli-Q™ H₂O чи застосовували їх без промивки водою, потім двічі 1 мл метанолу та 4 рази 1 мл суміші н-бутанолу, етанолу та Milli-Q™ H₂O (4:1:1 / 4:1: 0,5 / 4:1: 0,25). Наносили зразки для аналізу та залишали диски на 15 хвилин для всмоктування зразків та підсушування. Диски із зразками промивали 4 рази 1 мл суміші н-бутанолу, етанолу та Milli-Q™ H₂O (в різних концентраціях - 4:1:1 / 4:1: 0,5 / 4:1: 0,25), потім 1 мл метанолу. Олігосахариди з дисків елюювали трьома порціями по 0,5 мл Milli-Q™ H₂O, при цьому першу порцію води залишали у колонці на 15-20 хвилин, перекриваючи потік рідини, для кращої екстракції гліканів.

2. Хроматографія на папері

Хроматографію на папері проводили з чи без попередньої промивки хроматографічного паперу (Whatman® cellulose chromatography papers 3mm) чи карточок Гатрі (S & S 903, Schleicher & Schuell, Dassel, Germany) Milli-Q™ H₂O у висхідному потоці. У разі промивки паперу чи карточок їх висушували при кімнатній температурі. Зразки: 1) гідролізованого декстрану (1,2,5 чи 10 мкл з концентрацією 10 мг/мл у Milli-Q™ H₂O чи сечовому буфері – 0,17M NaCl та 0,5M сечовини з рН6,0), 2) вільних олігосахаридів трансферину, наносили порціями на відстані 15 мм друг від друга і 20 мм від краю паперу та висушували. Хроматографію проводили із застосуванням суміші н-бутанолу, етанолу та Milli-Q™ H₂O в різних пропорціях: 1) 4:1:0,25; 2) 4:1: 0,5; 3) 4:1:1. Хроматографічний

папір чи карточку Гатри висушували та вирізали диски із зразками. Олігосахариди з дисків елюювали трьома порціями по 0,5 мл Milli-Q™ H₂O у скляних колонках Oxford GlycoSystem, при цьому першу порцію води залишали у колонці на 15-20 хвилин, перекриваючи потік рідини, для кращої екстракції гліканів.

3. Флуоресцентне маркування антраніловою кислотою (2-АА)

Олігосахариди маркували 2-амінобензойною (антраніловою) кислотою (Sigma - Poole, Dorset, Велика Британія) згідно з методикою, наведеною у роботі Neville D.C.A. et.al. [11]. з деякими модифікаціями. Антранілову кислоту (30мг/мл) розчиняли у суміші 4% (w/v) тригідрату ацетату натрію та 2% (w/v) борної кислоти у метанолі, додавали 45 мг ціаноборгідриду натрію та ретельно перемішували і отримували розчин для маркування. До висушених у концентраторі SpeedVac зразків додавали 30 мкл Milli-Q™ H₂O, 80 мкл розчину для маркування, ретельно перемішували та проводили реакцію впродовж 1 часу при 80°C. Пробірки охолоджували при кімнатній температурі, додавали 1мл суміші ацетонітрилу у воді (97:3 v/v) та перемішували.

4. Очищення 2-АА-маркованих гліканів

Для очищення маркованих олігосахаридів застосовували твердофазну екстракцію на колонках Spe-ed SPE Cartridges Amide-2, (Applied Separations, США) згідно [12] з деякими модифікаціями. Врівноваження колонки проводили 1 мл ацетонітрилу, потім 1 мл Milli-Q™ H₂O та знов 1 мл ацетонітрилу. Олігосахариди після маркування наносили на колонку у суміші ацетонітрилу з водою (97:3 v/v). Колонку промивали сумішшю ацетонітрилу з водою (95:5 v/v). та елюювали глікани 1,5 мл Milli-Q™ H₂O. 2-АА-марковані олігосахариди зберігали при -20°C.

5. Нормальнофазова високоефективна рідинна хроматографія

Очищені 2АА-марковані олігосахариди поділяли шляхом нормальнофазової високоефективної рідинної хроматографії на хроматографі фірми Waters (Велика Британія) з колонкою 4.6x250-mm TSK gel-Amide 80 (Anachem, Luton, Beds, Велика Британія) згідно з методикою, наведеною у роботі [11]. Для збору та обробки даних застосовували комп'ютерні програми Waters Millennium чи Waters Empower, Peak Time та Microsoft Office Excel 2003.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Головний недолік паперових носіїв – це низький рівень екстракції з них досліджуваних речовин. Так, екстракція загальної ДНК з цільної крові не перевищує 15-25% [9], трансферину з сироватки -10±0,3% [13]. Наші дослідження показали, що рівень екстракції альбуміну з карточок Гатрі, навіть при застосуванні сонікації, встановлює не більш ніж 25-30% (неопубліковані дані).

Частково гідролізований декстран утворює хроматографічний спектр з представництвом усіх полімерів глюкози у зростаючому порядку від мономеру до 10-14 мономерів в полімері і тому дозволяє пронумерувати кожний пік хроматограми у глюкозних одиницях (ГО) та перевірити рівень екстрагування з

паперових матриксів кожного такого піку. У даній роботі увага зосереджена на ділянці від 1 до 8 мономерів.

Оскільки подальше планується проводити очищення іммобілізованого біоматеріалу, потрібна перевірка впливу реагентів для очищення на кінцевий хроматографічний спектр. Була обрана суміш н-бутанолу, етанолу та Milli-Q™ H₂O, яка широко використовується у паперовій хроматографії вуглеводів, з різним співвідношенням складових - 4:1:1; 4:1: 0,5 та 4:1: 0,25.

Незалежно від носія, суміш у співвідношенні 4:1:1 не розчиняє олігосахариди вищі за трисахариди (4-8 ГО), добре розчиняє моно- (1 ГО) та дисахариди (2 ГО), частково розчиняє трисахариди (3 ГО), які таким чином повністю (1,2 ГО) чи частково (3 ГО) зникають із хроматографічного спектру, що демонструє Рис.1.

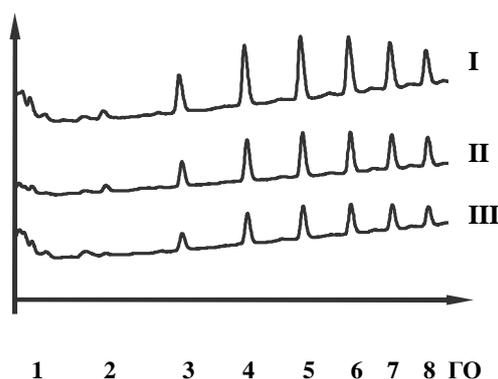


Рис.1. ВЕРХ-спектри декстрану з різних носіїв при застосуванні суміші н-бутанолу, етанолу та Milli-Q™ H₂O у пропорції 4:1:1.

Паперові носії: I - хроматографічний папір, II - диск, III - карточка Гатри.

Тому цю суміш корисно застосовувати у разі необхідності вилучення з біологічного матеріалу моно-, ди- та трисахаридів.

Порівняння спектрів, отриманих після такого очищення, показало, що повнота елюції різна при застосуванні різних носіїв – найвища з хроматографічного паперу, недостовірно нижча ($p > 0,05$) з дисків і достовірно нижча ($p < 0,001$) з карточок Гатри, що демонструє Рис.2. Рівень елюції з дисків та карточок Гатрі порівнювали з елюцією з найбільш ефективного носія – хроматографічного паперу. Ефективність останнього була прийнята за 100%.

Деяка різниця між хроматографічним папером та дисками, які зроблені з такого ж Whatman- матеріалу, може бути пов'язана із їх різною товщиною. Папір для хроматографії має меншу (0,36 мм) та більш рівномірну по всій площині товщину, що дуже важливо при його використанні у паперовій хроматографії. Диски використовують у антибіотичних дослідженнях, тому вони товстіші – 0,92 мм і не мають високих вимог у рівномірності.

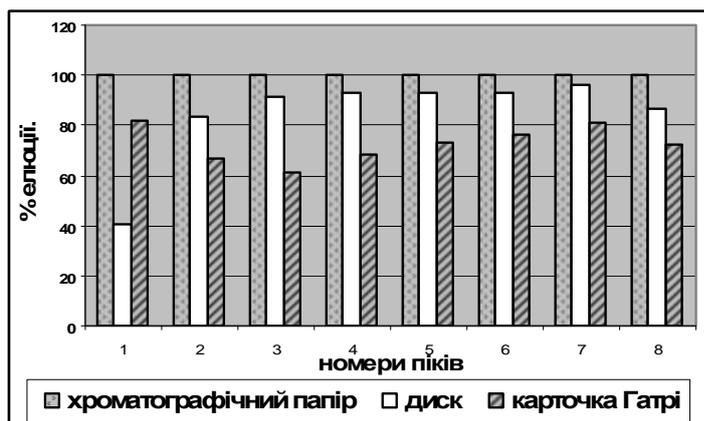


Рис.2. Порівняння ефективності елюції декстрану з різних носіїв. Елюція з хроматографічного паперу прийнята за 100%

Головним складником суміші для очищення, що впливає на зникнення із спектру окремих вуглеводів, є вода. Тому варіювання її часткою від 1 до 0,5 та 0,25 змінює хроматографічний спектр стосовно моно-, ди- та трисахаридів - рис 3. При зменшенні частки води ці вуглеводи пропорційно не вимиваються з паперового носія при очищенні біоматеріалу і тому залишаються у хроматографічному спектрі. Але навіть співвідношення складових 4:1:0,25 не дозволяє повністю зберегти у спектрі концентраційні пропорції 1,2 та 3 піків, про що свідчить наведений рисунок. Тому, якщо ці піки необхідні для дослідження, має сенс вводити коефіцієнт зберігання для кожного з них, використовуючи в якості стандартів спектри іммобілізованого декстрану та декстрану після прямого маркування.

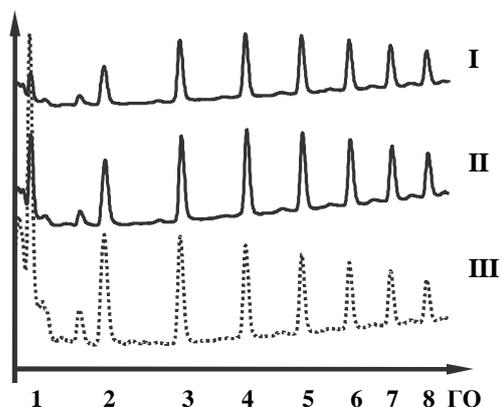


Рис.3. ВЕРХ-спектри декстрану з диска при застосуванні суміші н-бутанолу, етанолу та Milli-Q™ H₂O у пропорції: **I** - 4:1:0,5, **II** - 4:1:0,25 у порівнянні з прямим маркуванням - **III**.

Для встановлення абсолютної повноти елюції отримані з різних носіїв спектри порівнювали зі спектрами декстрану після прямого, без нанесення на папір, 2АА-маркування. Незалежно від типу паперового матриксу, чим вище молекулярна маса полімеру глюкози, тим краще він елюється з носія – Рис.4.

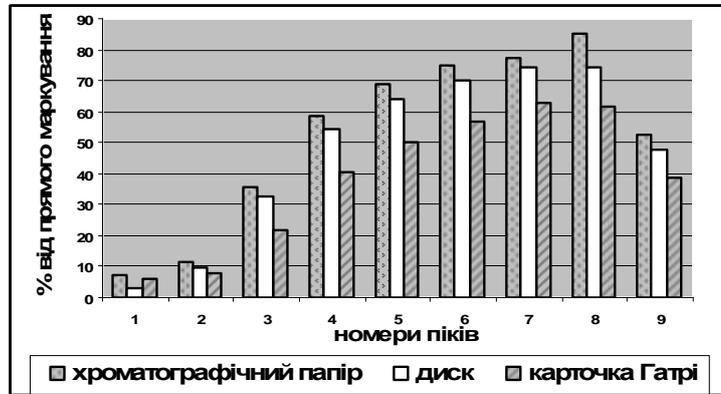


Рис.4. Порівняння ефективності елюції декстрану з різних носіїв відносно прямого маркування. Різниця вірогідна для хроматографічного паперу при $p < 0,01$, для дисків та карточок Гатрі при $p < 0,001$.

Для покращення екстрагування застосовували попередню обробку паперових носіїв. Їх промивали до нанесення декстрану, а потім висушували. Крім того, перевіряли вплив повного чи часткового просушування нанесеного на папір зразка. Однак усі ці заходи не впливали на хроматографічний спектр і не можуть бути рекомендовані для підвищення екстракції.

Оскільки планується вивчати олігосахариди сечі, то перевірили, чи змінює хроматографічний спектр сечовина – Рис.5.

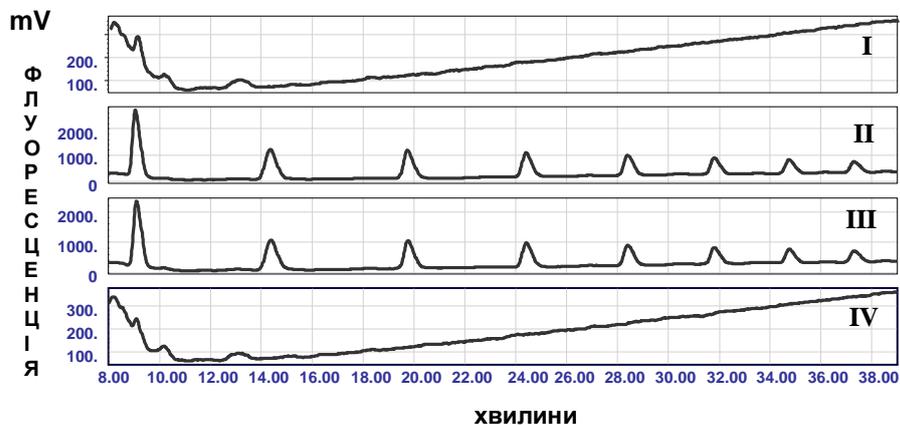


Рис.5. Вплив сечовини на ВЕРХ-спектр гідролізованого декстрану:
 I - вода, II - декстран у воді, III - декстран у сечовому буфері, IV - сечовий буфер

Для цього гідролізований декстран розчиняли у сечовому буфері та, крім того, перевіряли спектр самого концентрованого сечового буферу в порівнянні з водою. Як свідчить рисунок, сечовий буфер не екстрагує додаткових речовин з паперу, які б впливали на хроматографічний спектр олігосахаридів, та не змінює рівень екстракції їх з паперових носіїв.

Використання хроматографічного паперу для збору та транспортування зразків дозволяє провести попереднє очищення та частковий розподіл вуглеводів шляхом паперової хроматографії, але при цьому може втрачатися частина матеріалу. Паперова хроматографія 2-АА-маркованих гліканів з трансферину показала, що при ретельному дотриманні процедур втрати можуть бути мінімальні і не перевищувати 5-10% – Рис.6.

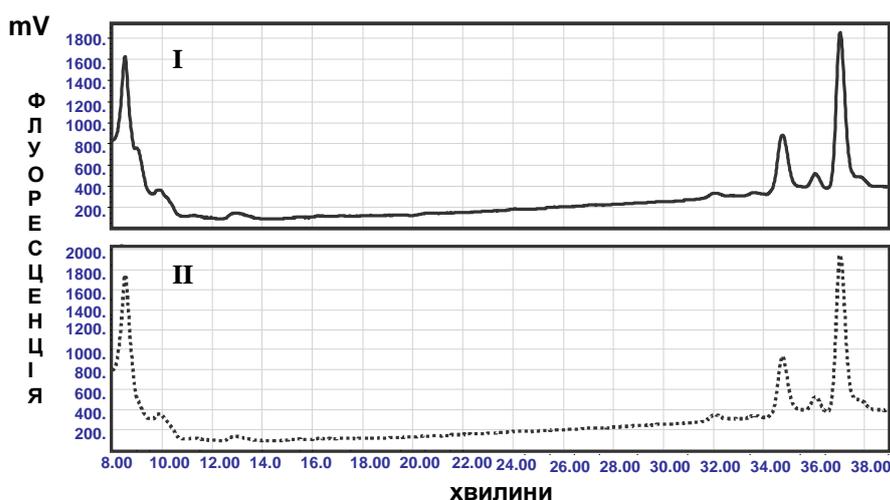


Рис.6. ВЕРХ-спектри гліканів трансферину після паперової хроматографії та після прямого маркування: I - паперова хроматографія, II - пряме маркування

ВИСНОВКИ

1. Порівняння якості екстракції олігосахаридів з хроматографічних дисків, карточок Гатри чи хроматографічного паперу показало, що усі вони можуть застосовуватися для іммобілізації біологічної матеріалу при вивченні ВЕРХ-спектрів олігосахаридів, але найкращий результат дає хроматографічний папір. Як показав аналіз вуглеводів з трансферину, більш ніж 90% високомолекулярних олігосахаридів може бути елюювано з цього носія.
2. Попередня обробка дисків, карточок Гатри чи хроматографічного паперу (промивка та сушка до та після нанесення декстрану) не впливає на якість екстракції гліканів.
3. Застосування сечового буферу замість води для розчинення досліджуваних зразків гідролізованого декстрану чи олігосахаридів трансферину також не оказувало дії ні на рівень екстракції з паперових носіїв, ні на якість ВЕРХ-

спектрів. Це дозволить використати паперові носії для вивчення ВЕРХ-спектрів олігосахаридів сечі.

4. Головний вплив на рівень екстракції мали пропорції суміші (н-бутанол, етанол та Milli-Q™ H₂O) для попереднього очищення іммобілізованого матеріалу. Зменшення частки води з 1 до 0,25 дозволило елюювати весь склад гідролізованого декстрану по всій шкалі піків та всі вуглеводи з трансферину. Коли ж є необхідність вилучити моно-, ди- та частково трисахариди із матеріалу, що аналізується, краще використовувати цю суміш у пропорції 4:1:1.

ПОДЯКИ

Роботу було виконано при підтримці міжнародного гранту EMBO (ASTF209-2007) та Інституту глікобіології Оксфордського університету (м.Оксфорд, Велика Британія) у лабораторії доктора Террі Д. Баттерса (Terry D. Butters).

Список літератури

1. Guthrie R. A simple method for detecting phenylketonuria in large populations of newborn infants/Guthrie R., Susi A. // Pediatrics – 1963.-V.32.-P.338-343.
2. Mei J.V. Use of filter paper for the collection and analysis of human whole blood specimens/Mei J.V., Alexander J.R., Adam B.W., Hannon W.H.//J Nutr.-2001.-131,№5.-P.1631S-1636S.
3. Матулевич С.А. Массовый скрининг новорожденных на наследственные болезни обмена как часть системы медико-генетической помощи населению: автореф. дис. на соискание науч. степени докт.мед. наук: спец. 03.00.15 «Генетика» / С.А.Матулевич. - Москва, 2009.- 44 с
4. Jinks D.C. Molecular genetic diagnosis of sickle cell disease using dried blood specimens on blotters used for newborn screening/ Jinks D.C., Minter M., Tarver D.A., Vanderford M. [et al.] // Hum. Genet.-1989.-№81.-P.363-366.
5. McCabe E.R.B. DNA microextraction from dried blood spots on filter paper blotters:potential applications to newborn screening /McCabe E.R.B., Huang S-Z, Seltzer W-K, Law ML. // Hum.Genet. -1987.-№75.-P.213-216.
6. Zhong K.J.Y. Comparison of IsoCode STIX and FTA Gene Guard Collection Matrices as Whole-Blood Storage and Processing Devices for Diagnosis of Malaria by PCR / Zhong K.J.Y., Salas C.J., Shafer R., Gubanov A. [et al.]//J. Clin Microbiol -2001.- 39, №3.- P.1195-1196.
7. Chaisomchit S. Stability of genomic DNA in dried blood spots stored on filter paper/Chaisomchit S., Wichajarn R., Janejai N., Chareonsirawatana W.//Southeast Asian J Trop Med Public Health.-2005.- 36, №1.- P.270-273.
8. Searles N.S.Risk of brain tumors in children and susceptibility to organophosphorus insecticides: the potential role of paraoxonase (PON1)/ Searles N.S., Mueller B.A., De Roos A.J., Viernes H.M. [et al.] // Environ Health Perspect -2005.- V.113.-P.909–913.
9. Hollegaard M.V. Genotyping whole-genome-amplified DNA from 3- to 25-year-old neonatal dried blood spot samples with reference to fresh genomic DNA/ Hollegaard M.V., Thorsen P., Norgaard-Pedersen B., Hougaard D.M. //Electrophoresis -2009.-30, №14.-P.2532-2535.
10. Ramsay S.L. Determination of monosaccharides and disaccharides in mucopolysaccharidoses patients by electrospray ionisation mass spectrometry/ Ramsay S.L., Meikle P.J., Hopwood J.J. // Mol Genet Metab.-2003. – 78, №3. – P.193–204.
11. Analysis of fluorescently labelled glycosphingolipid-derived oligosaccharides following ceramide glycanase digestion and anthranilic acid labelling / Neville D.C., Coquard V., Priestman D.A., te Vrugte D.J.M. [et al.] //Anal Biochem. – 2004. – Vol. 331. – P. 275–282.
12. Glucosylated free oligosaccharides are biomarkers of endoplasmic- reticulum alpha-glucosidase inhibition / Alonzi D.S., Neville D.C., Lachman R.H., Dwek R.A. [et al.] // Biochem J. – 2008. – 409, №2. – P.571–580.

13. Use of serum on Guthrie cards in screening for congenital disorders of glycosylation / H.A. Carchon, C.N. Ndosimao, S. Van Aerschot [et al.] // Clin Chem – 2006. – Vol. 52. – P.774-775.

Письменецкая И.Ю. Хроматографический анализ иммобилизованных на бумажных носителях модельных олигосахаридов/ И.Ю. Письменецкая, Т.Д. Баттерс // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С.183-191

Специально разработанные бумажные субстраты очень удобны для сбора, хранения и пересылки биологических образцов и широко используются (в основном для крови и сыворотки) по всему миру. В данной работе сравнивался уровень экстрагирования углеводов с разных бумажных носителей (карточек Гатри, хроматографических дисков Grade AA Discs и хроматографической бумаги 3mm Whatman) для оценки их использования с этой же целью при изучении ВЭЖХ-спектров олигосахаридов. Хроматографические профили гидролизованного декстрана и гликанов трансферрина показали, что все исследованные матрицы позволяют получить адекватные спектры. Однако, более высокий уровень экстракции с хроматографической бумаги и возможность использования ее для предварительной очистки иммобилизованного материала указывают на этот носитель, как лучшую альтернативу в случае необходимости.

Ключевые слова: карточки Гатри, экстрагирование гликанов с бумажных носителей, ВЭЖХ-анализ олигосахаридов.

Pisnenskaya I.U. Chromatographical analysis of model oligosaccharides immobilized on paper matrixes / I.U. Pisnenskaya, T.D. Butters // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No. 4. – P. 183-191.

Since various paper matrixes are very helpful for collection, keeping and sending of different biological samples and widely used (mostly for blood and serum) all over the world, we compared levels of carbohydrate recovering from several paper substrates (Guthrie cards, Grade AA Discs, Whatman chromatography paper) to evaluate their appropriateness for the same purposes in the case of glycan investigations. HPLC profiles of hydrolyzed dextran and N-glycans of transferrin showed that all studied matrixes can be used. Nevertheless, better glycan recovering from Whatman chromatography as well as the possibility of using the same paper sheet for preliminary paper chromatography of the samples, Whatman chromatography paper could give the best alternative.

Keywords: Guthrie cards, glycan recovering from paper matrixes, HPLC of oligosaccharides.

Поступила в редакцию 13.11.2011 г.

УДК 612.621.31-055.2:796.015.6

**ГЛЮКОКОРТИКОИДНАЯ АКТИВНОСТЬ КОРЫ НАДПОЧЕЧНИКОВ
И РЕАКЦИИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ У СПОРТСМЕНОВ
РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОГО
УПРАЖНЕНИЯ В ГИРЕВОМ СПОРТЕ**

Погодина С.В., Музыка С.Л., Юфереv В.С.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: yuvser@live.ru*

В статье рассматриваются проблемы толерантности к силовым физическим нагрузкам в гиревом спорте. В частности, обсуждаются возрастные особенности реакций коры надпочечников и кардиореспираторной системы во время выполнения соревновательного упражнения гиревиками различного возраста. Показано что, повышенная фоновая активность коры надпочечников у гиревиков ветеранов может обуславливать гипертензивные эффекты, а также снижать реактивность респираторных ответов во время выполнения силовых физических нагрузок.

Ключевые слова: глюкокортикоидная активность коры надпочечников, кардиореспираторная система, силовые физические нагрузки, спортсмены-ветераны.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение особенностей эндокринных систем и их роли в формировании приспособительных механизмов в организме спортсменов является одной из важнейших проблем спортивной тренировки [1]. В этом плане значительный интерес представляет изучение стресс-реализующих систем, составляющих основу неспецифических реакций организма на воздействие тренировочных и соревновательных физических нагрузок [2]. При этом важная роль в реализации адаптивных эффектов стресса принадлежит надпочечникам и в частности надпочечниковым гормонам глюкокортикоидам [1]. Оказывая опосредованное влияние на сосудистый тонус и тонус бронхиальной мускулатуры, активность глюкокортикоидной функции, может определять направленность адаптивных реакций кардио-респираторной системы при использовании больших физических нагрузок [3, 4]. Так, при использовании физических нагрузок, вызывающих значительную степень утомления у начинающих молодых спортсменов, а также у спортсменов-ветеранов, утративших уровень былой тренированности могут наблюдаться эффекты избыточного «выброса» кортикостероидов, в связи с гиперактивацией гипофизарно-адренкортикального звена адаптации, что в последствии может приводить к ее повреждающим эффектам [2]. Особенно данные эффекты могут проявляться при использовании физических нагрузок, силовой направленности, в частности в гиревом спорте [5, 6]

В этой связи **целью** нашей работы явилось изучение глюкокортикоидной активности коры надпочечников и ее влияния на приспособительные реакции кардио-респираторной системы спортсменов различного возраста при выполнении соревновательного упражнения в гиревом спорте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 3 группы гиревиков-добровольцев. Первую группу составили спортсмены 20-25 лет (n=18), вторую группу составили спортсмены 30-35 лет (n=10), и третью группу составили действующие гиревики-ветераны в возрасте от 45-55 лет (n=10). Концентрацию кортизола и тестостерона в сыворотке крови определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа с использованием наборов СтериодИФА-кортизол-01 и TESTOSTERON ELISA KIT. Вентиляторную функцию легких исследовали с помощью прибора «Spirobank» итальянской фирмы «MIR». В качестве исследуемых параметров использовали форсированную жизненную емкость легких (ФЖЕЛ), резервный объем вдоха и выдоха (РОВд., РОвыд.), максимальные объемные скорости форсированного выдоха при выдохе 25, 50, 75 % форсированной ЖЕЛ (МОС25, МОС50, МОС75), среднюю объемную скорость на уровне 25-75 % ЖЕЛ (СОС25-75). Все объемные показатели приведены к условиям ВTPS. Также регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС) и артериальное давление (АД), которое измеряли по методу Короткова. Исследования проводили как в покое, так и при выполнении соревновательного упражнения (на 5-ой и 10-ой минутах). Результаты обработаны статистически.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исходя из теории общего адаптационного синдрома, усиление адренокортикальной активности при физической нагрузке объясняется тем, что интенсивная физическая нагрузка является стрессором [2]. С позиций этой теории отсутствие усиления адренокортикальной активности при мышечной работе наблюдается в случаях, когда организм обладает хорошей резистентностью к данной нагрузке. Если это так, то наличие или отсутствие, а также степень усиления адренокортикальной активности должны зависеть от параметров нагрузки, в первую очередь от мощности, физической подготовленности и уровня тренированности спортсменов [7]. Также известно, что прием внутрь анаболических препаратов повышает уровень тренированности [1]. В связи с этим, обследованы гиревики не принимающие внутрь фармакологические препараты, содержащие анаболические стероиды. Средний уровень тестостерона в сыворотке крови испытуемых не превышал $27,06 \pm 2,23$ нмоль/л. (рис. 1)

Нами показано, что в покое наибольший уровень секреции кортизола в сыворотке крови отмечен у спортсменов ветеранов $878,69 \pm 288,32$ нмоль/л, наименьший у молодых спортсменов $521,13 \pm 53,57$ нмоль/л (рис. 2). После первых пяти минут соревновательной нагрузки у начинающих молодых спортсменов уровень кортизола возрос до $644,57 \pm 63,91$ нмоль/л, в свою очередь вторая пятиминутка соревновательного упражнения способствовала еще более выраженному повышению секреции кортизола, достигающей до $778,49 \pm 81,56$ нмоль/л. У спортсменов 30-35 лет,

имеющих значительный соревновательный опыт, различия в уровнях секреции кортизола, как в покое, так и при выполнении соревновательного упражнения не выявлено. Концентрация кортизола в сыворотке крови в покое была равной $588,72 \pm 141,30$, а после десятой минуты выполнения соревновательного упражнения не превышала значений равных $722,46 \pm 165,26$ нмоль/л.

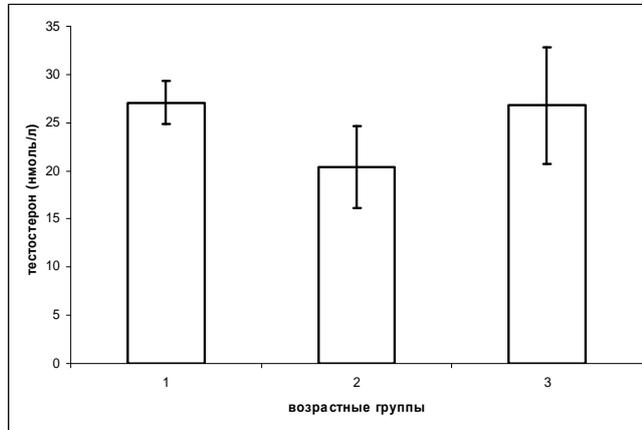


Рис. 1. Концентрация тестостерона в сыворотке крови спортсменов 20-25 лет (1), 30-35 лет (2) и 45-55 лет (3), ($x \pm Sx$).

У спортсменов ветеранов, также не наблюдалось различия в уровнях секреции кортизола в покое и при выполнении соревновательной нагрузки. Однако, незначительная реакция коры надпочечников на нагрузку, сочеталась с повышением ее фоновой активности, что свидетельствует о неполноценной и энергетически расточительной адаптационной реакции у данной группы спортсменов [2].

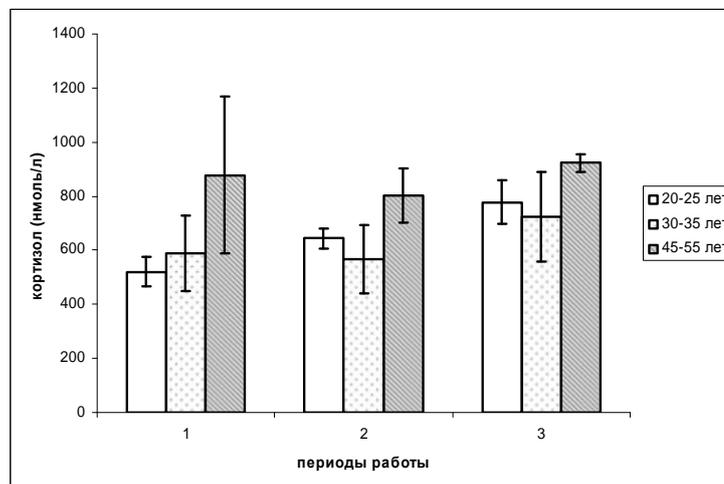


Рис. 2. Концентрация кортизола в сыворотке крови спортсменов в покое (1) и после выполнения пяти (2) и десяти (3) минут соревновательного упражнения ($x \pm Sx$).

При исследовании приспособительных реакций системы кровообращения показано, что наибольший уровень систолического и диастолического артериального давления в покое и при выполнении соревновательной нагрузки наблюдался у спортсменов ветеранов, в свою очередь наименьший уровень данных величин выявлен у самых молодых спортсменов. Причем у этих групп испытуемых выраженный прирост уровня АД наблюдался лишь на 5 минуте выполнения упражнения. Так у ветеранов АД систолическое в покое было равным $138,21 \pm 6,55$, а у гиревиков 20-25 лет $118,23 \pm 4,61$ мм.рт.ст.. После 5-ой минуты соревновательного упражнения уровень систолического АД повышался у ветеранов спорта до $158,08 \pm 9,30$, а у гиревиков 20-25-летнего возраста до $140,58 \pm 6,26$ мм.рт.ст., (рис. 3а). Та же тенденция прослеживалась и в отношении диастолического артериального давления (рис. 3б). У спортсменов ветеранов диастолическое АД в покое было равным $89,07 \pm 3,02$, а у гиревиков 20-25 лет $75,52 \pm 2,33$ мм.рт.ст.. После 5 минут соревновательной нагрузки уровень диастолического АД повышался у ветеранов спорта до $100,17 \pm 4,84$, а у молодых гиревиков до $89,05 \pm 2,85$ мм.рт.ст.. Интересным является факт ареактивности АД во время выполнения соревновательного упражнения у спортсменов 30-35-летнего возраста.

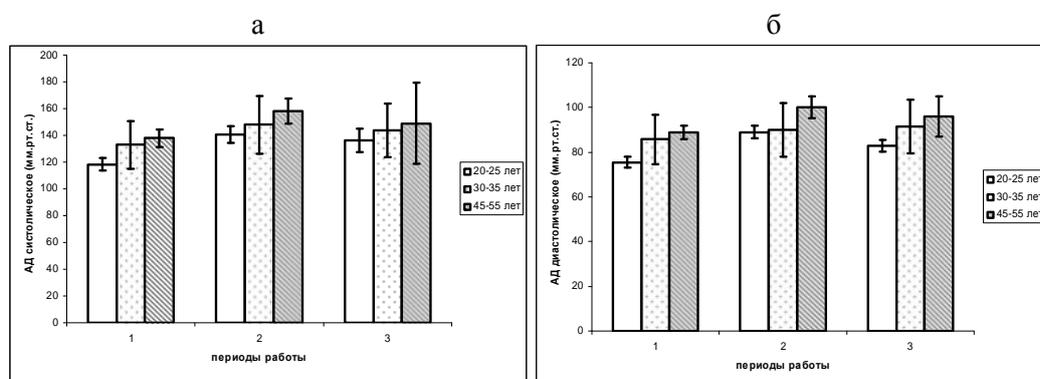


Рис. 3. Уровень систолического (а) и диастолического (в) артериального давления спортсменов в покое (1) и после выполнения пяти (2) и десяти (3) минут соревновательного упражнения ($\bar{x} \pm Sx$).

Так, уровень АД этой группы спортсменов во время выполнения соревновательного упражнения не изменился по отношению к уровню покоя. Что же касается динамики ЧСС при выполнении соревновательного упражнения, то разницы между уровнями этого показателя у спортсменов трех возрастных групп нами не выявлено. Однако, значительное повышение уровня ЧСС у всех спортсменов также наблюдалось лишь на 5-ой минуте упражнения (рис. 4).

Исследование функций системы внешнего дыхания показало, что физическая нагрузка оказывала воздействие на мобилизацию дыхательной функции легких у всех спортсменов. В связи с тем, что при выполнении соревновательного упражнения в гиревом спорте дыхательные маневры осуществляются в условиях сопротивления весу, поднимаемого спортсменами отягощения, то наиболее

важными в таких условиях являются показатели бронхиальной проходимости, определяющие мощность дыхательной мускулатуры, а также величины резервных объемов, характеризующие степень их мобилизации [5].

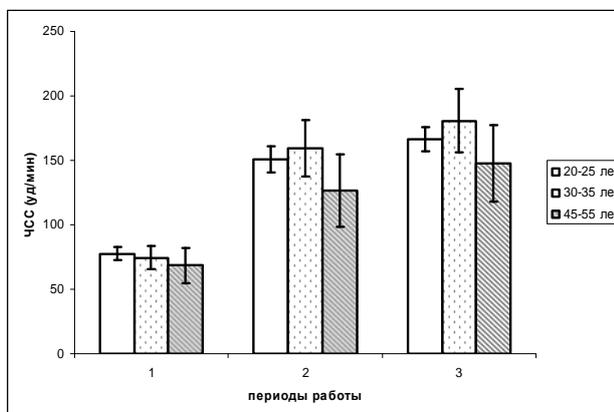


Рис. 4. Частота сердечных сокращений в покое (1) и после выполнения пяти (2) и десяти (3) минут соревновательного упражнения ($\bar{x} \pm S_x$).

В свою очередь наименьшая средняя объемная скорость потока воздуха зарегистрирована у гиревиков-ветеранов, в покое этот показатель был равен $2,68 \pm 0,87$ л/мин, а при выполнении соревновательного упражнения максимально увеличился лишь до $3,55 \pm 0,46$ л/мин. В отношении бронхиальной проходимости в бронхах различного калибра отмечено, что наибольшие скорости потока воздуха в бронхах большого, среднего и малого калибра зарегистрированы у самых молодых спортсменов. В свою очередь наименьшая пропускная способность бронхов отмечена у гиревиков-ветеранов.

Причем, если в бронхах большого калибра не наблюдалось разницы в уровнях бронхиальной проходимости у гиревиков среднего возраста и пожилых спортсменов, то в бронхах малого, и особенно среднего калибра эта разница была существенной. Так, на 10-ой минуте соревновательного упражнения, величины показателя МОС50 у спортсменов от 25 до 35 лет достигали значений доходящих до $6,09 \pm 0,62$ и $6,41 \pm 0,81$ л/мин, то у спортсменов-ветеранов величина этого показателя достигла пределов $3,80 \pm 0,44$ л/мин. В свою очередь МОС25 у гиревиков-ветеранов и гиревиков 30-35 летнего возраста во время выполнения соревновательного упражнения находилась соответственно в пределах от $5,28 \pm 1,47$ до $7,33 \pm 0,97$ л/мин. Также эффективность приспособительных реакций внешнего дыхания у молодых спортсменов при выполнении соревновательного упражнения определялась большими величинами резервных дыхательных объемов в сравнении со спортсменами 30-35 лет и ветеранами. Причем в большей степени это выражалось в отношении резервного объема выдоха, который во время нагрузки у гиревиков-ветеранов не превышал значений $0,97 \pm 0,08$ мл.

Таблица 1.

Показатели резервных дыхательных объемов и бронхиальной проходимости у гиревиков различного возраста в покое (1) и после выполнения пяти (2) и десяти (3) минут соревновательного упражнения ($x \pm Sx$).

Показатели	Возраст спортсменов								
	20-25 лет			30-35 лет			45-55 лет		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
ФЖЕЛ (л/мин)	4,86± 0,66	4,76± 0,67	4,80± 0,65	5,70± 0,36	5,84± 0,26	5,77± 0,26	4,84± 0,50	4,33± 0,20	4,26± 0,26
СОС 25/75 (л/мин)	4,46± 0,67	5,73± 0,6	5,91± 0,63	4,61± 0,57	5,31± 0,63	5,84± 0,73	2,68± 0,87	3,21± 0,50	3,55± 0,46
МОС 25 (л/мин)	6,71± 0,69	7,04± 0,65	7,17± 0,58	5,34± 0,90	7,47± 1,08	7,33± 0,97	3,83± 0,98	4,64± 1,33	5,28± 1,47
МОС 50 (л/мин)	5,60± 0,69	5,84± 0,64	6,09± 0,62	5,07± 0,71	5,88± 0,71	6,41± 0,81	3,72± 0,72	3,30± 0,58	3,80± 0,44
МОС 75 (л/мин)	3,71± 0,77	3,96± 0,75	4,02± 0,75	2,85± 0,59	2,93± 0,65	3,44± 0,68	2,14± 0,48	2,03± 0,48	2,01± 0,55
РО вд. (мл)	2,58± 0,76	2,38± 0,75	2,30± 0,74	1,97± 0,67	2,11± 0,63	1,85± 0,81	1,57± 0,63	1,86± 0,38	2,31± 0,28
РО выд. (мл)	2,15± 0,79	1,95± 0,80	2,08± 0,80	1,05± 0,03	1,27± 0,84	0,90± 0,08	0,90± 0,01	0,97± 0,08	0,82± 0,06

Для изучения особенностей влияния активности глюкокортикоидной функции на характер приспособительных реакций кардио-респираторной системы гиревиков различного возраста в покое и при выполнении соревновательного упражнения был проведен корреляционный анализ между исследуемыми показателями (рис. 5). Результаты данного анализа показали, что высокая фоновая активность глюкокортикоидной функции у гиревиков-ветеранов оказывала существенное влияние на частотный компонент реакции со стороны сердечно-сосудистой системы (коэффициент корреляции между уровнем кортизола в покое и величиной ЧСС составил $r = -0,73$), а также на значительное повышение АД у этих спортсменов во время выполнения соревновательного упражнения (коэффициент корреляции между этими показателями составил $r = 0,58$), что связано с гипертензивным эффектом глюкокортикоидов при их гиперпродукции [3].

В свою очередь, не смотря на зарегистрированные у гиревиков-ветеранов, низкие величины скорости потока воздуха в бронхах различного калибра, у данной группы спортсменов выявлены высокие степени взаимосвязи между уровнем секреции глюкокортикоидов и показателями бронхиальной проходимости (соответственно величина r варьировала в диапазоне от 0,80 до 0,96). По видимому, невысокая пропускная способность бронхов при использовании интенсивных физических нагрузок, была обусловлена снижением функциональных возможностей дыхательной мускулатуры, что связано, как с возрастными изменениями тонуса этой мускулатуры, так и со слабой выраженностью приспособительных ответов со

стороны системы дыхания на повышенное содержание глюкокортикоидов в организме пожилых людей [4].

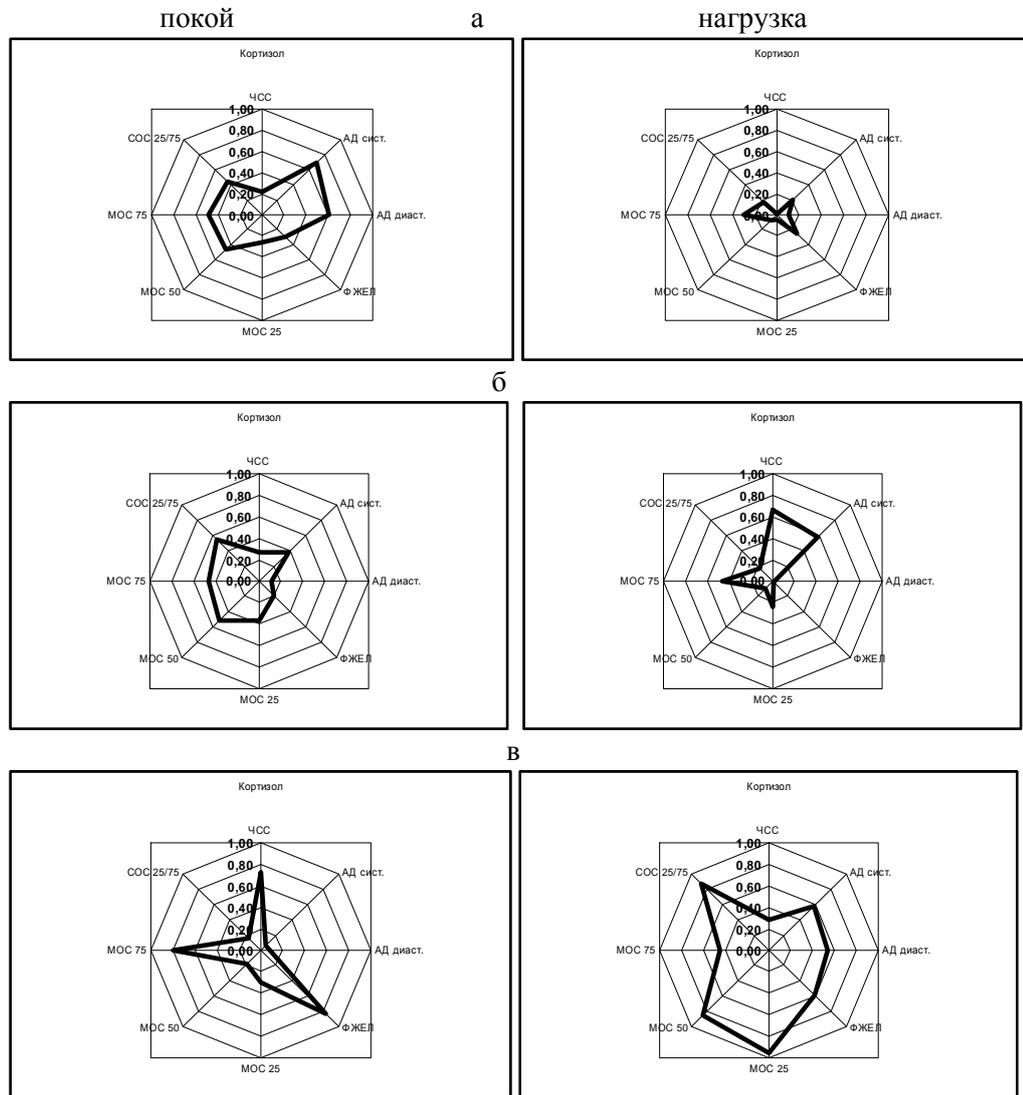


Рис. 5. Корреляционные взаимосвязи между уровнем кортизола в сыворотке крови и показателями кардиореспираторной системы у гиревиков 20-25 лет (а), 30-35 лет (б) и 45-55 лет (в) в покое и при выполнении соревновательного упражнения.

У гиревиков 30-35 лет выявлены реципрокные взаимоотношения между глюкокортикоидной активностью и показателями систолического АД и ЧСС (соответственно $r=-0,58$ и $r=-0,66$), что свидетельствует о нормализующей функции глюкокортикоидов в регуляции сосудистого тонуса в здоровом организме [3].

У молодых гиревиков значимых корреляционных зависимостей между исследуемыми показателями во время выполнения соревновательной нагрузки не выявлено. Тем не менее, в покое у данной группы спортсменов отмечена высокая степень взаимосвязи величины кортизола с уровнем систолического и диастолического АД (соответственно $r=0,70$ и $r=0,60$). То есть фоновая активность глюкокортикоидной функции оказывала существенное влияние на уровень артериального давления гиревиков 20-25 лет.

ВЫВОД

1. При выполнении соревновательного упражнения в гиревом спорте выявлены возрастные особенности реакций со стороны стрессреализующей и кардиореспираторной систем у гиревиков 20-25, 30-35 и 45-55 лет.
2. В частности у гиревиков 45-55 лет выявлена повышенная фоновая активность глюкокортикоидной функции (кортизол в покое $878,69 \pm 288,32$ нмоль/л), которая обуславливает гипертензивный эффект и слабую выраженность приспособительных ответов со стороны дыхательной системы во время выполнения соревновательного упражнения. Так у данной группы спортсменов выявлена высокая степень взаимосвязи между уровнем кортизола в сыворотке крови в покое и показателям ЧСС ($r= -0,73$), АД ($r= 0,58$) и уровнем бронхиальной проходимости ($r= 0,96$). При выполнении соревновательного упражнения увеличения активности глюкокортикоидной функции у гиревиков ветеранов не выявлено.
3. У гиревиков 20-25 и 30-35 лет фоновая активность глюкокортикоидной функции в норме (кортизол в покое соответственно $521,13 \pm 53,57$ и $588,72 \pm 141,30$ нмоль/л). По мере выполнения соревновательного упражнения у данных групп гиревиков выявлено повышение уровня кортизола в сыворотке крови на 10-ой минуте соревновательного упражнения (уровень кортизола у гиревиков 20-25 лет составил $778,49 \pm 81,56$, и 30-35 лет $722,46 \pm 165,26$ нмоль/л). Уровень артериального давления данных групп спортсменов в норме, при этом у гиревиков 30-35 лет выявлена ареактивность со стороны АД на физическую нагрузку и реципрокные взаимоотношения между уровнем кортизола и показателями систолического АД и ЧСС (соответственно $r=-0,58$ и $r=-0,66$). В свою очередь у спортсменов 20-25 лет отмечена значительная степень взаимосвязи фоновой величины кортизола с уровнем систолического и диастолического АД (соответственно $r=0,70$ и $r=0,60$).
4. Эффективность приспособительных реакций аппарата внешнего дыхания у гиревиков 20-25 и 30-35 лет при выполнении соревновательного упражнения определялась большими величинами пропускной способности бронхов и резервного объема выдоха в сравнении со спортсменами ветеранами у которых РО выд во время выполнения физической нагрузки не превышал значений $0,97 \pm 0,08$ мл. Выявленные особенности приспособительных реакций могут быть использованы с целью коррекции процесса адаптации к физическим нагрузкам у гиревиков различного возраста.

Список литературы

1. Виру А.А. Функции коры надпочечников при мышечной деятельности / Виру А.А. – М.: Медицина, 1977. – 176 с.
2. Меерсон Ф.З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшенникова – М.: Медицина, 1988. - 256 с.
3. Милославский Я.М. Надпочечники и артериальная гипертония / Милославский Я.М., Меньшиков В.В., Большакова Т.Д. – М.: Медицина, 1971. – 260 с.
4. Фролькис В.В. Регулирование, приспособление, старение / Фролькис В.В. – Л.: Наука, 1970. – 432 с.
5. Олешко В.Г. Силовые виды спорта / Олешко В.Г. – К.: Олимпийская литература, 2004. – 235 с.
6. Чернышева Е.Н. Влияние двигательной активности на физическое состояние ветеранов спорта / Е.Н. Чернышева // Теория и практика физической культуры. – 2005. – №9. – С.60–62.
7. Муравов И. Социально-биологические проблемы взаимосвязи спорта и здоровья: реальность и перспективы / И. Муравов // Труды IV Междунар. конгресса «Современный олимпийский спорт и спорт для всех». – Киев: Олимпийская литература. – 2000. – С.223.

Погодина С.В. Глюкокортикоїдна активність кори надниркових залоз і реакції кардіореспіраторної системи у спортсменів різного віку при виконанні змагальних вправ у гирьовому спорті / С.В. Погодіна, С.Л. Музыка, В.С. Юферев // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 192-200.

У статті розглядаються проблеми толерантності до силових фізичних навантажень в гирьовому спорті. Зокрема, обговорюються вікові особливості реакцій кори надниркових залоз і кардіореспіраторної системи під час виконання вправи змагального гирьовики різного віку. Показано що, підвищена фонові активність кори надниркових залоз у гирьовиків ветеранів може обумовлювати гіпертензивні ефекти, а також знижувати реактивність респіраторних відповіді під час виконання силових фізичних навантажень.

Ключові слова: глюкокортикоїдна активність кори надниркових залоз, кардіореспіраторна система, силові фізичні навантаження, спортсмени-ветерани.

Pogodina S.V. Glucocorticoid activity of the adrenal cortex and the reaction cardiorespiratory system athletes of different ages in the implementation of the competition the exercises in kettlebell lifting / S.V. Pogodina, S.L. Muzika, V.S. Yuferev // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 192-200.

The article deals with the problem of tolerance to physical exertion of force in kettlebell sport. In particular, we discuss age-sensitive responses of the adrenal cortex and the cardiorespiratory system during the execution of a competitive weightlifter exercises of various ages. It is shown that the increased background activity of the adrenal cortex in weightlifters veterans may cause the hypertensive effects, as well as reduce the reactivity of the respiratory responses during the execution of the power of physical activity.

Keywords: glucocorticoid activity of the adrenal cortex, cardiorespiratory system, power exercise, athletes and veterans.

Поступила в редакцію 19.09.2011 г.

УДК 528.811:577.152

ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ СИНТЕЗА ОКСИДА АЗОТА ПОД ДЕЙСТВИЕМ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Раваева М.Ю., Чужан Е.Н.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: mravaeva@ukr.net*

В статье рассматривается влияние низкоинтенсивного миллиметрового излучения на систему синтеза оксида азота. Установлено, что этот физический фактор значительно повышает окислительный метаболизм аргинина, приводящий к синтезу оксида азота за счёт высокоспецифической активации его окислительного конститутивного (Ca^{2+} -зависимого) *de novo* синтеза.

Ключевые слова: низкоинтенсивное миллиметровое излучение, система синтеза оксида азота.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что электромагнитные излучения (ЭМИ) различных диапазонов и интенсивностей обладают выраженной биологической эффективностью, в связи с чем широко применяются в медицинской практике с целью коррекции расстройств различного генеза [1]. Среди электромагнитных факторов низкой интенсивности в настоящее время широко исследуется биологическое действие ЭМИ миллиметрового (мм) диапазона, или крайне высокой частоты (КВЧ), которые, не вызывая структурных изменений в организме, сопровождаются выраженными биологическими ответами при минимальной затрате энергии [2-4].

В наших предыдущих исследованиях [5] применяя метод лазерной доплеровской флоуметрии удалось доказать, что низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ оказывает выраженное действие на микроциркуляцию крови в коже здоровых испытуемых, что выражается в изменении неосцилляторных и осцилляторных характеристик базального кровотока и показателей микрососудистого тонуса. В данных исследованиях установлено, что в механизмах действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на микроциркуляторные процессы основную роль играет изменение функциональной активности микрососудистого эндотелия, в пользу чего свидетельствует увеличение амплитуд эндотелиальных колебаний базального кровотока и стимулированной NO-синтазной активности при фармакологической (увеличение уровня реакции кожного кровотока при ионофоретическом введении ацетилхолина максимально на 78,76%; $p \leq 0,05$) и окклюзионной (увеличение реакции кожного кровотока при регистрации постокклюзионной реактивной гиперемии на 63,28%; $p \leq 0,05$) пробах.

Однако прямых исследований влияния ЭМИ КВЧ на систему синтеза оксида азота у здоровых волонтеров не проводилось, что и явилось целью настоящего исследования..

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимало участие 14 девушек-волонтеров в возрасте 19-21 год, условно-здоровых. Исследование системы синтеза оксида азота проводилось биохимическими методами до и после КВЧ-воздействия в лаборатории нанобиотехнологий Института биохимии им. А.В. Палладина НАН Украины (г. Киев).

Экспериментальное воздействие ЭМИ КВЧ осуществлялось на протяжении 10 дней, ежедневно, в утреннее время суток на 7-миканальном аппарате «РАМЕД. ЭКСПЕРТ-04» (длина волны 7,1 мм, частота излучения 42,4 ГГц, плотность потока мощности – 0,1 мВт/см²) (производство научно-исследовательской лаборатории «Рамед», г. Днепропетровск; регистрационное свидетельство МЗ №783/99 от 14.07.99, выданное КНМТ МОЗ Украины о праве на применение в медицинской практике в Украине). Воздействие осуществлялось в течение 30-ти минут на области биологически активных точек, а именно: GI-15 правого плечевого сустава, на симметричные E-34, RP-6 и GI-4. Выбор этих точек обусловлен их рефлексогенным общеукрепляющим и стимулирующим действием на организм [6].

До и после 10-ти сеансов КВЧ-воздействия у волонтеров из локтевой вены производился забор крови в объеме 10 мл. В пробирки с кровью добавляли 1,5 мл цитрата натрия и центрифугировали со скоростью 1500 об/мин 15 мин для сбора надосадочной жидкости (плазма крови, обогащённая белыми клетками крови).

Методы биохимических исследований

Для оценки состояния системы синтеза оксида азота определяли величины биохимических показателей плазмы крови, характеризующих интенсивность обмена L-аргинина по двум альтернативным путям метаболизма (неокислительному аргиназному и окислительному NO-синтазному).

Интенсивность неокислительного метаболизма оценивали, определяя активность аргиназы (Arg, нмоль/мин мг белка) и содержание мочевины (нмоль / мг белка), образующейся при работе этого фермента. Интенсивность окислительной деградации аргинина, при которой синтезируется оксид азота *de novo* оценивали по активности различных изоферментов NO-синтаз – кальций-зависимой конститутивной (определялась суммарная активность eNOS + nNOS = cNOS, пмоль/мин мг белка) и кальций-независимой индуцибельной (iNOS, пмоль/мин мг белка), а также по уровню окисленных стабильных метаболитов оксида азота – нитрит- (NO₂ (-), пмоль/мг белка) и нитрат- (NO₃ (-), нмоль/мг белка) анионов.

Оценивали также интенсивность реутилизации нитрат-анионов для неокислительного ресинтеза оксида азота, определяя НАДФ-зависимую нитратредуктазную активность (нитратредуктаза, нмоль / мин мг белка).

Используя первичные экспериментальные данные, рассчитывали величины некоторых их соотношений, а именно:

- долю содержания нитрит-аниона (%NO₂(-), %) в суммарном пуле стабильных метаболитов оксида азота по формуле:

$$\% \text{NO}_2 = (\text{NO}_2^{2-}) \times 100 / (\text{NO}_2^{2-}) + (\text{NO}_3^{3-});$$

- индекс оксигенации (ИО) (в у.е.) по формуле:

$$\text{ИО} = (\text{NO}_2^{2-}) \times 100 / (\text{NO}_3^{3-}) + (\text{мочевина}),$$

где (NO₂²⁻), (NO₃³⁻), (мочевина) - содержание соответствующих соединений в плазме крови;

- долю активности cNOS (% cNOS, %) в суммарной активности NO-синтаз (iNOS + cNOS) по формуле:

$$\% \text{cNOS} = \text{cNOS} \times 100\% / \text{суммарная активность NOS};$$

- величину соотношения активностей неокислительного (аргиназного) и разных путей окислительного (NO-синтазного) метаболизма аргинина через величину соотношения активностей аргиназы и суммарной NOS (активность аргиназы / суммарная активность NOS, у.е.);

- величину соотношения различных путей (кальций-независимого индуцибельного и кальций-зависимого конститутивного) окислительного de novo и неокислительного восстановительного (реутилизационного) путей синтеза оксида азота, определяя величину соотношения активностей ферментов этих различных путей синтеза оксида азота (активность нитратредуктазы / суммарная активность NOS, усл.ед., активность нитратредуктазы / активность iNOS, у.е. и активность нитратредуктазы / активность cNOS, у.е.).

Определение суммарной активности NO-синтаз (cNOS+iNOS).

Для определения суммарной активности NO-синтаз в плазме крови (cNOS+iNOS, пмоль/мин на мг белка) брали аликвоты проб, которые содержали 500-1000 мкг белка и инкубировали на протяжении 60 мин при 37°C в общем объеме 1 мл субстратной смеси (pH 7,0) следующего состава (мкмоль/мл): KH₂PO₄ (ч.д.а.) - 50, MgCl₂ (ч.д.а.) - 1, CaCl₂ (ч.д.а.) - 2, НАДФН ("Sigma", США) - 1, L-аргинин (ч.д.а.) - 2.

Реакцию останавливали, прибавляя 0,3 мл 2N HClO₄ (ч.д.а.). Контролем были пробы, которые содержат полную субстратную смесь и предварительно денатурированный 2 N HClO₄ белок.

Смесь центрифугировали при 3500 об./мин на протяжении 10 мин и в надосадочной безбелковой смеси определяли содержимое L-цитруллина высокоспецифическим методом по цветной реакции с антипирином.

Чувствительность метода - 0,2 мкг L-цитруллина в 1 мл, благодаря чему он может использоваться для исследования активности NO-синтаз, заменяя общепотребляемый радиоактивный метод с использованием радиоактивного L-аргинина.

Определение активности индуцибельной iNOS.

Для определения индуцибельной NOS (пмоль/мин мг белка) использовали методику определения, аналогичную предыдущей, но с некоторыми отличиями: для определения активности Ca²⁺-независимой NOS в инкубационную смесь вместо CaCl₂ добавляли 2 мкмоль EDTA.

Расчет активности конститутивной cNOS.

Активность cNOS (пмоль/мин мг белка) в плазме крови подсчитывали, отнимая от суммарной активности NOS (eNOS+nNOS) активность iNOS.

Активность ферментов выражали в пикомолях новообразовавшегося L-цитрулина за 1 минуту в расчете на 1 миллиграмм общего белка в исследуемой пробе.

Определение общей нитратредуктазной активности.

Инкубационную смесь (1 мл), содержащую в фосфатном буфере (pH 7,0) субстрат (NO_3^-), кофактор (НАДН) и аликвоту плазмы крови инкубировали при 37°C в течение 60 мин после чего останавливали реакцию, прибавляя 0,3 мл 2N HClO_4 . После центрифугирования (3500 об./мин в течение 10 мин) для удаления осадка белка в безбелковой надосадочной фракции определяли содержание остаточного нитрат-аниона, как описано выше.

Определение активности аргиназы.

Базальную аргиназную активность определяли методом [7], основанным на образовании мочевины в инкубационной смеси (1 мл), которая содержала L-аргинин и аликвоты проб в трис-HCl ("Calbiochem") буфере (pH=8,0).

Инкубацию проводили при 37°C в течение 60 мин, реакцию останавливали, прибавляя 0,3 мл 2N HClO_4 .

Осадок удаляли центрифугированием и в надосадочной жидкости определяли содержимое мочевины (нмоль/мг белка), которая образовалась в плазме крови.

Определение содержания цитрулина.

Цитруллин определяли высокочувствительным методом [8]. Безбелковые аликвоты проб смешивали с 2 мл реагента (1 мл 59 мМ диацетилмонооксиму («Sigma» США) + 1 мл 32 мМ антипирина («Sigma» США) + 55 мкМ сульфата железа (2) в 6 N H_2SO_4), кипятили на протяжении 15 мин на водяной бане, после охлаждения определяли величину экстинкции при 456 нм. Количество цитрулина определяли с помощью калибровочного графика с использованием L-цитрулина (х.ч.).

Определение содержания NO_2 .

Количество нитрит-аниона определяли в безбелковых аликвотах плазмы крови в колориметрической реакции с помощью реактива Грисса методом Грина [9]. Реактив Грисса готовили, смешивая равные части 0,1 % водного раствора нафтилэтилендиаминдигидрохлорида ("Sigma", США) с 1% раствором сульфаниламина ("Sigma", США) в 5 % H_3PO_4 (ч.д.а.) непосредственно перед определением. Количество NO_2 – определяли с помощью калибровочной кривой, построенной с использованием NaNO_2 (х.ч.).

Определение содержания NO_3^- .

Количество нитрат-аниона (NO_3^- , нмоль/мг белка) определяли бруциновым методом в безбелковых аликвотах проб спектрофотометрическим методом [10].

Аликвоты проб инкубировали с бруциновым реактивом при 100°C в течении 10 мин после чего охлаждали и определяли величину экстинкции при 405 нм. Бруциновый реактив готовили путем растворения 60 мг бруцина ("Sigma", США) в 100 мл 50 % серной кислоты (х.ч.). Количество NO_3^- определяли с помощью калибровочной кривой, построенной с использованием NaNO_3 (х.ч.).

Определение содержания мочевины.

Содержание мочевины (нмоль/мг белка) в плазме крови определяли колориметрическим методом в безбелковых растворах с помощью реактивов фирмы «Филисит-Диагностика», г. Днепропетровск, Украина. К смеси (1:1) растворов диацетилмонооксида и смесь тиосемикарбазида прибавляли 0,01 мл безбелковой пробы. Полученную смесь выдерживали в течение 10 мин на кипящей водяной бане, быстро охлаждали и фотометрировали при 500 нм. Концентрацию мочевины рассчитывали, используя оптическую плотность калибровочной пробы.

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью пакета «Статистика 5,5». Достоверность различий исследуемых показателей до и после КВЧ-воздействия определялась с помощью непараметрического критерия Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты настоящего исследования позволили установить, что после 10-тикратного КВЧ-воздействия происходили изменения интенсивности окислительной деградации аргинина. Так, показано (табл. 1), что после КВЧ-воздействия возросло содержание в плазме крови конститутивной кальций-зависимой NO-синтазы на 325 % ($p \leq 0,05$) и суммарной NOS на 252 % ($p \leq 0,05$) соответственно.

Окислительный NO-синтазный путь метаболизма L-аргинина оценивали по активности как кальций-зависимой конститутивной NOS, так и активности кальций-независимой iNOS, которые синтезируют оксид азота *de novo* в клетках крови, окисляя L-аргинин при наличии его в достаточных количествах, а также при наличии достаточных количеств многочисленных кофакторов – НАДФН, ФАД, ФМН, тетрагидробиоптерина (BH4). Показано, что после 10-тикратного КВЧ-воздействия активность индуцибельной кальций-независимой NO-синтазы (iNOS) незначительно снизилась и составила 94 % от исходного уровня.

Об изменениях интенсивности неокислительного ресинтеза оксида азота судили по изменениям активности нитратредуктазы и по содержанию циркулирующих окисленных стабильных метаболитов оксида азота – нитрит- (NO_2^-) и нитрат (NO_3^-)-анионов. Активность нитратредуктазы после 10-тикратного КВЧ-воздействия не изменялась. Наряду с этим, наблюдалось достоверное снижение циркулирующих пулов нитрит- и нитрат-анионов на 35 и 53 % ($p \leq 0,05$) соответственно (табл.1).

Интенсивность неокислительного метаболизма L-аргинина под влиянием курсового мм-воздействия определяли по содержанию в плазме аргиназы и мочевины, образующейся при работе этого фермента. Статистически значимых различий после КВЧ-воздействия этих показателей не наблюдали (табл. 1).

Результаты настоящего исследования указывают на то, что ЭМИ КВЧ значительно и избирательно повышает окислительный метаболизм аргинина, приводящий к синтезу оксида азота за счёт высокоспецифической активации его окислительного конститутивного (Ca^{2+} -зависимого) *de novo* синтеза. В пользу этого свидетельствует достоверное увеличение активности cNOS (на 425%, $p \leq 0,05$) при отсутствии достоверных изменений в активностях других ферментов, как синтеза

NO (iNOS, нитратредуктаза), так и конкурирующего с обеими NO-синтазами за общий субстрат (L-аргинин) неокислительного метаболизма последнего (аргиназа) (табл. 1).

Таблица 1.
Значения биохимических показателей в плазме крови волонтеров до и после 10-тикратного КВЧ-воздействия ($M \pm m$)

Показатели	До КВЧ-воздействия (n=14)	После 10-ти сеансов КВЧ-воздействия (n=14)
cNOS, пмоль/мин/мг белка	49,81±10,82	211,95±69,07 p≤0,05
iNOS, пмоль/мин/мг белка	14,01±4,27	13,18±4,78
Суммарная NOS (cNOS+iNOS), пмоль/мин/мг белка	63,83±13,8	225,13±67,11 p≤0,05
Нитрит-анион, пмоль/мг белка	268,8±68,7	176,47±42,3 p≤0,05
Нитрат-анион, пмоль/мг белка	8,1±2,46	3,85±0,98 p≤0,05
Мочевина, нмоль/мг белка.	57,79±8,89	59,05±7,87
Аргиназа, пмоль/мин/мг белка	1,08±0,35	0,87±0,31
Редуктаза, нмоль/мин/мг белка	1,95±0,7	1,79±0,39
% нитрита	2,58±0,69	1,46±0,56
% cNOS	78,02±4,35	92,2±4,6 p≤0,05
Аргиназа/NOS, усл.ед.	17,81±7,02	4,16±1,92 p≤0,05
Редуктаза/NOS, усл.ед.	32,58±15,3	8,96±4,3 p≤0,05

Примечание: p≤0,05 – достоверность различий по критерию Манна-Уитни биохимических показателей до и после 10-тикратного КВЧ-воздействия.

Следовательно, в механизмах биологического действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ большую роль играет изменение активности NOS и концентрации NO. Полученные данные согласуются с литературными, в которых показана значительная роль NO в механизмах действия ЭМИ разных диапазонов на микроциркуляцию крови. В частности, исследование [11] указывает на то, что у крыс с генетической гипертензией при действии постоянных магнитных полей (ПМП) (5 мТ) в течение 12 недель на фоне снижения кровяного давления происходило уменьшение концентрации метаболитов NO, ангиотензина II и альдостерона. Воздействие ПМП 5 мТ в течение 6 недель существенно уменьшило

концентрацию метаболитов NO на 73,2%. В то же время, действие ПМП 1 мТ не оказывало влияние на уровень метаболитов NO в крови. В исследовании [11] показано, что ПМП (180 мТ) повысило гипотензивное действие нитроглицерина и вызвало дальнейшее увеличение метаболитов NO в течение 6-й – 8-й недели воздействия по сравнению с крысами, которые также получили нитроглицерин, но подвергались мнимому воздействию ПМП. Необходимо отметить, что действие ПМП (без нитроглицерина) не вызывало никакого изменения в концентрации метаболитов NO. Следовательно, синергическое действие ПМП и препарата связано с изменением метаболизма NO.

В то же время, у крыс с гипотензией, вызванной резерпином, не наблюдалось каких-либо изменений в концентрации метаболитов NO при воздействии ПМП (10 и 25 мТ) [12]. В другом эксперименте [13] на кроликах при фармакологически измененном тоне сосудов и кровяном давлении действие ПМП (5,5 мТ в течение 30 минут) носило двухфазный характер. Авторы предположили, что в основе механизмов биологического действия ПМП могут быть Ca^{2+} -зависимые биохимические процессы. Из вышеприведенных данных можно заключить, что в основе механизма действия ПМП на микроциркуляцию лежит их возможность влиять на NO-зависимые вазотропные процессы.

Переменные магнитные поля (ПМП) также влияют на синтез NO в организме. Так, показано [11], что при воздействии в течение 1 часа импульсным электромагнитным полем (0,1 Гц) наблюдается увеличение активности NOS в мозжечке. В то же время в ткани мозжечка через 30 минут воздействия ПМП (65 мТ, частота 10 кГц) синтез NO и цГМФ увеличивался на протяжении всего времени воздействия, а максимальная концентрация NO была зарегистрирована через 20 минут после прекращения воздействия [14]. Применение ингибиторов NO и цГМФ приводило к аннулированию эффектов воздействия. У мышей с бактериальным стрессом показано [14], что воздействие ЭМИ (0,1 мТ, 60 Гц) в течение 5,5 часов увеличило генерацию NO за счет роста активности iNOS.

Особого внимания заслуживают результаты исследований действия ЭМИ КВЧ, в которых показана возможность участия данного физического фактора в регуляции сосудистого тонуса и системной гемодинамики за счет изменения активности нитрооксидергической системы организма [3].

Обсуждая результаты, полученные в настоящем исследовании нельзя исключить возможность взаимодействия КВЧ-волн с NO-синтазами. Результатом подобного взаимодействия может являться ускорение внутримолекулярного переноса электронов с FAD на FMN и с FMN на оксидазный домен [15], что приводит к увеличению скорости катализа. Кроме того, возможно взаимодействие КВЧ-излучения с гемом NO-синтазы и/или гуанилатциклазы – главной мишенью эндогенного оксида азота, приводящее к переходу его в высокоспиновое состояние, что сопровождается увеличением сродства NO-синтазы к L-аргинину и повышению активности фермента. Результаты наших исследований не исключают возможности активации фермента за счёт увеличения содержания кофакторов при действии ЭМИ КВЧ, но не субстрата (аргинина) из-за увеличения аргиназной его деградации.

Кроме того, существует ряд белков, которые взаимодействуют с eNOS и регулируют ее активность. Так, белок Hsp 90 оказывает положительное влияние на активность eNOS [16]. Его взаимодействие с eNOS стимулируется гуморальными (ГТ) и физическими факторами (напряжение сдвига) и ведет, в конечном итоге, к увеличению продукции оксида азота [17]. G-связанный белок и порин (потенциал-зависимый анионный канал) могут взаимодействовать с eNOS [18]. Их взаимодействие с eNOS потенцируется ионами внутриклеточного Ca^{2+} и приводит к активации eNOS.

Достоверное снижение циркулирующих пулов нитрат-анионов (на 53 %, $p \leq 0,05$) указывает на возможное ингибирование при действии ЭМИ КВЧ образования токсичного пероксинитрита (путём соединения оксида азота и супероксид-аниона), при спонтанной нерадикальной дегградации которого и образуется нитрат-анион. Менее выраженное (на 35%), но достоверное снижение циркулирующих пулов нитрит-аниона предполагает возможность усиления нитритредуктазной активности при действии ЭМИ КВЧ. Можно заключить, что 10-тикратное низкоинтенсивное мм-воздействие приводит к оптимизации функциональной активности системы синтеза оксида азота за счет использования циркулирующих пулов нитрит-аниона в крови в оксид азота, что является более логичным с физиологической точки зрения.

Подобная возможность синтеза NO не только из L-аргинина, но также из нитритных и нитратных ионов названа «безотходным воспроизводством этого физиологически активного соединения» [19] и, по-праву, является одним из механизмов экономного использования источника NO, каким является L-аргинин и поддержания NO в пределах физиологической нормы. Особенностью данного биохимического пути превращения NO в организме млекопитающих является непосредственное участие в этом процессе гемсодержащих белков, находящихся в дезокси-форме [20, 21], таких как дезоксигемоглобин [22] и миоглобин [23].

ВЫВОД

Полученные в настоящем исследовании данные позволили констатировать не только важную роль оксида азота в реализации эффектов ЭМИ КВЧ, но и выделить специфику иерархической организации отдельных элементов данной системы, заключающейся в доминировании окислительного Ca^{2+} -зависимого конститутивного *de novo* синтеза NO при участии конститутивной NO-синтазы.

Таким образом, настоящее исследование не только подтверждает литературные данные, но и значительно дополняет их сведениями о том, что одним из возможных механизмов действия мм-излучения на микрогемодинамику является изменения активности системы синтеза оксида азота.

Список литературы

1. Использование глубинной интегральной радиотермометрии для оценки изменения микроциркуляции при КВЧ-терапии у больных с деформирующим артрозом тазобедренного сустава и болезнью Переса / Н. Б. Капустина, А. В. Корнаухова, А. Г. Полякова [и др.] // Вестник

- Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского. – 2001. – № 2(4). – С. 46–52.
2. Бурлакова Е. Б. Особенности действия сверхмалых доз биологически активных веществ и физических факторов низкой интенсивности / Е. Б. Бурлакова // Российский химический журнал. – 1999. – Т.43, № 5. – С. 3–11.
 3. Механизм действия терагерцовых волн на частотах оксида азота с физиологической точки зрения / В.Ф. Киричук [и др.] // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2009. – №1/2. – С.47–54.
 4. Бецкий О.В. Механизм воздействия низкоинтенсивных миллиметровых волн на биологические объекты (биофизический подход) / О.В. Бецкий // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – М., 1997. – С. 135–137.
 5. Чуян, Е. Н. Влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты на процессы микроциркуляции [Текст] / Е.Н. Чуян, Н.С. Трибрат // Ученые записки Таврического нац. ун-та им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2008. – Т. 21(60), № 1. – С. 156–168.
 6. Мачерет Е.Л. Руководство по рефлексотерапии / Е.Л. Мачерет, И.З. Самосюк. – Киев: Вища шк., 1982. – 302 с.
 7. Вивчення впливу аргініну на активність ази ендотелію аорти щура // О.М. Харламова [та інш.] // Фізіол. журнал. – 2002. – № 2. – С. 80.
 8. Green, L.L. Analysis of nitrate, nitrite and [+5N] nitrate in biological fluids // L.L. Green, D.A. Wagner, J. Glogowski // Anal. Biochem. – 1982. – Vol. 126, № 1. – P.131-138.
 9. Boyde, J.R. Optimization of conditions for the colorimetric determination of citrulline, using diacetyl monoxime / J.R. Boyde, M. Rahmotullah // Anal. Biochem. – 1980. – № 107. – P. 424–431.
 10. Вплив малих доз радіації на судинну реактивність та окисний метаболізм кисню і азоту в серцево-судинній системі / М.М. Ткаченко [та інш.] // Журнал АМН України. – 2007. – Т. 13, № 1. – С. 20–31.
 11. Okano H. Decreased plasma levels of nitric oxide metabolites, angiotensin II and aldosterone in spontaneously hypertensive rats exposed to 5 mT static magnetic field / H. Okano, H. Masuda, C. Ohkubo // Bioelectromagnetics. – 2005. – №26. – P. 161–172.
 12. Okano H. Effects of 25 mT static magnetic field on blood pressure in reserpine-induced hypotensive wistar-kyoto rats / H. Okano, H. Masuda, C. Ohkubo // Bioelectromagnetics. – 2005. – №26. – P. 36–48.
 13. Okano H. Elevated plasma nitric oxide metabolites in hypertension: Synergistic vasodepressor effects of a static magnetic field and nicardipine in spontaneously hypertensive rats / H.Okano, C. Ohkubo // Clinical Hemorheology and Microcirculation. – 2006. – №34. – P. 303–308.
 14. Muira M. Non-thermal vasodilatation by radio frequency burst-type electromagnetic field radiation in the frog / M. Muira, J. Okada // J. Physiol. – 1991. – № 435. – P. 257–273.
 15. Горреи, А.К.Ф. Универсальная и комплексная энзимология синтазы оксида азота. / А.К.Ф. Горреи, Б. Майер // Биохимия. – 1998. - Т. 63, №7. – С. 870 - 880.
 16. Pritchard, K.A. Heat shock protein 90 mediates the balance of nitric oxide and superoxide anion from endothelial nitric oxide synthase / K.A. Pritchard, A.W. Ackerman, E.R. Gross // J. Biol. Chem. – 2001. – Vol. 276. – P. 17621-17624.
 17. Garcia-Gardena, G. Dynamic activation of endothelial nitric oxide synthases by Hsp 90 / G. Garcia-Gardena, R. Fan, V. Shah et.al. // Nature. – 1998. – V.392. – P. 821– 824.
 18. Sun J. Functional interaction of endothelial nitric oxide synthase with a voltage-dependent anion channel / J. Sun, J.K. Liao // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2002. - V.99. - P. 13108-13113.
 19. Реутов, В.П. Оксид азота (NO) и цикл NO в миокарде: молекулярные, биохимические и физиологические аспекты / В. П. Реутов, В. Е. Охотин, А. В. Шуклин и др. // Успехи физиол. наук. – 2007. – Т. 38, № 4. – С. 39–58.
 20. Реутов В.П. Проблема оксида азота в биологии и медицине и принцип цикличности: ретроспективный анализ идей принципов и концепций. / В.П. Реутов, Е.Г. Сорокина, Н.С. Косицын, В.Е. Охотин // М.: Едиториал УРСС, 2003. 96 с.
 21. Реутов В.П. Цикл оксида азота в организме млекопитающих и принцип цикличности / В.П. Реутов // Биохимия. – 2002. – Т.67. №3. – С. 353-376.
 22. Генерация оксида азота при окислении ферро-формы гемоглобина нитритом / И.И. Степура [и др.] // Биохимия. – 1997. – Т. 62, № 9. – С. 1122–1129.

23. Стародуб, Н.Ф. Миоглобин: структура, свойства, синтез биологическая роль. / Н.Ф. Стародуб, В.Н. Коробов, В.И. Назаренко // Киев: Наук. Думка, 1992. 284 с.

Раваєва М.Ю. Зміна активності системи синтезу оксиду азоту під дією низькоінтенсивного міліметрового випромінювання / М.Ю. Раваєва, О.М. Чуян // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 201-210.

У статті розглядається вплив низькоінтенсивного міліметрового випромінювання на систему синтезу оксиду азоту. Встановлено, що цей фізичний чинник значно підвищує окислювальний метаболізм аргініну, що призводить до синтезу оксиду азоту за рахунок високоспецифічної активації його окислювального конститутивного (Ca²⁺-залежного) *de novo* синтезу.

Ключові слова: низькоінтенсивне міліметрове випромінювання, система синтезу оксиду азоту.

Ravaeva M.Yu. Change of activity system of synthesis nitrogen oxide under action of low-power millimeter waves / M.Yu. Ravaeva, E.N. Chuyan // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 201-210.

In the article influence of low-power millimeter waves is examined on the system of synthesis of oxide of nitrogen. It is set that this physical factor promotes oxidizing metabolism of arginine, resulting in the synthesis of oxide of nitrogen due to the high-specific activating his oxidizing constitutive *de novo* synthesis, considerably.

Keywords: low-power millimeter waves, system of synthesis nitrogen oxide.

Поступила в редакцію 18.11.2011 г.

УДК 616.1/9-02:614.7

ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ К ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ КАДМИЯ, КАЛИЯ И КАЛЬЦИЯ В ОРГАНИЗМЕ

Решетняк О.А.¹, Евстафьева И.А.¹, Евстафьева Е.В.², Решетняк А.В.¹

¹*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*

²*Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского,
Симферополь, Украина*

E-mail: mravaeva@ukr.net

Проведено функциональное обследование сердечно-сосудистой системы у 80-ти студентов, из которых 40 спортсменов и 40 студентов, не занимающихся спортом, которые были обследованы на предмет содержания кадмия, калия и кальция в организме. Выявлена физиологическая роль токсичного и эссенциальных элементов для функционального состояния сердечно-сосудистой системы спортсменов и студентов, не занимающихся спортом.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система, спортсмены, кадмий, калий, кальций.

ВВЕДЕНИЕ

Изучение механизма адаптационных процессов, происходящих в организме спортсменов в условиях современной антропогенной среды, является важной современной задачей физиологии спорта.

Именно поэтому среди методов совершенствования организационной, материально-технической основ тренировочной и соревновательной деятельности, характера спортивной тренировки [1] особое место начинают занимать физиологические подходы, связанные с определением, коррекцией и улучшением микро- и макроэлементного баланса в организме спортсменов [2]. При этом особого внимания заслуживает сердечно-сосудистая система спортсменов, состояние которой с одной стороны, отражает ход и эффективность адаптационных процессов и приспособительные возможности организма [3; 4], с другой же стороны эта система является одной из наиболее чувствительных к элементному дисбалансу.

С точки зрения обеспечения химическими элементами этой системы особый интерес представляют такие элементы, как кальций (Ca^{++}), калий (K^+) и являющийся антагонистом Ca^{++} и считающийся токсичным элементом - кадмий (Cd^{++}).

В связи с этим целью данной работы явилось - определить особенности функционального состояния сердечно-сосудистой системы и ее реагирования на физическую нагрузку у спортсменов и студентов, не занимающихся спортом, в зависимости от содержания в организме Cd^{++} , Ca^{++} и K^+ .

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 80 человек, из которых: 40 студентов-спортсменов ФФК ТНУ им. В.И. Вернадского, профессионально занимающиеся футболом, а также 40 студентов КГМУ им. С.И. Георгиевского, занимающихся физическим воспитанием в пределах учебной программы. У обследуемых определяли содержание Cd^{++} , Ca^{++} и K^{+} в волосах рентгено-флюоресцентным методом в лаборатории научно-исследовательского центра «ВИРИА» г. Киева.

Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы оценивали по 9-ти показателям центральной кардиогемодинамики и 5-ти ЭКГ-параметрам. Исследование проводили в состоянии физиологического покоя, после физической нагрузки на велоэргометре и в восстановительном периоде.

Статистическую обработку данных проводили посредством непараметрического корреляционного анализа по Спирмену и статистического сравнения по методу Манна-Уитни.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Прежде всего, следует отметить, что средние значения содержания определяемых в данной работе химических элементов в организме исследуемых спортсменов находилось в пределах условной, принятой на сегодняшний день, нормы [5; 6], в то время как у студентов, не занимающихся спортом, отмечался дефицит эссенциальных элементов (таб. 1).

Таблица 1.

Концентрация (мкг/г) химических элементов в волосах исследуемых студентов

Химический элемент	Минимальная	Максимальная	$X \pm Sx$	Условная норма
Cd (кадмий)				
спортсмены	0,00	0,28	$0,08 \pm 0,01$	0-1
не спортсмены	0,00	0,17	$0,05 \pm 0,01^{**}$	
Ca (кальций)				
спортсмены	183,67	929,69	$353,31 \pm 28,40^{***}$	300-700
не спортсмены	145,62	718,19	$179,50 \pm 25,38$	
K (калий)				
спортсмены	0,00	185,34	$84,90 \pm 10,26$	70-170
не спортсмены	0,00	301,21	$40,49 \pm 8,87^{***}$	

Примечание: Различия между группами достоверны ** – при $p < 0,01$; *** – при $p < 0,001$.

Учитывая известную и возможную роль этих элементов в функционировании мышечной и сердечно-сосудистой систем можно ожидать, что выявленные различия в их содержании в организме исследуемых студентов скажутся на адаптационных возможностях организма и, в частности сердечно-сосудистой системы, которая не только обеспечивает трофику мышечной системы, в том числе и изучаемыми элементами, но и сама нуждается в соответствующем обеспечении.

Средние значения исследуемых показателей сердечно-сосудистой системы в состоянии физиологического покоя отличались у студентов, занимающихся и не занимающихся спортом (табл. 2.). Так, некоторые показатели деятельности сердца - ударный объем (УО), сердечный индекс (СИ) и ударный индекс (УИ) у нетренированных студентов оказались существенно ниже нормы, а общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС) превышало нормативные значения, в то время как у спортсменов УИ, УО и минутный объем (МО) были выше нормы, а ОПСС и среднее артериальное давление (МуАД) наоборот, - ниже.

Таблица 2.

Показатели сердечно-сосудистой системы студентов в состоянии покоя

Показатели	Среднее \pm стандартное отклонение		Норма
	спортсмены	не спортсмены	
Интервал PQ (с)	0,128 \pm 0,001**	0,131 \pm 0,002	0,12–0,20
Комплекс QRS (с)	0,090 \pm 0,002	0,093 \pm 0,003	0,06–0,09
Сегмент ST (с)	0,057 \pm 0,001**	0,065 \pm 0,001	0,02–0,12
Интервал QRST (с)	0,148 \pm 0,001**	0,158 \pm 0,001	0,35–0,42

Продолж. табл. 2.

Интервал R-R (с)	0,825 \pm 0,101	0,833 \pm 0,129	0,75–1,0
ЧСС (уд/мин)	60–83	60,61 \pm 1,39**	67,80 \pm 1,55
САД (мм рт.ст.)	110–130	116,83 \pm 1,68	119,35 \pm 1,56
ДАД (мм рт.ст.)	60–80	85,96 \pm 3,54	74,57 \pm 1,88
МуАД (мм рт.ст.)	90	85,96 \pm 2,54	89,53 \pm 2,00
УО (мл)	70–90	91,84 \pm 2,50**	46,55 \pm 1,90
МО (л/мин)	3–5	6,15 \pm 0,26**	3,11 \pm 0,13
ОПСС (дин /с/см ⁻⁵)	1270–1490	1168,06 \pm 39,25**	1524,30 \pm 71,85
СИ (л/мин/м ²)	3–5,6	3,55 \pm 0,12**	1,62 \pm 0,06
УИ (мл/м ²)	42–47	51,57 \pm 1,74**	24,48 \pm 0,94

Примечание: Различия между группами достоверны * – при $p \leq 0,05$; ** – при $p \leq 0,01$.

Выявленные различия показателей сердечно-сосудистой системы могут быть следствием адаптации организма к высоким физическим нагрузкам, которые в течение долгого времени не вызывают нарушений миокардиально-гемодинамического гомеостаза, а лишь ведут к некоторому смещению значений физиологических показателей, обусловленному долговременными структурными механизмами адаптации к систематическим нагрузкам [7] что, очевидно, имело место и в данном случае.

На фоне этих изменений особое внимание привлекает анализ элементного статуса студентов, поскольку микроэлементное обеспечение деятельности сердца и сосудистой системы существенным образом может сказаться на ее состоянии.

Среди изученных элементов наиболее существенное влияние на ЭКГ-характеристики обнаружено со стороны токсичного Cd^{++} , хотя его содержание в организме студентов было незначительным.

У спортсменов такая зависимость наблюдалась даже в состоянии физиологического покоя, указывая на прямой дромотропный и хронотропный эффект Cd^{++} , т.е. чем выше было содержание Cd^{++} в организме, тем меньше была длительность интервала PQ и комплекса QRS, а, следовательно, - время проведения возбуждения по сердцу (табл. 3.).

Таблица 3.

Данные корреляционного анализа содержания кадмия и показателей сердечно-сосудистой системы у исследуемых студентов

Этапы исследования	Показатели	Спортсмены		Не спортсмены	
		r	p	r	p
покой	Интервал PQ	-0,47	0,01		
	Комплекс QRS	-0,47	0,01		
	УИ	-0,55	0,02		
нагрузка	Интервал PQ	0,54	0,01	0,40	0,01
	Комплекс QRS	-0,35	0,02		
нагрузка	Интервал QRST	-0,53	0,01		
	Сегмент ST			0,46	0,02
	Интервал R-R	-0,45	0,02	0,35	0,02
	УИ	-0,56	0,01		
восстановление	Интервал PQ	-0,43	0,05		
	Интервал QRST	-0,56	0,01		
	Сегмент ST	0,52	0,01	-0,37	0,01

Предъявление физической нагрузки позволило выявить большее количество корреляционных связей как для спортсменов, так и для студентов, не занимающихся спортом, у которых при этом был выявлен отрицательный хронотропный эффект Cd^{++} . Что касается механической работы сердца, его сократительной функции, то она также определенным образом реагировала на уровень Cd^{++} в организме, противоположным у спортсменов и не тренирующихся студентов.

Меньшая, чем при физической нагрузке, но большая, чем в состоянии физиологического покоя, чувствительность ЭКГ-параметров сердца к присутствию в организме Cd^{++} наблюдалась и в восстановительный период.

Таким образом, можно отметить, что значимость Cd^{++} для функционального состояния сердечно-сосудистой системы носила в основном кардиотропный характер, поскольку проявлялась преимущественно по отношению к показателям деятельности сердца.

Особый интерес представляет выявленная физиологическая значимость эссенциальных элементов. Так содержание K^+ обнаружило большое количество

ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ...

корреляционных связей у студентов, не занимающихся спортом, и подтвердило отрицательный хронотропный эффект. Он способствовал увеличению времени возбуждения желудочков и, за счет этого, – всего сердечного цикла при физической нагрузке у студентов, не занимающихся спортом, в то время как у спортсменов K^+ влиял противоположным образом на желудочковый комплекс в целом. Он также, по-видимому, «улучшал» механическую работу сердца, обнаруживая положительную корреляционную связь с рядом параметров работы сердца (табл. 4.).

Таблица 4.
Данные корреляционного анализа содержания калия и показателей
сердечно-сосудистой системы у исследуемых студентов

Показатели	Спортсмены						Не спортсмены					
	покой		нагрузка		вос-е		покой		нагрузка		вос-е	
	г	р	г	р	г	р	г	р	г	р	г	р
Ком-с QRS									0,36	0,01	0,31	0,05
Инт-л QRST			-0,54	0,01					0,40	0,03	0,40	0,02
Сегмент ST									-0,45	0,02		
Инт-л R-R									0,40	0,03		
МО							0,51	0,01	0,44	0,01	0,40	0,02
УО							0,54	0,01	0,39	0,04	0,41	0,02
УИ							0,61	0,01	0,45	0,02	0,42	0,01
СИ							0,57	0,02	0,37	0,04	0,41	0,02
ОПСС							-0,52	0,01				
ДАД									0,39	0,01	0,40	0,02
Му.АД											0,38	0,03

Эссенциальный Ca^{++} проявлял классический положительный хронотропный эффект, способствуя уменьшению длительности сердечного цикла у спортсменов, в то время как у студентов, не занимающихся спортом, вообще не был значим.

Посредством реографии выявлено, что Ca^{++} был значим для двух показателей сердечной деятельности (МО и СИ) у спортсменов, что указывает на общеизвестную роль этого элемента в обеспечении сократительной способности миокарда (табл. 5).

Общее число корреляционных связей свидетельствует о большей чувствительности сердечно-сосудистой системы организма студентов, не занимающихся спортом, к дисбалансу эссенциальных элементов, прежде всего – K^+ , вероятно в связи с его низким содержанием в организме, затем Ca^{++} и Ca^{++} .

У спортсменов, для которых был характерен нормальный баланс исследованных элементов, наиболее существенным влиянием обладал Ca^{++} , а затем эссенциальные Ca^{++} и K^+ .

Таблица 5.

Данные корреляционного анализа содержания кальция и показателей сердечно-сосудистой системы у исследуемых студентов

Этапы исследования	Показатели	Спортсмены		Не спортсмены	
		г	р	г	р
покой	МО	0,45	0,02		
	СИ	0,40	0,07		
	ДАД			-0,33	0,06
	МО	0,45	0,02		
	Му.АД			-0,34	0,06
нагрузка	Интервал QRST	0,44	0,05		
	Интервал R-R	-0,46	0,01		
восстановление	Интервал R-R	-0,47	0,04		

Кроме того, исходя из общего числа установленных корреляционных связей, можно констатировать, что их максимальное количество обнаруживалось при предъявлении физической нагрузки, затем в восстановительном периоде и минимально – в состоянии физиологического покоя, что позволяет говорить о компенсированных изменениях реактивности сердечно-сосудистой системы и ее адаптационных возможностей, обусловленных изменением содержания соответствующих химических элементов..

ВЫВОДЫ

1. Выявлены особенности адаптации сердечно-сосудистой системы к физической нагрузке у студентов-спортсменов и студентов, не занимающихся спортом, в зависимости от содержания в организме кальция, калия и кадмия, которые проявлялись в наличии разнонаправленных корреляционных взаимосвязей показателей деятельности сердца и гемодинамики с концентрацией элементов в волосах, главным образом при физической нагрузке и в восстановительном периоде.
2. Обнаружено, что среднее содержание химических элементов в организме спортсменов находилось в пределах условной физиологической нормы, в то время как у студентов, не занимающихся спортом, отмечался дефицит кальция и, в особенности, калия в организме.
3. Установлено, что кадмий оказывал определенное влияние на показатели деятельности сердца спортсменов – как электрофизиологические: интервал PQ, комплекс QRS, интервал QRST, сегмент ST, интервал R-R при $-0,35 \leq r \leq -0,56$ и $0,01 \leq p \leq 0,04$, - так и на параметры реограммы (ударный индекс; $r = -0,55$; $p \leq 0,02$), в состоянии физиологического покоя, при физической нагрузке и в восстановительном периоде. У студентов, не занимающихся спортом, кадмий не обладал такой выраженной значимостью за исключением его общего влияния на длительность сердечного цикла, причем противоположным, чем у спортсменов, образом и практически исключительно во время физической нагрузки.

4. Функциональная значимость эссенциальных элементов для студентов, не занимающихся спортом, проявлялась только после физической нагрузки и, в меньшей степени, в восстановительном периоде, тогда как у спортсменов такая зависимость наблюдалась и в состоянии физиологического покоя, указывая на более высокую потребность в соответствующем микроэлементном обеспечении при систематических физических нагрузках.

Список литературы

1. Платонов В.Н. Общая теория подготовки спортсменов в олимпийском спорте: история развития и современное состояние / В.Н. Платонов // Наука в олимпийском спорте. Спец. выпуск. – М., 1999. – С. 3–12.
2. Скальный А.В. Макро- и микроэлементы в физической культуре и спорте / А.В. Скальный, З.Г. Орджоникидзе, О.А. Громова. – М., 2000. – 71 с.
3. Баевский Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кириллов, С.З. Клецкин. – М.: Наука, 1979. – 220 с.
4. Белоцерковский З.Б. Эргометрические и кардиологические критерии физической работоспособности у спортсменов / З.Б. Белоцерковский. – М.: Советский спорт, 2005. – 311 с.
5. Ревич Б.А. Химические элементы в волосах человека как индикатор воздействия загрязненного производства и окружающей среды / Б.А. Ревич // Гигиена и санитария. – 1990. – № 3. – С. 28–30.
6. Grandjean P. Mercury Risks: Controversy or Just Uncertainty? / P. Grandjean, J.A. Frenstos, J.T. Baer // Public Health Reports. – 1999. – Vol. 114. – P. 512–517.
7. Продиус П.А. Адаптация к физической нагрузке повышает устойчивость к повреждающему действию адреналина и кальция / П.А. Продиус, Т.Г. Сазонтова, Н.Е. Голанцова // Докл. РАН. – 1997. – № 5. – С. 711–714.

Решетняк О.А. Особливості адаптації серцево-судинної системи спортсменів до фізичного навантаження залежно від рівня вмісту кадмію, калію і кальцію в організмі / О.А. Решетняк, І.А. Евстафьева, Е.В. Евстафьева, А.В. Решетняк // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 211–217.

Проведено функціональне обстеження серцево-судинної системи 80 спортсменів та студентів, які не займаються спортом, які були обстежені на предмет вмісту кадмію, калію і кальцію в організмі. Виявлена фізіологічна значимість токсичного та есенціальних елементів для функціонального стану серцево-судинної системи спортсменів та осіб, що не займаються спортом.

Ключові слова: серцево-судинна система, спортсмени, кадмій, калій, кальцій.

Reshetniak O.A. Features of adaptation of the cardiovascular system of sportsmen to the physical loading depends on the level of maintenance of cadmium, potassium and calcium in an organism / O.A. Reshetniak, I.A. Evstafyeva, H.V. Evstafyeva, A.V. Reshetniak // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 211–217.

The functional inspection cardiovascular system is conducted at 80 the sportsmen and physically untrained students, who have been surveyed about the maintenance of cadmium, potassium and calcium in an organism. The physiological role toxic and essential elements for an action of the heart of sportsmen and the persons who are not going in for sports is revealed.

Keywords: cardiovascular system, sportsmen, cadmium, potassium, calcium.

Поступила в редакцію 12.11.2011 г.

УДК579.64:63.46

ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ГУМАТА НАТРИЯ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА «ЭМБИКО» НА РОСТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА СОРТА НЕЖИНСКИЙ 12

Ржевская В.С., Омельченко А.В., Теплицкая Л.М.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: omelav@ukr.net*

Изучали влияние микробиологического препарата «Эмбико» и гумата натрия на ростовые показатели растений огурца сорта Нежинский 12. Показано, что при совместном применении микробиологического препарата «Эмбико» и гумата натрия наблюдалось значительное увеличение длины корня и стебля, количества листьев. Совместное применение препарата «Эмбико» и гумата натрия оказывают стимулирующее действие на продуктивность растений в большей степени, нежели эти препараты по-одному.

Ключевые слова: микробиологический препарат «Эмбико», гумат натрия.

ВВЕДЕНИЕ

Почва представляют особую сложную систему, включающую минеральные и органические вещества [1].

Истощение почв, насыщение их техногенными и антропогенными загрязнителями (гербициды, пестициды и др.) приводит к тому, что плодородный почвенный слой теряет один за другим те компоненты, которые и делают его уникальной системой, обеспечивающей сложные процессы минерализации и деминерализации веществ, преобразования энергии, самоочищения и самовоспроизведения. В земледелии сложился устойчивый отрицательный баланс питательных веществ, что стало одной из ведущих причин резкого снижения продуктивности почв. Для решения этой проблемы необходима эффективная система мер, позволяющих оптимизировать питание растений за счет повышения плодородия почв. Одной из них является совместное применение органоминеральных удобрений (гуматов) и микробиологических препаратов [1, 2].

На основе гуминовых кислот разработано немало препаратов, содержащих гуматы калия и натрия, обладающие физиологически активными свойствами, и способные стимулировать рост и развитие растений. Гуматы натрия и калия нетоксичны, не накапливаются в растениях и не оказывают отрицательного действия на организм человека. Совместимы практически со всеми видами химических и биологических средств защиты растений, что позволяет применять их в смесях и таким образом снижать затраты на обработку семян и посевов [3].

Растворимые гуматы и различные стимуляторы усиливают рост и развитие растений только в концентрации тысячных и десятитысячных долей процента, а большие дозы угнетающе действуют на растения [3].

Гуматы активизируют ферментативные процессы в растении, повышают проницаемость клеточных мембран в связи с тем в растение энергичнее поступает вода и элементы питания. Гуматы повышают митотическую активность меристематических клеток корней, усиливается накопление ДНК в ядрах клеток. Физиологически активные вещества гумусовой природы повышают энергетический потенциал растущих семян, в результате чего увеличивается всхожесть, энергия и скорость прорастания [4].

В последние десятилетие для повышения биологической продуктивности сельскохозяйственных культур начали использовать микробиологические препараты. Микробиологические препараты представляют собой живые клетки отобраных по отдельным свойствам микроорганизмов, которые находятся или в культуральной жидкости, или адсорбированы на нейтральном носителе. Такие препараты позволяют создать огромную концентрацию полезных форм микроорганизмов - в 1 миллилитре или грамме препарата содержится до 1-5 млрд. клеток бактерий. За счет этого внесенные формы могут успешно конкурировать с аборигенной микрофлорой и захватывать экологические ниши, предоставляемые им растением [5, 6].

Микробиологический препарат почвы «Эмбико» представляет собой консорциум следующих физиологических групп микроорганизмов: фототрофные аноксигенные пурпурные несерные бактерии, молочнокислые гомоферментативные стрептобактерии, молочнокислые гомоферментативные стрептококки и одноклеточные грибы *Saccharomyces* [5, 6].

Микробиологический препарат почвы «Эмбико» стимулирует развитие естественной «аборигенной» микробиоты почвы и ризосферы растений, сформировавшейся в ходе длительной эволюции почвообразовательного процесса. Это в значительной степени снижает отрицательное воздействие хозяйственной деятельности человека на почвы и тем самым способствует оздоровлению окружающей среды. Микробиологический препарат почвы «Эмбико» не подавляет биохимическую активность (каталазную, протеолитическую, нуклеазную) в почве, и в целом, оказывает положительный эффект на жизнедеятельность микробного комплекса почвы [5].

Целью данной работы явилось изучение влияния микробиологического препарата «Эмбико» и гумата натрия на ростовые показатели растений огурца сорта Нежинский 12.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом для проведения исследований служили растения огурца (*Cucumis sativus* L.) сорта Нежинский 12, который адаптирован к почвенно-климатическим условиям Крымского региона.

Семена огурца сорта Нежинский 12 в количестве 25 штук высевали в лугово-черноземную почву. Вес почвы в вегетационных ящиках составлял 20 кг. Полив

почвы препаратами осуществляли вначале (перед посадкой семян) и в середине эксперимента (через месяц). *Схема опыта:* 1 - Контроль; 2 – «Эмбико» 1:500; 3 - Гумат Na 4 г/л; 4 – «Эмбико» 1:500+Гумат Na 4 г/л. Влажность почвы на протяжении опыта поддерживали на уровне 60 % от полевой влагоемкости. Температура воздуха в лаборатории составляла +25 – 27 °С, освещенность 10 кЛк. Растения для исследований использовали в возрасте 65 дней.

Ростовые показатели (длину корня и стебля, количество листьев на стебле) и содержание массы сырого и сухого вещества в растительном материале измеряли общепринятыми методами [7, 8].

Эксперименты проводили в трехкратной биологической повторности. В таблице и рисунке представлены средние арифметические значения и их стандартные ошибки. Статистическую обработку полученных результатов проводили по Г.Ф. Лакину [9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По литературным данным, известно, что гуматы существенно усиливают деятельность почвенных микроорганизмов, это ведет к обогащению почвы доступными для растений элементами питания [3, 6].

Данные по влиянию микробиологического препарата «Эмбико» и гумата натрия на ростовые показатели огурца сорта Нежинский 12 представлены в таблице.

Таблица

Влияние микробиологического препарата «Эмбико» и гумата натрия на показатели роста 65-дневных растений огурцов сорта Нежинский 12, выращенных в почвенной культуре ($\bar{x} \pm S \bar{x}$)

Вариант опыта	Кол-во листьев на стебле (n)	Длина стебля, см	Длина корня, см	Кол-во листьев на стебле, %	Длина стебля, %	Длина корня, %
Контроль (n=16)	7,06±0,65	20,00±1,0	4,66±0,2	100,0	100,0	100,0
Эмбико 1:500 (n=15)	7,20±0,50	16,60±0,9*	5,03±0,3	102,0	83,0	107,9
Гумат Na 4г/л (n=15)	8,46±0,52	14,74±0,6*	5,64±0,1*	119,8	73,7	121,0
Эмбико 1:500+Гумат Na 4г/л (n=13)	9,69±0,70*	21,05±1,5	7,77±0,35*	137,2	105,2	166,7

Примечание. * - отмечено достоверное различие ($p < 0,05$).

По данным таблицы, при добавлении микробиологического препарата «Эмбико» 1:500 и гумата натрия 4 г/л в почву у растений огурца сорта Нежинский 12 наблюдалось увеличение количества листьев на стебле и длины корня, а длина стебля уменьшилась на 17 % ($p < 0,05$) и 26,3 % ($p < 0,01$) соответственно против

контроля. В варианте с препаратом «Эмбико» 1:500 + гумат натрия 4 г/л количество листьев на стебле увеличилось на 37,2 % ($p < 0,05$), длины стебля – на 5,2 % ($p > 0,05$) и длина корня – на 66,7 % ($p < 0,01$) по сравнению с контрольным вариантом.

Визуальная картина, состояния вегетативных органов растений огурцов сорта Нежинский 12, выращенных в почве представлена на рисунке 1.



Рис. 1. 65-дневные растения огурцов сорта Нежинский 12 выращенных в почвенной культуре: а - контроль; б - «Эмбико» (1: 500); в - гумат Na (4 г/л); г - «Эмбико» (1: 500) + гумат Na (4 г/л).

Результаты проведенных исследований показали, что препарат «Эмбико» 1:500 и гумата натрия 4 г/л в большей степени оказало стимулирующее действие на накопление массы сырого и сухого вещества корневой системы растений огурца сорта Нежинский 12 (рис. 2).

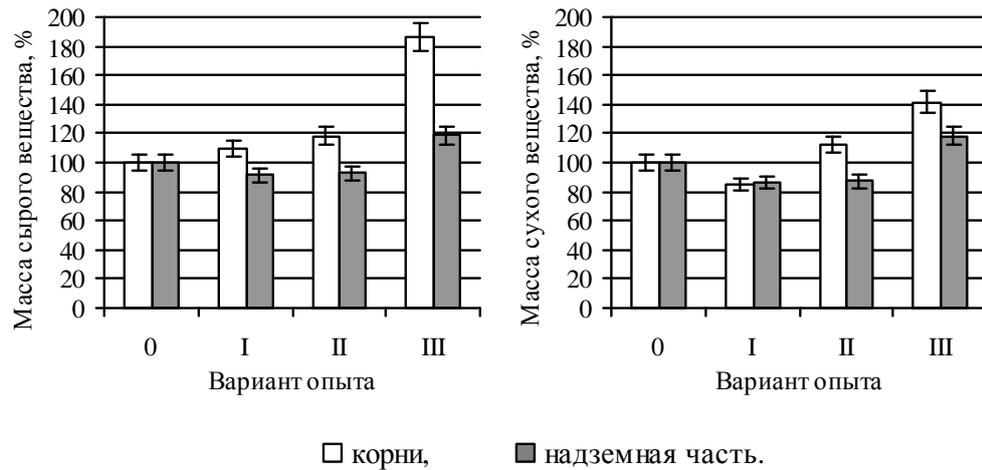


Рис. 2. Влияние микробиологического препарата «Эмбико» и гумата натрия на накопление биомассы растений огурца сорта Нежинский 12, выращенных в почвенной культуре: 0 - Контроль; I – «Эмбико» 1:500; II - Гумат Na 4 г/л; III- «Эмбико» 1:500 + гумат Na 4 г/л.

В варианте с «Эмбико» (1:500), препарат не оказал стимулирующее действие на накопление массы сырого и сухого вещества надземной части, а масса сырого вещества корня увеличилась – на 9,1 % ($p>0,05$) в сравнении с контролем. Препарат гумат натрия (4 г/л) оказал стимулирующее действие на накопление массы сухого и сырого вещества корня на 18,2 ($p<0,05$) % и 12,0 % ($p>0,05$) соответственно против контроля. Наиболее высокий стимулирующий эффект по накоплению массы сырого и сухого вещества наблюдался в варианте «Эмбико» + гумат натрия. Сырая и сухая биомасса корня в этом варианте увеличилась на 86,3 % ($p<0,01$) и 41,6 % ($p<0,05$), а надземная часть – на 18,8 % ($p>0,05$) и 18,2 % ($p<0,05$) по сравнению с контролем.

ВЫВОДЫ

1. Микробиологический препарат «Эмбико» в концентрации 1:500 оказал стимулирующее действие на рост корневой системы огурца сорта Нежинский 12 – на 7,9 % и увеличение количества листьев на стебле – на 2,0 % по сравнению с контролем.
2. Концентрация гумата натрия (4 г/л) оказала стимулирующее действие на увеличение длины корня – на 21,0 %, увеличение количества листьев на стебле – на 19,8 % по сравнению с контрольным вариантом.
3. При совместном использовании микробиологического препарата «Эмбико» (1:500) + гумат натрия (4 г/л) наблюдалось значительное увеличение длины корня – на 66,7 %, длины стебля – на 5,2 % и количества листьев на стебле – на 37,2 %, сухая биомасса корня возросла – на 41,6 %, а надземная часть – на 18,2 % против контрольного варианта.

Список литературы

1. Лящев А.А. Почвенная биота и ее роль в формировании плодородия почв агроландшафтов юга Западной Сибири : дис. ... доктора биол. наук : 06.01.03 / Лящев Александр Анатольевич. – Тюмень, 2004. – 424 с.
2. К вопросу о перспективности применения многокомпонентного микробиологического инокулята почвы в экобиотехнологии / [Булгадаева Р. В., Нечесов И. А., Дранишникова О. И., Нечесов О. И.] // «Развитие физико-химической биологии и биотехнологии на современном этапе», посвященной 25-летию кафедры физико-химической биологии Иркутского государственного университета : материалы Всероссийской научно-практической конференции (Иркутск, 2003 г.). – Иркутск : Иркутский государственный университет, 2003. – № 7. – С.71–72.
3. Юшкова Е.И. Биологическая активность гуминового комплекса различного происхождения и его влияние на рост и развитие растений: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биологических наук : спец. 03.01.05 «физиология и биохимия растений» / Юшкова Е. И. – Воронеж, 2010. – 20 с.
4. Черевченко Т.М. Орхидеи в культуре / Т.М. Черевченко, Г.П. Кушнир. – К. : Наукова думка, 1986. – 200 с.
5. Ржевская В.С. Перспективы исследования и применения многокомпонентного микробиологического инокулята почвы «Эмбионик» / В.С. Ржевская // Наукові, прикладні та освітні аспекти фізіології, генетики, біотехнології рослин і мікроорганізмів : матеріали XI конф. молодих вчених (Київ, 22 – 24 червня 2010 р.). – Київ : Інститут фізіології рослин і генетики НАН України, 2010. – С. 333–335.
6. Тихонович И.А. Биопрепараты в сельском хозяйстве / И.А. Тихонович, А.П. Кожемяков, В.К. Чеботарь // Методология и практика применения микроорганизмов в растениеводстве и кормопроизводстве. – М. : Россельхозакадемия, 2005. – 154 с.
7. Практикум по агрохимии : Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. и доп. / [под ред. академика РАСХН В. Г. Минеева]. – М. : МГУ, 2001. – 689 с.
8. Грицаенко З.М. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів / Грицаенко З.М., Грицаенко А.О., Карпенко В.П. – К. : ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. – 320 с.
9. Лакин Г.Ф. Биометрия / Лакин Г.Ф. – М. : Высшая школа, 1990. – 352 с

Ржевська В. С. Вплив спільного застосування гумату натрію і мікробіологічного препарату «Ембіко» на ростові показники рослин огірка сорту Ніжинський 12 / В.С. Ржевська, О.В. Омельченко, Л.М. Теплицька // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 218-223.

Вивчали вплив мікробіологічного препарату «Ембіко» і гумату натрію на ростові показники рослин огірка сорту Ніжинський 12. Показано, що при спільному застосуванні мікробіологічного препарату «Ембіко» і гумату натрію спостерігалось значне збільшення довжини кореня і стебла, кількості листків. Спільне застосування «Ембіко» і гумату натрію надають стимулюючу дію на ростові показники рослин більшою мірою, ніж ці препарати по окремому застосуванні.

Ключові слова: мікробіологічний препарат «Ембіко», гумат натрію.

Rzhevskaya V. S. Effect of the joint application sodium humate and microbiological preparations «Embiko» performance of plant growth in cucumber variety Nezhinskii 12 / V.S. Rzhevskaya, A.V. Omel'chenko, L.M. Teplitskaya // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 218-223.

We studied the effects of microbial drug «Embiko» and sodium humate on biological productivity of plants of cucumber cultivar Nezhinskii 12. It is shown that when combined with the use of microbial drug «Embiko» and sodium humate showed a significant increase in the length of the root and stem, number of leaves. The combined use of «Embiko» and sodium humate have a stimulating effect on plant productivity to a greater extent than these drugs one by one.

Keywords: microbial drug «Embiko», sodium humate.

Поступила в редакцію 2.12.2011 г.

УДК 574.42: 579.61:599.322/.324:614.446

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ОЧАГОВ ЧУМЫ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ ПРИЧЕРНОМОРЬЕ (ЧАСТЬ 1)

Русев И. Т.

*Украинский научно-исследовательский противочумный институт им. И.И. Мечникова,
Одесса, Украина
E-mail: rusevivan@ukr.net*

Классические воззрения на возникновение эпидемий чумы в Одессе и других городах украинского Причерноморья основаны на гипотезе завоза возбудителя чумы морским путем из древних очагов чумы Азии, Африки, Южной Америки. Анализ ландшафтных, экологических и фаунистических особенностей степного Причерноморья, а также социально-экономических условий и транспортных перевозок чумаками грузов в Одессу, и в целом по Украине в XVI – начале XX столетиях, прежде всего зерновых, - дает основания предполагать, что из обширных территории северной и западной части современного украинского Причерноморья, где существовали реликтовые природные очаги чумы, возбудитель этой инфекции мог заноситься в портовые города, экспортировавшие зерно в огромных масштабах. Однако антропогенная трансформация степных ландшафтов и фаунистических комплексов очаговых чумных биоценозов привели к полному подавлению активности природных очагов чумы в Северо-Западном Причерноморье к началу XX столетия.

Ключевые слова: чума в Одессе, антропогенная трансформация, природные очаги чумы, Северо-Западное Причерноморье.

ВВЕДЕНИЕ

По мнению многих историков и эпидемиологов в большинстве случаев чума проникала в Украину через портовые города, расположенные на берегах Черного моря. Среди этих городов особая роль принадлежит Одессе, которая на протяжении 115 лет с момента своего основания 8 раз являлась входными воротами для возбудителя этого заболевания. Считалось, что поскольку Одесса крупный морской порт, то в силу своего географического положения она служила на протяжении XIX, начала XX вв. «форт постом» на пути проникновения чумы в Европу со стороны моря. И уже спустя всего лишь три года после основания города, в 1797 г. чума была занесена в Одессу морским судном, прибывшим из Константинополя [1]. Многие эпидемиологи считали, что ярким примером завозной морской транспортом «крысиной» чумы были эпидемии 1901–1902 гг., 1910–1911 гг. в Одессе, во время которых заболевания среди людей отмечались на фоне эпизоотии и массового падежа крыс [2].

По мнению Вол Р. [3], впервые возбудитель чумы был занесен в Северо-Западное Причерноморье - район будущей Одессы, задолго до ее основания - еще в 14 столетий. Корабль из Каффы¹ с мехом сурков прибыл на Черное море к берегам

¹ такое название до 1415 года носила нынешняя Феодосия

нынешней Одессы по одному из шелковых путей. Предполагалось, что блохи, находившиеся в мехах заразили матроса и от него, через несколько дней, уже появились сотни заболевших, из которых погибло несколько сот человек.

Между тем, по мнению Федорова В.Н. и др. [4] уже во время 2-ой пандемии чумы в середине 14 столетия происходило широкое освоение степных ландшафтов человеком, в том числе и в Причерноморье, которые вероятнее всего, являлись древними природными очагами чумы и где могли проявляться эпизоотийные процессы. После 2-ой пандемии обширная эпидемия чумы на Украине разразилась в 1710 году [5]. Однако, к началу 3-ей пандемии чумы в 1894 году такие природные очаги в Причерноморье уже фактически могли исчезнуть, либо перестали проявлять свою активность, в связи с активным антропогенным преобразованием ландшафтов [6].

Супотницкий М.В. [7] считает, что вспышки чумы в г.Одессе помимо завоза судами, также связаны с пульсирующим проявлением реликтового причерноморского очага чумы существовавшего до середины XVIII столетия, который периодически давал о себе знать незаметными эпизоотиями и эпидемическими проявлениями. Такие природные очаги чумы вполне могли неопределенно долго существовать в Причерноморье, поскольку для их активизации и функционирования на тот период имелись все необходимые экологические, в том числе ландшафтные и фаунистические условия².

Современные представления о природно-очаговом характере ряда инфекций зародились и развивались под влиянием изучения очагов чумы. Большая заслуга в постановке и разработке этой проблемы, в установлении связи очагов чумы с дикими грызунами и в изучении способов передачи инфекции принадлежит нашим соотечественникам Д.К. Заболотному и И.И.Мечникову, которые активно работали в очагах чумы Забайкалья, Манчжурии (Заболотный) и Нижнего Поволжья (Заболотный, Мечников). К 30-40 годам прошлого столетия был накоплен значительный материал, подтвердивший связь с природными биоценозами и ряда других инфекций. Анализ соответствующего материала, накопленного учеными по ряду инфекций, позволил в 1939 г. Е.Н.Павловскому обобщить его в учение о природной очаговости болезней, которое является и в настоящее время общей методологической основой для исследования этой проблемы. Большая заслуга в разработке теоретических основ биоценологии применительно к очагам болезней человека и углублении наших знаний о роли паразитарных систем в биоценозах и эпизоотологии как части биоценологии принадлежит В.Н.Беклемишеву [8].

Согласно учению о природной очаговости болезней, под природным очагом понимается участок территории определенного географического ландшафта, на котором эволюционно сложились определенные биоценотические и межвидовые взаимоотношения между возбудителем болезни, животными донорами и реципиентами возбудителя и его переносчиками при наличии факторов внешней среды, благоприятствующих циркуляции возбудителя [9, 10]. По мнению Н.И. Николаева [5] эти очаги возникли эволюционно и существуют независимо от человека как постоянного звена циркуляции возбудителя болезни. При этом, как

² Гипотеза активизации реликтовых природных очагов чумы в Причерноморье под влиянием экологических факторов рассматривается нами детально в отдельной статье, которая готовится к печати

указывает И.В. Домарадский [11], влияние человека может перестраивать «патобиоценозы», а иногда даже укреплять и расширять их, способствуя возникновению «антропургических» очагов. Антропогенная трансформация степей и других биомов на территории современной Украины, где существовали реликтовые природные очаги чумы, спровоцированная, прежде всего, «пшеничной лихорадкой» и беспрецедентным экспортом зерна из Одессы, могли стать причиной массовых эпидемий в городе в конце XVIII – начале XX столетий.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для настоящей статьи послужили архивные материалы Украинского научно-исследовательского противочумного института им. И.И. Мечникова (УНИПЧИ) об истории чумы в Одессе. Используются также данные мониторинга Одесской противочумной станции за возможным завозом носителей и переносчиков чумы морскими судами за период ее существования с 1937 по 1999 гг., а также данные УНИПЧИ по мониторингу возможных носителей и переносчиков возбудителя чумы в портах Одессы, Ильичевска и в городе Одессе. Используются также отдельные материалы, собранные автором во время мониторинга природных очагов чумы в Северо-Восточном Приаралье на обширной территории Приаральско-Каракумского автономного очага в период с 1981 по 1989 гг.

Аналізу были подвергнуты также публикации в открытой печати по эпизоотийным и эпидемическим вспышкам чумы в Одессе, а также на обширной территории степного Причерноморья и прилегающих к нему территориях. В источниках выявляли сведения о развитии экологических, экономических, социальных, эпизоотийных и эпидемических процессов, которые не могут быть объяснены с точки зрения представлений об этих процессах, распространенных в современных учебниках и публикациях по эпидемиологии, в том числе и в теориях завозной чумы в Одессу исключительно морским путем.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ландшафтно-географические и эколого-фаунистические предпосылки проявления активности очагов чумы

До середины XVIII столетия, когда началось массовое освоение степей и других биомов на территории современной Украины, а также их трансформация, существовали благоприятные ландшафтные и биоценотические условия для проявления активности реликтовых природных очагов чумы. Однако, коренная перестройка исконных биогеоценозов с природной очаговостью в результате антропогенной трансформации ландшафтов, а также сокращение ареалов и реальное исчезновение обширных поселений многих основных носителей возбудителя могли привести к фактическому подавлению активности очагов чумы [12].

Одними из основных носителей возбудителя чумы, как в очагах Причерноморья, так и на сопредельных территориях в границах современной Украины, в поселениях которых через эпизоотии могла проявляться активизация очагов чумы в прошлом, вероятно, могли являться обычные и даже многочисленные в разные исторические времена обитатели природных биогеоценозов, среди

которых были: степной сурок (*Marmota bobac*), малый суслик (*Spermophilus pygmaeus*), европейский суслик (*Spermophilus citellus*), крапчатый суслик (*Spermophilus suslicus*), обыкновенный хомяк (*Cricetus cricetus*), черная (*Rattus rattus*) и серая крысы (*Rattus norvegicus*), серый хомячек (*Cricetulus migratorius*) [12] и др. Причем, последний вид, как один из высокочувствительных и высоковосприимчивых к возбудителю чумы грызунов, вероятно, имел высокую численность на территории, где сегодня располагается город Одесса, поскольку по данным археологических раскопок, только в одной точке одесских катакомб в понтическом известняке обнаружено около 100 особей этого вида [12].

Кроме указанных, в эпизоотии чумы, в ее природных очагах Причерноморья, также могли вовлекаться и многие виды мышевидных грызунов, занимающие в этом регионе обширные ареалы с флуктуирующей численностью, среди которых в степной и лесостепной зонах наиболее массовыми были домовая мышь (*Mus musculus*) и обыкновенная полевка³ (*Microtus arvalis*). На некоторых территориях современной Черкасской, Херсонской и Крымской областей обычными были также и высоковосприимчивые к чуме тушканчики рода *Alectaga* [12]. А один из указанных видов грызунов - ключевой резервуар возбудителя чумы - степной сурок или байбак, по мнению Абеленцева В.И. [13] охватывал обширный ареал на территории Украины. В этот ареал входили также и территории современных областей Полесской зоны, включая Волынскую, Ровенскую и Житомирскую [12, 13]. Байбак, достигая периодически высокой численности, вовлекался в эпизоотии чумы, на фоне которых возникали локальные вспышки заболеваний и эпидемии. Чумой, возникшей от степных сурков, болели люди – факт, зарегистрированный в 1854-1855 годах в районе степного города Бердянска, расположенного на побережье Азовского моря [13]. Кроме Одессы и прилегающих территорий чума периодически проявлялась и в других регионах черноморского побережья, в том числе и в Бессарабии в (1812, 1819, 1824–1825, 1829, 1835–1837), вспышки которой, никак не были связаны с завозом возбудителя морским путем [14].

Краткая история пандемий чумы на планете и причины их возникновения

Письменными источниками глобальная цикличность эпидемий чумы зафиксирована как пандемии: первая – чума Юстиниана (531–589), вторая – «черная смерть» (1346–1351) и третья – «портовая чума» (1894–1904) [5]. Их суть заключалась в том, что на огромных территориях планеты в сравнительно короткий исторический период вспыхивали эпидемии чумы, сопровождающиеся чудовищной смертностью населения отдельных городов и, даже, стран. Причины их возникновения объяснялись, как это не покажется сегодня странным, сходным образом на протяжении почти 1400 лет – чума распространялась кораблями. Различия состояли лишь в деталях. Считалось, что чума в Марсель во время первой пандемии была занесена неким кораблем. Вторая пандемия объясняется злонамеренными действиями татарского хана Джаныбека, который применил якобы

³В связи с тем, что в прошлом противочумная служба не дифференцировала виды-двойники и виды надвидового комплекса *Mus musculus sensu lato*, здесь подразумевается под обыкновенной полевкой наличие в степной зоне двух видов – восточноевропейской (*Microtus rossiaemeridionalis*) и собственно обыкновенной полевки (*Microtus arvalis*), а под домовой – курганчиковой (*Mus spicilegus*) и собственно домовой мыши (*Mus musculus*).

бактериологическое оружие против жителей города Каффы. После чего заболевшие легкой чумой жители разнесли ее на судах по всей Европе. Хотя исторические источники свидетельствуют о развитии в европейских городах преимущественно бубонной чумы, версия о применении такого рода оружия в середине XIV в. сегодня подается как абсолютно достоверная [7]. Третья пандемия объясняется с позиций представлений начала XX столетия о роли грызунов как природного резервуара возбудителя чумы, но корабли, как основной фактор распространения чумы, по-прежнему в версии остаются. Больные чумой крысы проникали на торговые суда и ими распространялись по миру. Покинув корабль в том или ином порту, они вызывали чуму у местных крыс, затем посредством инфицированных блох болезнь «перекидывалась» на человека. Одновременно, по мнению эпидемиологов, в результате доставки морским путем возбудителя с крысами формировался устойчивый природный очаг чумы среди местных грызунов [15].

Однако, по мнению Супотницкого М.В. [14] если мы более внимательно посмотрим на эти события в историческом аспекте, то выявляются «выпадения» имеющихся фактов из этих «научных», заставляющие все же сомневаться в их правильности. Вот эти факты:

Во-первых, эпидемии чумы развиваются тысячелетиями на одних и тех же местностях. Так первая и вторая пандемии чумы вспыхивают в одних и тех же городах, примерно в одной и той же территориальной последовательности (с юга на север и с востока на запад) и охватывают Европейский континент за 3–5 лет. Даже так называемая «третья пандемия», не достигшая масштабов двух предыдущих, по своим контурам с ними все же совпадает. Наряду с этим многие авторы свидетельствуют о наличии местностей, куда чума «никогда не заносится». По мнению Супотницкого М.В. [7] нет ни одного исторического свидетельства, бесспорно подтверждающего, что чума в Европе начиналась именно в портах. Если изучать детали появления чумы в том или ином портовом городе, то, как правило, территории портов меньше всего поражались чумой. Например, в Одессе в 1812 г. бубонная чума началась среди актеров театра (при полном благополучии по чуме в одесском чумном карантине!), но еще раньше она началась в отдаленных от Одессы местностях Северного Причерноморья и Малороссии. Тем не менее, во всех источниках ее называют «портовой». Во время чумы в Глазго в 1900 г. в городе и в порту не было найдено ни одной чумной крысы, ни свидетельств ее «заноса» больными чумой людьми [14].

Весьма интересно то обстоятельство, что возбудитель чумы (*Yersinia pestis*) может сохраняться на одних и тех же территориях без его поддержания среди грызунов. И.В. Домарадский [11] описал «пробуждение» одного из известных очагов чумы в районе Гулженги в Забайкалье, на протяжении 13 лет никак не обозначавшего себя эпизоотиями среди грызунов. Даже, несмотря на широкомасштабные работы по уничтожению носителей чумы в разных природных очагах чумы бывшего СССР, активность их впоследствии вновь проявлялась, причем в более масштабной форме. По данным противочумного Центра России в течение последних лет отмечена активизация природных очагов, длительное время не проявлявших себя. Так, например, после 58-летнего перерыва выявлена чума в Курском районе Ставропольского края. Масштабные работы по уничтожению малого суслика как основного носителя в очагах

чумы Калмыкии в середине XX столетия также не принеси желаемого успеха. Возбудитель чумы никуда не исчезал из степного ландшафта, он просто стал циркулировать среди других видов грызунов в активной эпизоотийной фазе, а затем снова на неопределенный период «уходил» в межэпизоотическую фазу.

Во-вторых, пандемии чумы не начинаются внезапно, они имеют длительный «период предвестников», когда исторические хроники за несколько десятилетий до объявленной пандемии фиксируют локальные вспышки чумы в отдельных населенных пунктах, не связанные с портами. В Средние века их приписывали колдовству и магии злонамеренных лиц. Сами «злонамеренные лица» в подвалах инквизиции быстро признавали свою вину. Таким образом, причины и этих вспышек чумы были очевидны для современников, и эпидемиология чумы находилась в самодостаточном состоянии [7].

В третьих, все пандемии чумы проявляются множеством несвязанных между собой вспышек бубонной чумы. По наблюдениям современников, чума обычно «двигалась скачками». С одного населенного пункта в другой, нередко пропуская другие, густонаселенные, лежащие на пути ее «перемещения». Даже развивающиеся в некоторых городах вспышки легочной чумы, как это, например, имело место во времена «черной смерти», все же происходили на фоне масштабных вспышек бубонной чумы и имели четкие территориальные и временные рамки.

Известно, что бубонная чума не контагиозная и никогда не выходит из своих природных очагов. Но природные очаги, наличие которых могло бы объяснить почти 500-летнее ее присутствие на Европейском континенте, сегодня встречаются только на юге Европейской России. В настоящее время здесь находятся 11 природных очагов чумы, общая площадь которых составляет более 31 млн. га.

- Карачаево-Черкесской Республики (Карачаевский и Малокарачаевский районы);
- Кабардино-Балкарской Республики (Тырнаузский, Баксанский, Эльбрусский, Зольский районы);
- Республики Дагестан (Тарумовский, Бабаюрский, Кизлярский, Кулинский, Агульский, Ногайский, Буйнакский районы);
- Республики Чечня (Грозненский, Ачхой-Мартановский, Надтеречный, Советский, Веденский, Шалинский, Наурский, Шелковский районы);
- Ставропольского края (Курский район).

Западная, Центральная и Восточная Европа, наиболее пострадавшие от эпидемий чумы в XIV–XVIII вв., в настоящее время не имеют ее природных очагов, по крайней мере таких, в которых бы возбудитель чумы поддерживался грызунами. Обращает на себя внимание и то обстоятельство, что известные сегодня природные очаги чумы территориально занимают значительно меньшие площади, чем те, границы которых можно очертить по историческим хроникам.

И последнее (четвертое) «выпадение» имеющихся фактов из «научных» объяснений эпидемиологии чумы – масштабные эпидемии чумы развиваются на фоне вспышек других опасных болезней. Специалистам по чуме известно, что для возникновения даже единичного бубонного случая болезни среди людей, должны совпасть редко встречающиеся в природе обстоятельства (наличие в природном очаге

восприимчивых к чуме грызунов, развитие чумы у грызуна в септической форме, блохи должны быть «блокированы» и др.). Поэтому большая часть вспышек чумы ограничивается небольшим количеством вовлеченных в нее людей (десятки, и очень редко, сотни случаев болезни). Анализ же исторических источников показывает, что эти маловероятные события масштабируются только при наступлении других эпидемических событий, совпадения с которыми нельзя игнорировать [7].

Первая и вторая пандемии чумы развивались на фоне масштабных эпидемий проказы, или той болезни, которая тогда считалась проказой. Другим пандемическим событием – предвестником чумы, средневековые авторы считали распространение среди людей натуральной оспы. В 1436 г. знаменитый врач Конкорегgio, выживший в период масштабных чумных и оспенных эпидемий, заметил, что эпидемия оспы нередко оказывается предвестницей эпидемии чумы и, что чума в таких случаях оказывается более опасной. Среди врачей бытовало твердое убеждение, что *variola* (оспа) и *morbilli* (корь) могут встречаться одиночными случаями в любое время, но когда эти болезни распространяются весьма сильно, то в этом случае они являются предвестниками большой эпидемии чумы [7].

Таким образом, исходя из приведенных фактов, появление чумы в Одессе в разные периоды ее истории нельзя объяснить исключительно ее завозом морским путем. Эти и другие многочисленные факты свидетельствуют с одной стороны, о существовании природных очагов чумы в Причерноморье, а с другой – о возможном заносе (завозе) чумы в Одессу, не только и не столько морскими судами, а, скорее всего, непосредственно из природных очагов чумы, простирившихся на обширной территории современной Украины.

Реликтовые природные очаги чумы в Степном Причерноморье и их связь с эпидемиями чумы в Одессе

Для понимания основ функционирования природных очагов особую значимость представляют новые данные, значительно расширяющие представления о природной очаговости и механизме энзоотии чумы [6, 16]. Исследования последних лет раскрывают конкретное содержание почвенной фазы существования чумного микроба в очаговых биогеоценозах, обеспечивающей сохранение возбудителя в многолетние межэпизоотические периоды. Доказана возможность существования чумного микроба в почве природных очагов в покоящейся (некультивируемой) форме, выявлены биотические факторы, индуцирующие образование покоящихся клеток и их реверсию в вегетативное состояние. Установлены внутриклеточный паразитизм возбудителя чумы в почвенных простейших, длительное сохранение покоящихся форм в цистах инфузорий, а также возможность колонизации чумным микробом растений из почвы. Предполагается существование циклических процессов резервации и циркуляции чумного микроба в наземных и почвенных экосистемах природного очага, где почвенная фаза обеспечивает устойчивость популяции возбудителя и преемственность периодических эпизоотий [16].

В определенной степени подтверждением таким предположениям может служить представление о том, что эпизоотический механизм при чуме (постоянное пассивирование возбудителя между его носителями через блох) не обеспечивает устойчивого существования чумы в очаге и каждая эпизоотическая цепь пассажей

возбудителя в очаге, сколько бы она ни продолжалась – конечна. Именно такое представление о механизмах энзоотии, в той или иной форме разделявшееся некоторыми исследователями в прошлом было обосновано разносторонними фактами [17]. Можно привести следующий их краткий перечень: находки одиночных (вне эпизоотической цепи пассажей) зараженных грызунов и их блох; одновременность возобновления эпизоотии во многих пунктах очага после десятков лет ее отсутствия; отсутствие связи между возникновением эпизоотии и уровнем численности носителей и переносчиков, наличие наблюдений за эпизоотиями на территориях, где отсутствуют основные носители или переносчики; неудачи громадных по объему работ по оздоровлению территорий природных очагов от чумы путем истребления грызунов и блох; низкая вероятность устойчивости эпизоотического процесса, показанная на имитационной модели с использованием радиоактивных изотопов; неудачные попытки воссоздания эпизоотии чумы в искусственных норах в условиях опыта; неизменность свойств чумного микроба во всех равнинных природных очагах, что свидетельствует об отсутствии адаптации у возбудителя к инфекционному процессу у разных в систематическом отношении теплокровных животных; крайняя эфемерность проявлений чумы во многих очагах (индекс эпизоотичности 0,05 - 0,15) и, вместе с тем, отсутствие фактов самоликвидации природной очаговости в каком-либо очаге или на ограниченной его части. Кроме того, до настоящего времени не известны природные явления и процессы, которые могли бы повлиять на активность или существование очага [17]. Единственным фактором снижения активности и существования очагов может служить сплошная распашка больших пространств, что и происходило в последние два столетия в степном Причерномрье [6, 18].

По мнению Супотницкого М.В. [7] природные очаги чумы могут существовать тысячелетиями вне связи с наличием на данных территориях инфицированных возбудителем чумы грызунов. Они проявляют себя периодически возникающими на одних и тех же территориях масштабными эпидемиями чумы. Активизация таких очагов зависит от неизвестных пока факторов, но эти же факторы влияют и на активизацию неизвестных пока природных очагов возбудителей натуральной оспы и проказы. Для того, что бы отграничить их от очагов чумы, выявляемых бактериологическими методами по эпизоотиям чумы среди грызунов, Супотницкий М.В. [7] предлагает назвать их реликтовым⁴ и приводит границы таких очагов. Ниже они представлены по упоминаниям эпидемий чумы в исторических источниках, не вдаваясь в объяснение того, каким образом на этих территориях может поддерживаться микроб чумы [19–21].

Чтобы понять общие закономерности географии чумы, ее периодическое проявление в поселениях теплокровных носителей на обширной территории степного Причерноморья и ее историческое распространение в регионе, нас, прежде

⁴ реликтовый очаг опасной инфекционной болезни – территория, неопределенно долго включающая природный очаг возбудителя опасной инфекционной болезни, о существовании на которой в прошлом вспыхивала данная болезнь среди людей и животных известно из исторических источников. Термин — гипотеза. Должен применяться при историческом описании эпидемий и при постановке задачи на определение методами молекулярной диагностики границ природных очагов возбудителей опасных инфекций, поддерживающихся среди простейших и не проявляющих себя эпизоотиями или вспышками инфекционной болезни среди людей в настоящее время.

всего, интересуют реликтовые очаги на территории Украины, прежде всего те, которые связаны с регионами Северного и Западного Причерноморья. Это такие, как: Реликтовые природные очаги чумы Северного Причерноморья и Малороссии и Балкано -Придунайские реликтовые очаги чумы.

Реликтовые природные очаги чумы Северного Причерноморья и Малороссии. Это восточная оконечность последовательности реликтовых очагов чумы, тянущихся от Балкан на восток вдоль всего северного побережья Черного и Азовского морей до очагов чумы Великого Евразийского чумного «излома». На севере этой обширной зоны границы очага можно расположить на равнинном пространстве между Волыно-Подольской и Среднерусской возвышенностями до границ Курской области. Пульсации очагов происходят в направлении с запада на восток [14]. Начало активизации очагов чумы Северного Причерноморья и Малороссии приходится на период свирепствования «черной смерти». В 1738 г. их активность достигла максимума. Во второй половине XVIII в. чума постепенно отступает в направлении с севера на юг и дробится на мелкие очажки. Основной причиной снижения активности и существования очагов как таковых является антропогенная трансформация ландшафтов, что стало характерным для равнин Балканского полуострова и юга Украины [6]. Однако, в первой половине XIX в. все еще активными остаются очаги чумы Северного Причерноморья, расположенные на пространстве между Крымским полуостровом и Тирасполем, включая и Одесский регион, причем их границы постепенно сужаются (рис. 1). Небольшую активность эти очаги проявили в начале XX в. (чума в Одессе в 1902 и 1910 гг.) [14].

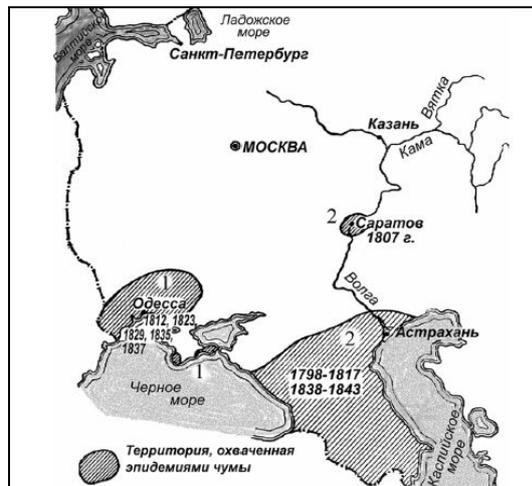


Рис.1. Территории России, охваченные эпидемиями чумы в первой половине XIX столетия. 1-пульсирующие реликтовые очаги чумы Северного Причерноморья, и Малороссии, 2 – пульсирующие очаги чумы входящие в Великий Евразийский чумной «излом» (по [14])

Балкано-Придунайские реликтовые очаги чумы. Синхронно активизировались как в первую, так и во вторую пандемии чумы, приводя к массовой гибели людей. Среди них можно выделить три группы реликтовых очагов [14]: 1) цепочка очагов на равнинной местности между реками Прутом и Серетом, расположенных от Хотина до Измаила (включая Яссы, Браилов, Галац и др.), своей восточной частью вплотную прилегающих к реликтовым очагам Северного Причерноморья и Малороссии; 2) цепочка очагов на равнинной местности между Дунаем и Черноморским побережьем от Бабадага до Варны (включая Черноводы, Каварну, Кюстенджи); 3) отдельные очаги на равнинной местности между Константинополем, Андрианополем и побережьем Мраморного моря. Максимум активности достигают в конце XVIII в. В начале следующего столетия очаги вновь активизировались. Активными они были в Бессарабии и проявляли себя в виде эпидемических вспышек несколько раз. Так, например, Мисюк В.С. [22] пишет, что «...в 1812-1814 гг Бессарабию опустошила моровая язва (чума). В связи с этим в 1916 году высочайшим повелением Бессарабия на три года освобождалась от податей и на неопределенное время – от рекрутской повинности...». Природные очаги этой инфекции проявляли небольшую активность даже в начале XX в.

Если нанести территории всех указанных выше реликтовых очагов на географическую карту, то, по мнению Супотницкого М.В. [7] они в основном будут располагаться на низменных территориях, расположенных по долинам рек и вблизи морского побережья. В определенной степени подтверждением тому может служить, например, карта распространения реликтовых природных очагов чумы Северного Причерноморья и Малороссии (рис. 2).

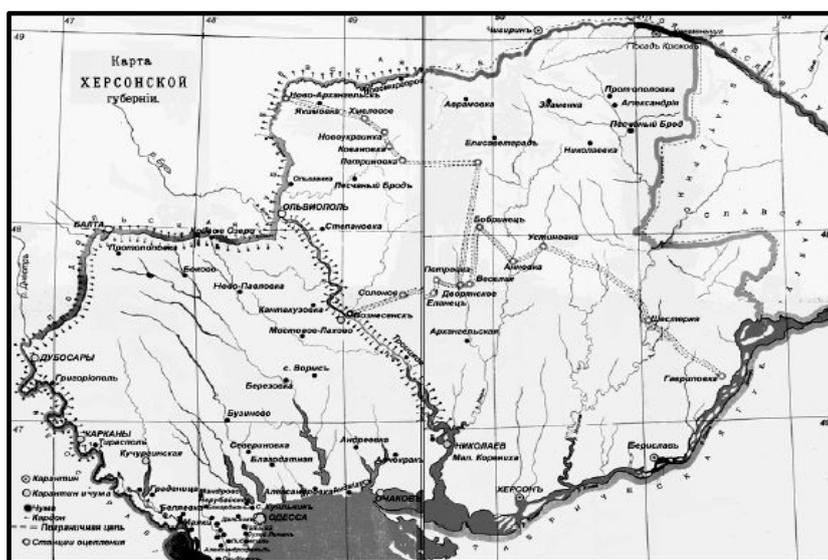


Рис.2. Активизация реликтовых очагов чумы Северного Причерноморья и Малороссии в 1812 г. (по [14])

Чума в Одессе 1812-1813 гг.

Прежде чем приступить к анализу чумных эпидемий в Одессе, необходимо дать краткую характеристику той активности молодого города, которая с первых дней его существования стала придавать ему мировую славу. Такая бурная портовая и торговая активность, вероятно, сыграла и важнейшую роль в заносе и распространении возбудителя чумы не только морским, но и наземных транспортом – с действующих очагов чумы, как Северного Причерноморья, так и регионов Подолии и Волыни, где существовали природные очаги этой инфекции. Экспортная торговля хлебом сразу же заняла ведущее место в хозяйственной жизни Одессы. Для огромного земледельческого района Правобережной Украины и других местностей юга России Одесский порт оказался самым удобным для выхода на заграничные рынки [23].

Именно в этот период особое значение приобретает возрождавшийся чумацкий промысел — промысел по перевозке грузов гужевым транспортом. Он зародился на украинских землях еще в XV в., но особое распространение получил в XVII — I половине XIX в. Залежи соли в центральной части Украины не были еще известны, поэтому чумаки ездили к Азовскому и Черному морям (а позже и на Каспий), где в естественных лиманах и озерах добывали соль. Сначала тех, кто возил соль, так и называли – «соленики», потом «окрестили» чумаками [24]. Существует на сегодняшний день несколько версий происхождения этого названия. Однако одна из версий напрямую связана со словом «чума», поскольку, по историческим документам, украинские торговцы часто заражались в пути чумой и заносили ее в Запорожскую Сечь, а также разносили ее по всей территории Украины; но и в разгул эпидемии чумаки не бросали свое ремесло, а только, «...дабы не заразиться, измазывали себя дегтем...» [25].

Чумаки осуществляли перевозки грузов и торговые связи между украинскими, российскими землями и Крымом. По степям Северного Причерноморья и Приазовья были проложены несколько чумацких шляхов (Черный, Муравский, Молдавский, Бакаев). Именно эти территории входили в зону реликтового природного очага чумы Северного Причерноморья и Малороссии.

Основными грузами, доставлявшимися на юг были зерно, кожа, мед, воск, а из Крыма доставлялись соль и рыба. Чумаки в XVII — XVIII вв. имели монополию на торговлю солью на украинских землях. Соль доставлялась ими вплоть до Поволжья, на востоке и Волыни на западе.

Перевозка осуществлялась большими деревянными возами (мажами), в которые запрягались пара или четверо волов. На такой воз могли загружать более 60 пудов соли. Чаще всего использовали бессарабских волов с длинными рогами. Возы собирались в валки от 100 до 300 возов, во главе каждой валки был выборный атаман, а чумаки валки составляли ватагу. Во время перехода в валке устанавливалась полувоенная дисциплина, обязанностью чумаков была взаимопомощь. Нередко по степям Дикого поля чумацкие валки сопровождалась для охраны отрядами казаков. Чумацкие валки отправлялись в путь ранней весной и возвращались домой поздней осенью. За сезон они могли совершить 2-4 перехода на юг и обратно.

В процессе таких длительных переходов и перевозки грузов чумаки могли сами заражаться чумой в природных очагах, а вместе с грузом, прежде всего зерном, кожей, мехами завозить чумных грызунов и их блох в Одессу. Сами же вола на огромном пространстве и на пройденных маршрутах могли прокармливать и переносить на определенные расстояния, в том числе и в Одессу зараженных чумой пастбищных иксодовых клещей, которые массово обитают и сегодня в степных биоценозах Причерноморья. А в самой Одессе, при обилии серой и черной крыс, а также других многочисленных видов потенциальных резервуаров возбудителя в городских условиях, в те времена вполне могли развиваться эпизоотийные процессы чумы и эпидемические вспышки, которые ошибочно относили к вспышкам, возникавшим завозным морским путем.

С открытием в конце XVIII в. черноморских торговых портов, чумаки становятся основными поставщиками зерна для них, ежегодно они доставляли 25-40 млн. пудов зерна, а с юга — 2-3 млн. пудов соли и до 1 млн. пудов рыбы. Они также обслуживали ярмарки на Украине, в России (вплоть до Москвы), Белоруссии, Польше [24].

Возрастающая активность перевозок привела к тому, что уже в 1795 году к Одесскому порту причалили 39 судов, 22 судна отошло из порта; в 1796 году прибыло 84, отошло 64; в 1797 году порт посетили 72 корабля, 50 из них повезли за границу зерно. Коммерческие обороты настолько возросли, что уже с 1796 году возникла потребность в открытии биржи, совершавшей торговые сделки. В 1795 году Одесса по торговым оборотам обогнала Херсон, Феодосию, Керчь, Севастополь, а в 1796 году оказалась впереди Евпатории. И в последующие годы, вплоть до конца XIX в., Одесский порт не имел себе равных на Черном и Азовском морях, особенно после присоединения в 1812 году Бессарабии к России, когда из этого богатейшего края, входившего в зону реликтового природного очага чумы, к нему хлынули новые потоки хлеба и другого сельскохозяйственного сырья. В 1814 году отсюда вывезено только зерна на 7 млн. руб., в 1815 – на 14 млн., в 1817 – на 42 млн. руб [23].

Присоединение причерноморских земель к России способствовало расцвету чумацкого промысла. В это время чумацкие шляхи проходили через Богополь, Кривое Озеро, Вознесенск. Учитывая высокий спрос на лес и стройматериалы в южном регионе, чумаки скупали лес и лесоматериалы на днепровских пристанях в Черкассах, Новогригорьевске, Кременчуге, Каховке, а затем распродавали в Херсоне, Николаеве и Одессе. Часть этого леса и разные изделия из дерева выменивались на зерно в окружающих селах. С Киевщины в Николаев доставлялся хлеб (часть его покупалась для нужд флота морским ведомством, остальной доставлялся в Одессу каботажным флотом). Чумаки также доставляли на юг различные овощи, особенно картофель и лук, продавая их, в основном, в Херсоне, Одессе и Николаеве. С юга традиционно доставляли соль, рыбу и разные товары из Одесского, Херсонского портов, а начиная с 60-х гг. XIX в. и из Николаевского коммерческого порта. Одним из центров чумацкого промысла на Юге Украины был также Ольвиополь⁵. Чумаки из этого города специализировались на доставке зерна в Одессу, Николаев. Вознесенск. Более состоятельные закупали рыбу и соль, которую

⁵ В настоящее время территория в районе села Парутино – Очаков Николаевской области

продавали в Каменце-Подольском и Старкостантинове, то есть направлялись в Подолию, где исторически существовал природный очаг чумы.

В середине XIX века традиционный ввоз с чумаками соли на Украину достиг 8 млн. пудов ежегодно. Для перевозки такого количества использовались по меньшей мере 120–130 тыс. фур (чумацких возов). Уже к середине XIX столетия в Черноморско-Азовские порты чумаки ежегодно доставляли от 34 до 40 млн. пудов хлеба. Они перевозили также каменный уголь, продукцию сахарных, салотопных заводов и т.д. Однако, с началом второй половины XIX в. начался упадок чумацкого промысла, что было связано с началом активного развития железнодорожного транспорта, конкуренции с которым чумаки не выдерживали. Тем не менее, этот промысел продолжал играть существенную роль в транзитных грузоперевозках на южноукраинских землях вплоть до начала XX в. [25].

С момента рождения Одессы через ее порт активно стали вывозить зерно за границу, которые привозили чумаки из Подолии, Волыни, а также из обширных земель Приднепровской возвышенности и других причерноморских степных регионов, которые входили в ареал реликтового природного очага чумы. Возбудитель этой опасной инфекции с высокой вероятностью мог быть завезен с зараженными грызунами или их блохами вместе с зерном или другими товарами, завозимыми чумаками в Одессу для экспорта, а также иксодовыми клещами, которые могли прокармливаться на волах. И уже через 3 года после возникновения Одессы здесь возникает первая зарегистрированная эпидемическая вспышка. Достоверной информации о ее развитии мы не обнаружили, хотя следует предположить, что она возникла вследствие вероятного завоза возбудителя чумы грызунами или их блохами из материковых природных очагов чумы, располагавшихся как на обширных просторах Причерноморья, так и на других территориях Украины.

Следует отметить, что за несколько лет до основания Одессы и первого проявления чумы в городе в 80–90-х годах XVIII столетия наблюдаются пульсации Балканских, Причерноморских очагов чумы и очагов Великого Евразийского чумного «излома». В 1783 г. бубонная чума распространилась по Египту и Малой Азии вплоть до Черноморского побережья. В следующем году она вспыхнула в Кременчуге, Херсоне, Дубоссарах и окрестностях этих городов [14]. Д.С. Самойлович [цит. по 14], состоявший в то время главным доктором при карантинах, писал, что в Кременчуге эпидемия продолжалась с 20 мая по 15 ноября 1784 г. Население этого города состояло из 8 тыс. человек. В карантин поступило 489 больных чумой, из которых 249 выздоровели, а 240 умерли. Ни Херсон, ни Кременчуг, ни другие зараженные места не были окружены кордоном, и зачумленные дома не сжигались. Д.С. Самойлович во время этих эпидемий настойчиво искал «контагий», пытаясь опередить свое время на 100 лет. В 1784 г. князь Г. А. Потемкин (1739–1791) даже выписал для него микроскоп Деллебара, считавшийся в те годы наиболее совершенным. Самойлович вскрывал трупы и проводил кропотливые микроскопические исследования тканей и содержимого бубонов [14].

В 1793–1795 гг. эпидемии чумы распространились по Турции, Сирии, Венгрии, Валахии, Трансильвании, Боснии, Герцеговине и Галиции. Через год после активизации Балканских очагов «разогрелись» Причерноморские очаги чумы. В

1796 г. чумой охвачена Тамань и весь Фанагорийский полуостров Крыма. Для предохранения от заноса эпидемии в Таврическую область были созданы карантинные заставы от Керчи и Еникале до оконечности Арбатской стрелки и далее до Мариуполя. В это же самое время чума была в Екатеринодаре и двух селениях Екатеринодарского уезда. В Одессе и Очакове, в Подольской губернии, Молдавии и Валахии чума проявлялась в 1787–1789 гг. и вновь в 1792 г.; в 1787–1789 гг. чума свирепствовала в Венгрии и Турции, в 1788 г. «морская язва» «показалась» в Валахии. В 1792 г. чума вспыхнула в Волынской губернии [14]. При этом, было установлено, что один помещик из своего имения отправил обоз с пшеницей и неподалеку от г. Козина умерло 7 человек из этой обозной прислуги. Вскоре после этого заболело несколько человек в деревне Белогрудка, затем чума проникла в расположенный неподалеку от этой деревни городок Поречье, находившийся в 20 верстах от г. Дубны. Эпидемия продолжалась с июня по декабрь, и лишь в начале января 1799 г. Волынская губерния была объявлена благополучной по чуме [14].

Таким образом, в этот период конца XVIII столетия чума полыхала на обширной территории Причерноморья, Подолии, Волыни откуда возбудитель мог попасть в Одессу гужевым транспортом, перевоза не только зерно, но и зараженных грызунов или блох, а также вместе с пастбищными иксодовыми клещами. В отдельных случаях, обозная прислуга или сами извозчики могли перемещаться больными по пути следования в Одессу.

Вскоре, наиболее крупная эпидемия чумы в Одессе в начале XIX столетия возникла в 1812–1813 гг, во время которой из 25 тыс. населения заболело 3500 и погибло 2655 человек. Как память о тех временах в Одессе сохранилась "чумка" холм на месте массовых захоронений умерших.

Чума в 1812 году возникла не только в Одессе, но и в Феодосии. Однако, маловероятно, что чума была завезена, как тогда считали, из Стамбула. Как и в конце XVIII столетия, одновременно с Феодосией эпидемия началась в Симферополе, Керчи, Еникале⁶ и некоторых селениях, расположенных между этими городами. Эпидемия своим происхождением обязана реликтовому очагу чумы, пульсацию которого впервые письменно зафиксировал в Крыму де Мюси еще в 1346 г. [14]. Сколько времени чума продолжалась в этих местах – неизвестно. По всей Таврической губернии, кроме Феодосии, в 1812 г. от нее умерло 816 человек.

Нет никаких исторически достоверных свидетельств «заноса» чумы в Одессу в 1812 г. именно морским путем. Херсонский губернатор приписывал появление чумы в этот период ее «злему намерению, нарочно так расположенному, чтобы бедствие сие вдруг распространилось на твердой земле, ибо тогда, когда она показалась, в карантинах все было благополучно и не только умиравших, но и признаков чумы не было» [14]. Первые заболевания чумой в городе Одессе вообще не имели отношения ни к Стамбулу, ни к портовым карантинам, ни даже к морякам. Они появились среди актеров одесского театра, затем болезнь распространилась в лавках вольного рынка. Несколько заболевших ею актеров умерли и это вызвало значительную тревогу, как среди врачебных кругов, так и населения города.

⁶ крепость на берегу Керченского пролива

Чуму, как это обычно бывает в начале крупных эпидемий, не распознали сразу, болезнь называли «**febris petechialis**», но повальное вымирание актеров вызвало подозрение, что в Одессе происходит нечто очень опасное. Уже 29 августа, по распоряжению герцога де Ришелье, начальника Новороссийского края, были начаты противоэпидемические мероприятия [14].

Эпидемия «игнорировала» карантины и явно носила природно-очаговый характер. Одновременно с Одессой чума появилась в «медвежьих углах» Тираспольского, Ольвиопольского и Херсонского уездов, минуя остальные портовые города. Указом правительства вся область между Бугом и Днепром была объявлена «сомнительной», и везде проводились одни и те же меры. О масштабах постигшей город трагедии и о динамике эпидемического процесса можно судить по опубликованным цифрам смертности от чумы:

- с 15 августа по 1 сентября 1812 г. умерло 45 человек,
- с 1 сентября по 1 октября 1812 г. умерло 410 человек,
- с 1 октября по 1 ноября 1812 г. умерло 1018 человек,
- с 1 ноября по 1 декабря 1812 г. умер 471 человек,
- с 1 декабря 1812 г. по 1 января 1813 г. умерло 58 человек,
- с 1 января 1813 по 1 февраля умерло 13 человек,
- с 1 февраля по 10 февраля – 3 человека.

Эпидемия продолжалась 6 месяцев, наиболее тяжелыми для жителей города были октябрь, ноябрь и декабрь 1812 г.

15 февраля 1813 года ввиду вполне благополучного состояния Одессы рапортом №394 Дюк де Ришелье доложил главнокомандующему о прекращении эпидемии в городе. А 18 мая 1813 г. оцепление города сняли и жителям разрешили свободный выезд.

Причина появления чумы стала предметом расследования специальной комиссии, созданной Ришелье в декабре 1812 г. по приказу из Петербурга. Комиссию возглавил действительный статский советник Николай Трегубов. Поначалу комиссия быстро разобралась в случившемся, и виновник чумы был ею легко найден. Это был грек, Афанасий Царепа, прибывший из Константинополя, где тогда была выявлена чума. Именно поэтому эпидемия чумы в Одессе 1812 г. попала в исторические исследования как «заносная».

Однако следует указать на тот факт, что на обширной территории реликтового природного очага чумы Северного Причерноморья и Малороссии, особенно в Бессарабской его части сохранялся важный ландшафтный и экологический потенциал чумы, который мог быть источником завоза чумы в Одессу. Именно этот природный очаг проявил себя в последующих эпидемиях.

Важно отметить, что в 1812 году в Бессарабии насчитывалось пятьдесят пять тысяч семейств или примерно двести семьдесят пять тысяч жителей. Однако, русский писатель и историк Михайловский-Данилевский, побывавший в Бессарабии в 1818 году, рассказывал, что, проехав более ста пятидесяти верст по югу Бессарабии, он не встретил ни единого селения. Его особенно поражали изобильные луга, плодородные почвы и малое количество населения. Тут, видимо, к последствиям турецко-татарского хозяйничанья, как полагает Мисюк В.С. [22]

добавилась еще моровая язва или чума, 1812-1814 годов, совершенно опустошившая когда-то цветущий край.

Данный факт о проявлении активности природных очагов чумы в Бессарабии может свидетельствовать с одной стороны о том, что возбудитель чумы в Одессу мог быть занесен и с территории Османской империи, границы которой до подписания Бухарестского мирного договора 16 мая 1812 г. между Россией и Турцией проходила по Днестру – непосредственно по границе с татарскими владениями Османской империи (*Бендерский и Аккерманский уезды*). С другой стороны – этот факт дает основание предполагать, что циркуляция возбудителя чумы проходила не только в условиях города Одессы, где она якобы была завезена морским путем, но она полыхала и на обширном пространстве степного ландшафта Бессарабии – современной территории юга Одесской области и юга Молдавии, что подтверждает наличие природных очагов этой инфекции в тот период непосредственно вблизи Одессы, откуда в период активизации очага вполне вероятно, возбудитель чумы мог быть занесен в город.

После чумы в Одессе в 1812-1813 гг. она снова появилась в Причерноморье осенью 1819 г. Вначале в Яссах, Браилове, Савке, Горичанах и Атанах, где унесла жизни 82 человек. В Яссах болезнь распознали правильно, но лишь тогда, когда она распространилась по всему городу. Эпидемия везде вскоре прекратилась, и только в одном местечке Бессарабии отмечено несколько заболеваний чумой в 1820 г. В 1824 г. чума снова появилась в Бессарабии. В городе Измаиле⁷, построенном на Дунае, между 9 и 13 ноября в одной семье заболело и умерло 4 человека. У троих человек болезнь длилась не более 3 дней, у одного – только 22 часа. Быстрая гибель больных встревожила местные власти, и этот дом вместе с соседними был оцеплен военным караулом. На следующий день в Измаил прибыл бессарабский губернатор с несколькими врачами. Два трупа были вырыты и у них обнаружены бубоны в пахах. Через три дня в оцепленных домах появились новые заболевания, характер которых не вызывал сомнений – в городе чума [14].

Вскоре появились заболевания и среди солдат оцепления. Потом выяснили, что один из солдат, стоявших в оцеплении, ночью пошел в зараженный дом и попросил поесть. На следующий день у него развились симптомы какой-то болезни, но так как о своем поступке он никому не рассказал, его отправили в госпиталь, где у него развилась чума. В короткое время в госпитале умерло еще 34 солдата, причем у некоторых из них наблюдались симптомы легочной чумы. Заболевшие жаловались на давление и боли в груди, отдышку, кашель и выделяли при этом кровавую мокроту с кровью или алую, пенистую кровь. Наблюдалась кровавая рвота и кровавые поносы. В Тучкове с ноября 1824 г. по февраль 1825 г. заболело чумой 83 человека, из них умерло 75. При появлении заболеваний были приняты экстренные меры.

Кроме военных кордонов, все 14 зараженных домов, к счастью, находившихся в одном конце города, были окружены глубоким рвом. Оцепленные дома окуривали хлором, их деревянные части обмывали щелоком. Больных забирали в лазарет, тоже окруженный рвом и военным караулом.

⁷ 19 сентября (10 октября по новому стилю) 1812 года указом Сената Российской империи был переименован в город Тучков, сохранив это название до 40-х годов XIX ст. В 1813 году Тучков становится уездным городом [26]

Постели и платье больных сжигали, домашних животных убивали. Из лазарета выздоровевших после обмывания разведенной серной кислотой переводили в карантинный дом, где держали еще 24–40 суток, затем подвергали вторичному «очищению» и только потом отпускали как «неопасных». Умерших хоронили далеко в поле, густо засыпая негашеной известью [14].

Карантин был наложен на весь город. Его немедленно окружили воинскими частями, выезд разрешили только по специальным пропускам после 16-дневного карантина. Город разделили на 4 участка, в каждом из которых назначили смотрителя и врача, ежедневно обходивших дома своего участка. Оцепление зараженного участка города Тучкова показалось бессарабскому губернатору недостаточным, поэтому город окружили еще и рвом, кроме той его стороны, которая выходила к Дунаю. Вдоль рва поставили солдат, которым приказали стрелять в любого, кто попытается прорваться через кордон. Бедных и лишенных заработка содержали все время оцепления за казенный счет.

Губернатор находился все время эпидемии при кордоне, но ежедневно отправлялся в оцепленный город контролировать точное исполнение всех санитарных мер.

После 3 февраля 1825 г. в Тучкове заболевших чумой жителей не было, но только 15 марта карантин был снят и после благодарственного молебствия, полностью восстановлено сообщение города с внешним миром.

Кроме Тучкова, в 1825 г. чума в Бессарабии, всюду «простудные горячки» обнаружилась в колонии Барт. Первые заболевания в колонии зарегистрированы в январе, всего там заболело 30 человек, из которых 22 умерли. В феврале заболевания прекратились. В колонии Барт все вымершие дома сожгли вместе с имуществом. При появлении чумы проводились те же мероприятия, что и в Тучкове [14]. Между тем, активная транспортировка грузов в Одесский порт гужевым транспортом продолжалась, что могло способствовать заносу возбудителя из активизировавшихся природных очагов чумы.

В 1824 г. Волынская область официально считалась свободной от чумы и о ее присутствии здесь не подозревали несколько месяцев. В местечке Корце эпидемия началась весной 1825 г. среди русских солдат и проявила себя только воспалениями лимфатических узлов. Доктор Чернобаев заметил бубон ниже паха сначала у одного лихорадящего больного, затем у другого, далее еще у семи человек. Эти бубоны благополучно нагноились, и смертельных исходов не было. Время для массовых эпидемий в русских войсках не пришло — чумной очаг еще только «разогревался». Но грузы чумаков из Волыни постоянно поступали, что также могло способствовать заносу возбудителя чумы с экспортируемыми товарами – зерном, шкурами животных и др. посредством перемещения зараженных грызунов и их блох в Одессу.

В 1826 г. вспыхнула сильная эпидемия чумы в Константинополе. В 1827 г. чума появлялась в разных местах Валахии и Молдавии, хотя не всегда и не везде ее диагностировали, видимо, по тем же причинам, что и в Волынской области.

10 июля 1829 года чума была обнаружена в одном предместье Одессы, а затем она появилась в самом городе и некоторых окрестных деревнях [27]. Против распространения инфекции были немедленно приняты такие же энергичные меры,

как и в 1812 году: весь город был оцеплен, разбит на участки, и в каждом участке врач и "особо уполномоченный" (комиссар) осматривали всех жителей (население Одессы тогда состояло уже из 53.000 человек). 8 октября оцепление было снято, а 18 октября эпидемия возобновилась, и тогда последовало вторичное оцепление города. В декабре эпидемия прекратилась окончательно. За весь период эпидемической вспышки заболело чумой 288 человек, умерло 219 человек (76,4% смертности) [27].

Именно в этот период в Одессу активно тянулись обозы чумаков, привозившие тысячи и тысячи пудов зерна из Подолии, Волыни, Бессарабии, Валахии северных губерний Украины и центральных губерний России, то есть фактически из многих природных очагов чумы. И вместе с грузом, возбудитель чумы беспрепятственно мог быть завезен в Одессу, где в этот период разгоралась экспортная пшеничная лихорадка. А введение в 1822 году губернатором Ланжероном права беспошлинного ввоза товаров (Порто-Франко) позволило за последующие 30 лет увеличить торговый оборот почти в 30 раз. Тысячи пудов хлеба пошли в Одессу в мешках чумацкими шляхами и водным путем: Днепром, Днестром, Бугом. Его свозили в хлебные магазины, высыпали из мешков па пол, перелопачивали, пересушивали, снова ссыпали в мешки и доставляли в порт для погрузки на суда. Возле хлеба кормились чумаки, фурщики, рабочие, торговцы мешками, владельцы магазинов, маклеры, экспортные и страховые конторы, банкирские дома. Целые улицы в Одессе, например, Херсонская, уже с утра были забиты возами с пшеницей. Несмотря на то, что постоянно строились новые хлебные магазины, их было явно недостаточно для огромного количества привозимого в город товара. Сдача внаем помещений под магазины была выгоднее эксплуатации жилья, и многие перedelывали квартиры под зернохранилища. Так, например, богачи Сабанские сдавали под хлеб свой дворец на углу Елисаветинской и Преображенской. В те времена можно было наблюдать, как биндюжники сваливали мешок за мешком за дверь, под которой красовалась мраморная доска с гербом, а груды зерна пересыпались прямо по паркету в прежних зеркальных залах. Были случаи, что помещения до того нагружались хлебом, что разваливались стены, как это случилось с магазином, принадлежавшим градоначальнику Левшину [28].

Таким образом, пшеничная горячка явилась тем фундаментальным механизмом, который способствовал естественному завозу (заносу) возбудителя чумы, прежде всего, с материка, а не с моря. Такой занос мог произойти как с больными грызунами и их блохами, являющиеся важными эпизоотологическими индикаторами при активизации очагов. Возбудитель чумы мог также попасть в город и с пастбищными иксодовыми клещами – прокормителями и транспортировщиками которых, из очаговых зон чумы, могли быть волы. Эти тягловые животные ежедневно тысячами сосредотачивались в местах перевалки грузов в центре города, а также непосредственно в порту, где они заезжали для выгрузки зерна на подвозные лодки, поскольку купеческие суда, как правило, находились на рейде. При этом, известно, что в классических очагах чумы, пастбищных иксодовых клещей можно рассматривать как своеобразных усилителей эпизоотийного процесса в природе, «провоцирующих» эпизоотии чумы путем повышения инвазивности самого возбудителя [29].

ВЫВОДЫ

1. Классическая и единственная на сегодняшний день гипотеза завоза чумы в Одессу морским путем не всегда базируется на достаточных и вполне достоверных фактах, что дает основание сомневаться в исключительной роли корабельных крыс и их блох в завозе (заносе) возбудителя чумы в Одессу и другие порты Причерноморья в конце XVIII - начале XX столетия.
2. Благоприятные ландшафтно-географические и эколого- фаунистические условия как в Северо-Западном Причерноморье, так и на прилегающих к нему территориях способствовали активизации и функционированию обширных реликтовых природных очагов чумы вплоть до начала XX столетия.

Список литературы

1. Баллиловский В.А. Чума в Одессе. Историческое и эпидемиологическое исследование / В.А. Баллиловский, Н.Ф. Гамалея // Одесса: Тип. Акционер. Южно-Русск. Общества Печатного Дела, 1903. – 176 с.
2. Гамалея Д.К. Эпидемиология Одесской чумы / Д.К.Гамалея // Сборник сочинений. – Т. 5. – М., 1953. – С. 186–196.
3. Vol. P Pest. / P. Vol // Ned. Dutch sthomatological Journal. – 2002. – P. 161–162
4. Федоров В.Н. Профилактика чумы / Федоров В.Н., Рогозин И.И., Фенюк Б.К.– Изд-во «Медгиз». – 1955. – 225 с.
5. Николаев Н.И. Чума / Николаев Н.И. // М.Изд-во «Медицина». – 1968. – 237 с.
6. Дятлов А.И. Перспективы борьбы с чумой в ее природных очагах / А.И. Дятлов // Журн. Микробиол. – 2001. – №6. (Прил.) – С. 64–66.
7. Супотницкий М.В. Историческая информация о вспышках чумы как источник идей для будущих научных открытий в чумологии» / М.В. Супотницкий // Энвайронментальная эпидемиология и медицинская география. Ежегодник. – Киев, 2011. – С. 298–329.
8. Козлов М.П. Чума: природная очаговость, эпизоотология / М.П. Козлов, Г.В. Султанов // Махачкала. – 2000. – 303 с.
9. Павловский Е.Н. Учение о природной очаговости трансмиссивных болезней человека / Е.Н. Павловский // Журн.общ.биол. – 1946. – №1. – С. 3–33.
10. Павловский Е.Н. Современное состояние учения о природной очаговости болезней человека / Е.Н. Павловский // Природно-очаговые болезни человека. – М.: Медгиз, 1966. – С. 141–148.
11. Домарадский И.В. Чума / И.В. Домарадский // Москва, "Медицина" 1998 г. Режим доступа. – http://www.altmedical.ru/ch/chuma_1.htm
12. Підопличко І.Г. Матеріалі до вивчення минулих фаун УРСР / І.Г. Підопличко // Изд-во АН УССР. – 1956. – Вып. 2. – 233 с.
13. Абеленцев В.И. Байбак на Украине / В.И. Абеленцев // Фауна и экология грызунов. – 1971. – Вып.10. – С. 217–233.
14. Супотницкий М.В. Мониторинг эпидемических процессов: остров наблюдений / М.В.Супотницкий, Д.В. Николаенко // Научный журнал «Энвайронментальная эпидемиология» Специальный выпуск 2009 года. [Электронный ресурс] – С. 58–160. – Режим доступа: – <http://www.hiv-aids-epidemic.com.ua/snake%20island%20006.pdf>
15. Федоров В.Н. Современное распространение чумы в зарубежных странах / В.Н. Федоров, В.П. Козакевич // Природная очаговость и эпидемиология особо опасных инфекционных болезней. – Саратов, 1959. – С. 18–39.
16. Литвин В.Ю. Сапронозные аспекты энзоотии чумы / В.Ю. Литвин // Успехи современной биологии. – 2003. – № 6. – С. 543–550.
17. Дятлов А.И. Энзоотия чумы: новые подходы и гипотезы /А.И. Дятлов // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 1999. – № 6. – С. 113–115.

18. Елизаров А.В. Экологический каркас – стратегия степного природопользования 21 века / А.В. Елизаров // Степной бюллетень.– 1998. – №1. – С. 10–14
19. Супотницкий М.В. Микроорганизмы, токсины и эпидемии / М.В.Супотницкий// 2-е изд. – М., 2005. – 376 с.
20. Супотницкий М.В. Очерки истории чумы / М.В. Супотницкий, Н.С. Супотницкая // В 2-х кн. Кн. I : Чума добактериологического периода. – М., 2006а. – 468 с.
21. Супотницкий М.В. Очерки истории чумы / М.В. Супотницкий, Н.С. Супотницкая // В 2-х кн. Кн. II : Чума бактериологического периода. – М., 2006б. – 696 с.
22. Мисюк В.С. Загадка Белого города. Белгород-Днестровский / В.С. Мисюк // 1997. – 269 с.
23. Одесская область. История Городов и Сел. [Электронный ресурс] – 2009. – С. 99–164. Режим доступа: <http://www.igsu.org.ua/Odesskaja.obl/Odessa.html>
24. Чумаки, чумацкий промысел. [Электронный ресурс] – 2010. – Режим доступа: – <http://history.mk.ua/?p=490>
25. Чумаки: современный исторический портрет. [Электронный ресурс] – Режим доступа: – <http://xfilespress.com/chumaki.aspx>
26. Измаил. Историческая справка. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.izmail-rada.gov.ua/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=86&Itemid=109
27. Минчин М.А. Курс лекций «Предупреждение возможности заноса конвенционных заболеваний из-за границы в пределы Союза ССР» / М.А. Минчин // Архив Одесской ПЧС. – 1950. – 50 с.
28. Дом-городок Папудова. – Режим доступа: // <http://odesskiy.com/doma-odessi/dom-gorodok-papudova.html>
29. Алексеев Е.В. О проблеме энзоотии чумы с позиции экосистемного подхода / Е.В. Алексеев // Природно-очаговые инфекции и их профилактика. – Саратов. – 1991. – С. 9–17

Русев І.Т. Антропогенна трансформація природних осередків чуми в Північно-Західному Причорномор'ї / І.Т. Русев // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 224-243.

Класичні погляди на виникнення епідемій чуми в Одесі й інших містах Причорномор'я ґрунтуються на гіпотезі завезення збудника чуми морським шляхом з осередків чуми Азії, Африки, Південної Америки. Аналіз ландшафтних, екологічних і фауністичних особливостей степового Причорномор'я, а також соціально-економічних умов і транспортних перевезень чумаками вантажів в Одесу, і в цілому по Україні в XVI - XX сторіччях, насамперед зернових, – дає підстави припускати, що на великій території північної й західної частини сучасного українського Причорномор'я існували активні природні осередки чуми, звідки збудник цієї інфекції міг заноситися в портові міста, що експортували зерно. Масштабна антропогенна трансформація степових ландшафтів і фауністичних комплексів осередкових біоценозів привели до повного пригнічення активності природних вогнищ чуми в Північно-Західному Причорномор'ї до початку XX сторіччя.

Ключові слова: чума в Одесі, антропогенна трансформація, природні вогнища чуми, Північно-Західне Причорномор'я.

Rusev I.T. Anthropogenic transformation of natural foci of plague in North-West coast of the Black Sea / I.T. Rusev // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 224-243.

Classic point of view on appearance of plague in Odessa city and others cities of the coast of the Black Sea based on hypothesis that bacteria of plague was introduced by sea sheep from the Asia, Africa and South America. Analysis of landscape, ecological and faunistick fitches of the steppe area of the shorelines of the Black Sea, socio-ecological conditions and transport of the cargo to Odessa and on all Ukraine in XVI – XX centuries, first of all grain – give a background to think that on wide area in Ukrainian North and Western part of the Black Sea was present active natural foci of plague, from where bacteria of plague might be introduce to the city port, which export a grain. Wide scale of the anthropogenic transformation of the steppe landscapes and complex of fauna of foci biocenosis resulted in complete suppression of activity of natural foci of plague from the North-West coast of the Black Sea in beginning of XX century.

Keywords: plague in Odessa, anthropogenic transformation, natural foci of plague, North-West coast of the Black Sea.

Поступила в редакцію 08.11.2011 г.

УДК 574.42: 579.61:599.322/.324:614.446

АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ОЧАГОВ ЧУМЫ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ ПРИЧЕРНОМОРЬЕ (ЧАСТЬ 1)

Русев И.Т.

*Украинский научно-исследовательский противочумный институт им. И.И. Мечникова,
Одесса, Украина
E-mail: rusevivan@ukr.net*

Классические воззрения на возникновение эпидемий чумы в Одессе и других городах украинского Причерноморья основаны на гипотезе завоза возбудителя чумы морским путем из древних очагов чумы Азии, Африки, Южной Америки. Анализ ландшафтных, экологических и фаунистических особенностей степного Причерноморья, а также социально-экономических условий и транспортных перевозок чумаками грузов в Одессу, и в целом по Украине в XVI – начале XX столетиях, прежде всего зерновых, - дает основания предполагать, что из обширных территории северной и западной части современного украинского Причерноморья, где существовали реликтовые природные очаги чумы, возбудитель этой инфекции мог заноситься в портовые города, экспортировавшие зерно в огромных масштабах. Однако антропогенная трансформация степных ландшафтов и фаунистических комплексов очаговых чумных биоценозов привели к полному подавлению активности природных очагов чумы в Северо-Западном Причерноморье к началу XX столетия.

Ключевые слова: чума в Одессе, антропогенная трансформация, природные очаги чумы, Северо-Западное Причерноморье.

Активизация чумы в Западном Причерноморье и на Балканах во время русско-турецкой войны 1828–1830 гг.

В апреле 1828 г. Россия объявила войну Турции. Боевые операции начались одновременно на Балканском полуострове и на Кавказе. Сотысячная русская армия перешла реку Прут и заняла Дунайские княжества, в мае были заняты Браилов и Бухарест, а в октябре пала Варна. Перед выступлением в поход русское командование на Балканах было предупреждено о неблагоприятной эпидемической обстановке на предполагаемом театре военных действий [1]. В частности, врачам армии были разосланы «Практические замечания о чуме, о болезнях жаркому климату свойственных и перемежающих лихорадках», составленные главным военно-медицинским инспектором армии и директором Медицинского департамента Военного министерства баронетом Я. Виллие. Едва начались военные действия, всякие предосторожности против чумы оказались забытыми, а результаты не замедлили сказаться: в мае в Бухаресте было уже много больных чумой солдат. На совещании русских и бухарестских врачей было решено принять строгие предохранительные меры. Непризнанию болезни чумой способствовали местные врачи, уверявшие русское командование, что «наблюдаемая болезнь появляется ежегодно в Валахии и Молдавии и не представляет опасности» [1].

Русское командование организовало противочумную комиссию, и (по ее предложению) город разделили на несколько участков. В каждый назначили врача и пристава: первый обязан осматривать заболевших, второй — следить за исполнением санитарных правил. Для больных чумой организовали специальный лазарет. Жители обязывались немедленно заявлять о каждом заболевшем. Дома, где их обнаруживали, оцеплялись и окуривались хлором.

На дворах и улицах жгли кучи навоза, деньги обмывали в уксусе, бродячих собак и кошек убивали. Выезд из города разрешался только по удостоверению от врача. Войска из Бухареста вывели, но среди них уже распространилась болезнь. Чтобы предупредить занос чумы из действующей армии в Россию, вдоль Прута, Днестра и нижнего течения Дуная установили карантин. Въезд в Россию разрешался только после 21-дневного карантина и окуривания хлорным газом.

Болезнь не всегда появлялась в известной для врачей клинической форме. Иногда появлялась лихорадка с бубонами, но без петехий⁸; иногда петехии без бубонов; в иных случаях наблюдались пузырьки, наполненные жидкостью (возможно, эти симптомы вообще к чуме отношения не имели, либо речь шла о кожной форме болезни); глаза заболевшего мутные, язык густо покрыт белым налетом; наблюдались поносы и рвота; кровотечения из носа и рта, бред. Иногда смерть наступала очень быстро, до развития наружных симптомов чумы. Легочных форм болезни не наблюдали.

Летом эпидемия несколько утихла, но в августе возобновилась с новой силой. Во время отправки больных солдат из лагеря, у них наблюдалась только лихорадка, и чумы никто не подозревал. По прибытии в Бухарестский военный госпиталь, у солдат появились карбункулы и бубоны. Чума появилась и в соседних с Бухарестом деревнях, к осени ею было уже поражено более 30 населенных пунктов.

Для борьбы с эпидемией устроили чумные госпитали и карантин, в деревни назначили врачей и военных чиновников для наблюдения за исполнением всех предписываемых правил.

Многочисленные заболевания среди русских войск сильно встревожили командование, которое решило, что виной всему плохая работа врачей. Поэтому первая противочумная комиссия была распущена и на ее месте создана «Верховная противочумная комиссия», состоявшая исключительно из генералов и полковников. Комиссия начала свою деятельность с того, что объявила виной всему невежество военных врачей, что «на их место следует поставить гражданских врачей» и т.п. Главным врачам и смотрителям госпиталей объявлялось, что если в лазарете или госпитале появится чума, то их отдадут под суд.

Чума продолжалась, и по возвращении части войск на зимние квартиры в Молдавию, она обнаружилась в Фокшанах, в Яссах и проникла даже в деревню Сатурново Бессарабской губернии. Тогда совершилось нечто совершенно невероятное; заседавшая в Яссах особая противочумная комиссия стала сомневаться, действительно ли болезнь, против распространения которой так долго и безуспешно боролись, была чумой. В комиссию явился какой-то молдавский боярин, предложивший лечить чуму

⁸ Петехии - пятна, сыпь, разновидность геморрагических пятен. Они возникают на коже или слизистых оболочках в результате мельчайших капиллярных кровоизлияний из-за структурных функциональных изменений сосудистой стенки

вином, икрой и луком, и предложение его оказалось принято! Было предписано давать больным в военном госпитале ежедневно 1,5 фунта молдавского вина, 0,25 фунта икры и 0,33 фунта луку! Один из членов ясской комиссии, очень заслуженный врач, доктор Иконников, положивший немало трудов в борьбе с чумой и сделавшийся, наконец, жертвой этой болезни, высказался неодобрительно о таком назначении и за это был удален из комиссии и заменен более покладистым доктором Геслингом. Когда из бухарестской верховной комиссии в ясскую комиссию прибыло уведомление о предстоящем прибытии инвалидов, заразившихся на пути чумой, навстречу инвалидам был выслан чиновник, который, осмотрев больных, решил, что они страдают не чумой. Бубоны у них зависят от венерической болезни, плохого питания, сырого климата и тяжелого похода, и это мнение чиновника было принято ясской комиссией. Вскоре начались разные послабления на карантинной линии на Пруте, и путешественников стали пропускать в Россию, довольствуясь простым окуриванием их. В это время упомянутый чиновник выразил свой *«взгляд на чуму и ее пресечение»* в особой брошюре, которая доктором Геслингом и комиссией была разослана врачам в армию. Одновременно появилось другое наставление, составленное одним из членов ясской комиссии, молдаванским агою, который советовал в самом начале болезни назначить свежесжатый сок из лошадиного помета в количестве 40–100 драхм, а за неимением такового, такое же количество деревянного масла [1].

Председатель ясской комиссии герой войны 1812 г., генерал-майор С.И. Маевский (1779–1848), также пустился в рассуждения о чуме и решил, что наблюдавшаяся болезнь не чума и все предложенные врачами меры против эпидемии – ерунда. Пока должностные лица в Яссах благодушно пили молдавское вино и закусывали его луком, пассионарный доктор Шлегель продолжал самостоятельно бороться с эпидемией чумы в окрестностях Бухареста. Он произвел «очищение» в 61 деревне и, по предписанию генерала Рота, принял меры против появления чумы в Базарджике и в Варне, велел с этой целью прекратить всякое сообщение между Гирсовом и этими городами. В Базарджике он созвал противочумную комиссию, а Варне ввел еженедельные осмотры жителей и войск. Противоречия в действиях санитарной администрации продолжались. В течение всего похода 1828 г. чума отрицалась, но одновременно с ней боролись [1].

В начале 1829 г. эпидемия обманчиво затихла, в феврале выявлено наименьшее число больных чумой в войсках. Во время похода 1828 г. от чумы погибло много врачей, и их пришлось срочно заменять молодыми врачами, выпущенными из университетов и академий раньше установленного срока, а также иностранцами, ни слова не знавшими по-русски.

Кроме чумы, в армии было много больных с «перемежающейся лихорадкой», дизентерией и другими болезнями. Ежемесячное число больных в госпиталях и в войсковых лазаретах с мая 1828 г. по май 1829 г., при средней численности армии в 144060 человек, составляло 34 916 больных, а умирало иногда по 3030 человек.

Бессильная бороться против эпидемий, часть военно-медицинской администрации пошла по следам ясской противочумной комиссии. Назначенный в феврале 1829 г. новый генерал-штаб-доктор Витт начал с того, что стал отрицать существование чумы. Затрудняясь дать «этой болезни настоящее систематическое

название», Витт придумывал для нее мудреные наименования, вроде «нервно-тифозной и чумо-подобной лихорадки», а в выпущенной через несколько лет книге он писал: «Описываемую здесь южную эпидемическую тифозную горячку, или так называемую Валахскую язву, нельзя назвать ни восточной чумой, ни другой какой-либо новой болезнью; но она в этом крае есть обыкновенная, от эпидемических и местных причин зависящая язва».

В то же время он не отрицал ее заразительность, но она, по его мнению, «...была условна, подобно заразительности других эпидемических горячек, как-то: госпитальной, тюремной, корабельной и проч...». Подобное мнение генерал-штаб-доктора русской армии отнюдь не способствовало успешной борьбе с чумой на театре военных действий.

Начался чумной апокалипсис. В середине мая 1829 г. эпидемии вспыхнули в Варне, Галаце, Браилове, Черноводах, Каларзшах, Баба-даге, Кюстенджи, Мангами, Базарджике и Каварне. В июне чума вновь появилась в Бессарабии. Количество больных непрерывно росло. В мае 1829 г. в госпиталях и войсках было уже 50689 больных, в июне – 55 856, в июле – 64646, в августе – 89017, в сентябре – 93 607 человек. В Варне находились резервы, запасные склады и цейхгаузы⁹ всей русской армии. Больных чумой еще в мае вывезли из города и разместили в палатках на берегу моря. Со временем там образовался целый лагерь. В июне все городские госпитали были эвакуированы, больные находились в палатках за городом. Затем вывели всех жителей из города, указав им места для поселения в поле и лесу, а город заперли. В июне и до середины июля был разгар эпидемии: на улицах, в канавах, на полях – везде валялись трупы и умирающие. Из госпиталя трупы вывозились возами, «как дрова». Постепенно смертность стала снижаться. В конце августа поступило в лазарет мало больных с «явными симптомами чумы», в сентябре эпидемия прекратилась. С 5 июня по 26 августа в Варне поступило в госпиталя больных с явными симптомами чумы 5170 человек, из них погибли 3932 человека. Из 41 врача заразились чумой 28, из них погибли 20 человек. В некоторых местах чума лютовала с такой силой, что умирали не только все больные, но и все врачи и остальной госпитальный персонал, не оставалось никого, кто бы сообщил «по команде» об исходе эпидемии. Трагедия разыгралась в военном госпитале в Кюстенджи. С 1 мая 1829 г. по 1 апреля 1830 г. там находилось 1727 больных, из которых умерло 1342 человека. Несколько раз приходилось полностью менять персонал госпиталя из-за его гибели [1].

Средняя смертность от болезней в армии составляла с мая 1829 г. по апрель 1830 г. 43,4 на каждую 1 тыс. человек среднесписочного состава в месяц. В качестве примера мероприятий, которые тогда считали нужным проводить в военных гарнизонах при появлении чумы, приведем перечень мероприятий, рекомендованных доктором Н. Я. Чернобаевым при появлении болезни в крепости Кюстенджи по [1]:

- 1) вывести здоровых людей гарнизона в поле;
- 2) в госпитале служителей одеть в предохранительное платье, пропитанное дегтем;

⁹ военная кладовая для оружия или амуниции (<http://ru.wikipedia.org/wiki/цейхгауз>)

3) отделить в госпитале те палаты, в которых больные уже имели признаки чумы, приставив к ним караул;

4) прекратить частый перевод больных из одного отделения госпиталя в другое, смотря по роду болезни;

5) при подозрении на чуму людей выводить в редут;

6) отделить тяжелобольных от вновь поступающих.

Вместе с наступающими войсками, и не обращая внимание на карантин и очищения, чума «перевалила» через Балканские горы, и в сентябре появилась в Айдосе, а в октябре – в войсках, стоящих вокруг Адрианополя. В декабре здесь умирало от чумы ежедневно по 50–60 и даже по 70 человек. Из 4700 больных чумой, бывших в госпитале, осталось в живых 1200, а из охраняющего его батальона – только одна треть состава. Умерло 8 врачей, в том числе и главный врач. Чума появилась и среди гражданского населения Адрианополя. Война закончилась в сентябре 1829 г., но русские войска оставались в Европейской Турции до июля 1830 г. В марте-апреле 1830 г. эпидемия чумы среди русских войск начала стихать, и ко времени ухода их с Балкан фиксировались лишь единичные заболевания.

Перед отправкой в Россию, всю армию подвергли 42-дневному карантину и очищению. Тщательному очищению подвергались также все пораженные болезнью районы Молдавии, Валахии и Бессарабии. Жители этих мест под присягой должны были заявить, что не будут скрывать ни больных, ни зараженных вещей. Затем произведен их поголовный осмотр и очищение. Вдоль болгарской границы и Прута была учреждена карантинная линия.

Всего во время этой войны в русской армии на Балканах с мая 1828 г. по июль 1830 г. умерло от чумы 23098 человек, а было убито и умерло от ран около 20000. От чумы погибло не менее 300 врачей.

Таким образом, исторические справки, архивные данные и литературные источники, свидетельствуют о том, что активизация природной очаговости чумы и ее эпидемические проявления в начале 20 годов XIX столетия в Одессе, а также в разных местах Бессарабии, Западного Причерноморья и на Балканах были довольно масштабными, что подтверждает гипотезу Супотницкого М.В. [2] о существовании в те годы активного природного очага чумы на обширном пространстве Северо-Западной части причерноморской низменности и трогов Молдавской возвышенности.

Вполне вероятно, что в процессе активной доставки зерновых гужевым транспортом в Одессу вместе с грузом могли быть занесены грызуны, их блохи, а также пастбищные иксодовые клещи на волах непосредственно из природных очагов чумы. О такой вероятности может свидетельствовать довольно высокая активность поступления зерна в Одесские порты в этот период. Так, например, в период с 1824 по 1847 гг. через Одесский порт вывезено 23 млн. четвертей пшеницы (из 44 млн. четвертей, или 54 проц. общего экспорта России). Кроме зерна, из Одессы вывозились также шерсть (в 1858 году – 194,4 тыс. пудов), кожи (в отдельные годы приходилось 50 процентов экспорта России), а также сало, по вывозу которого ей принадлежало первое место среди всех черноморско-азовских портов (в среднем 277 тыс. пудов ежегодно. Внешнеторговые операции сосредоточивались в руках небольшой группы владельцев крупных торговых

контор – «негоциантов». В 1836 году восемь контор имели годовой оборот более 2 млн. руб., 11 контор – свыше 1 млн. руб., семь – от 1 млн. до 5 тыс. рублей [3].

С 1822 по 1859 год Одесса пользовалась правом порто-франко, то есть города, в пределах которого допускались свободная беспошлинная продажа и хранение иностранных товаров. Улицы Старопортофранковская (ныне Комсомольская) и Новорыбная (ныне Пантелеймоновская), охватывавшие город полукольцом, образовывали внешнюю границу свободной зоны. Именно в этой части города хранились грузы, доставляемые чумаками из различных регионов Причерноморья. Вполне возможно, что именно здесь, где скапливались тысячи возов с многочисленным количеством волов и могли зародиться эпизоотийные проявления чумы, которые с помощью синантропных серых и черных крыс распространяли чуму по городу классическим путем «грызун-блоха-грызун» и заносили ее в порт, где шла активная погрузка товаров на экспорт.

Таким образом, небывалая по масштабам распашка причерноморских степей и массовое производство зерновых как здесь, так и на обширных просторах лесостепной и даже лесной зоны (Волинь) с последующей транспортировкой его в город Одессу, создавала высокую вероятность заноса возбудителя чумы из природных очагов. Выявление зараженных степных сурков и вспышки чумы в природных очагах в Азово-Черноморском регионе регистрировали еще в середине XIX столетия в окрестностях Бердянска [4]. Однако, активность указанных очагов со временем просто могла угаснуть.

Чума в Одессе в 1837 году

После страшной эпидемии 1812 – 1813 гг. в Одессе, а затем в 1829 г. и эпидемий 1828-1930 гг в Бессарабии и на Балканах чуму в Одессе ждали постоянно, то есть к ее возникновению власти были морально готовы. В городе строго соблюдались меры, предусмотренные карантинным уставом. Но борьба с чумой шла с переменным успехом. В объяснении причин ее появления обычно фигурирует версия «завоза» морским путем чумного контагия с вещами, товарами и больными людьми, взятая из источников того времени. Так, например, в июле 1823 г. чума была «занесена» в Одессу парохомом «Маго» из Триеста. В июне 1828 г. ее «занесли» с пленными турками из Карса. Чума 1829 г. была «занесена» 13 мая парохомом «Тритон» из Кюстенжи, в июле она распространилась по городу и прекратилась в январе 1830 г., дав 288 заболевших и 219 умерших. Однако, наряду с такой информацией, нигде нет никаких указаний на возможный завоз чумы в Одессу с материковой части украинского Причерноморья, где имелись природные очаги чумы.

За все время эпидемии 1837 года в Одессе заболело чумой 125 человек (из 60 тыс. жителей), из которых 17 выздоровели, а 108 умерли (смертность 86%). В портовой карантин в течение эпидемии поступило 634 человека – больных чумой и «подозрительных» на чуму.

«Пшеничная лихорадка» XIX столетия как фактор появления чумы в Одессе не со стороны моря, а из реликтовых очагов чумы Причерноморья

Впоследствии, вплоть до 1901 года чума в Одессе не регистрируется. Однако она проявилась в районе Бердянска в 1854 г., где основным носителем был выявлен

степной сурок [4]. Следует также отметить, что в этот период все еще продолжается активная торговля зерном через Одесский порт. Кроме доставки грузов чумаками, огромную роль сыграл и речной транспорт. Так, например, с обширных регионов Подолии и Бессарабии – зоны реликтового природного очага чумы - зерно везли на речных баржах по Днестру [5]. По распоряжению генерал-губернатора М.С. Воронцова начались изыскательские работы по организации судоходства на Днестре на конно-бечевой тяге¹⁰. Днестр на тот момент был одним из самых интенсивных транспортных путей для перевозки различных товаров с обширных территорий. Спектр перевозимых по реке грузов был достаточно большим. А селение Маяки, основанное еще в 1421 г во времена Литовского княжества и расположенное почти в устье реки имело на тот период крупное торговое значение, так, как в нем происходила разгрузка всех товаров, шедших с берегов Днестра в Одессу [6]. Так по данным В.П. Пузыревского [5] в начале XX века по реке перевозили 70 наименований грузов. Перевозку грузов осуществляли буксировочные пароходы и баржи Русского общества Пароходства и торговли. Использовались также галеры имеющие вид плоскодонных ящиков, длиной до 8 метров. Однако, они применялись только для сплава зерна вниз по реке с верховьев Днестра, где главной пристанью там являлся город Хотин и по окончании сплава они разбирались на дрова [7]. Ниже мы приводим только некоторые данные по зерновым культурам, овощам, фруктам, муке и другим товарам, с которыми попутно могли попадать потенциальные носители и переносчики возбудителя чумы вначале на пристань в Маяки, а затем они могли быть доставлены гужевым транспортом в Одессу (табл. 1).

Из приведенной таблицы перевозимых грузов за 1901 г, можно заключить, что грузооборот реки был весьма насыщенным. Немало перевозилось лесных материалов и дров. Однако, больше всего перевозилось зерна. В отдельные урожайные годы баржами перевозили до 12 миллионов пудов хлеба, количество которого возрастало за счет распашек земель и увеличения площадей возделывания в Бессарабии и в средней части бассейна реки Днестр, особенно в Подолии. Особенно привлекательной для торговли была Одесса. Именно отсюда вывозилось за рубеж столь ценное зерно Северо-Западного Причерноморья. Сюда в Одессу, люди на подводах доставляли зерно, порой застревая по дороге в снежных бурях или непроходимой грязи. И вполне естественно с таким обширным грузом в Одессу могли быть завезены зараженные чумой грызуны или их блохи.

Следует отметить, что уже в те времена из материковой глубинки груз в Одессу уже начали доставлять железной дорогой и все гужевым транспортом, тогда как судоходство из реки Днестр в Одессу практически еще не было развито. Вот что об этом писал Афанасьев-Чужбинский А. [8]: *«...Может быть, многим покажется странным, - писал в 1863 г Афанасьев-Чужбинский, - что Маяки, стоя недалеко от Днестровского лимана, так сказать в устье Днестра, не пользуются водяным сообщением с Одессой, а отправляют товар гужом, платя в распутницу огромные деньги. Мне и самому казалось это не менее странным, пока не пришлось побывать*

¹⁰ способ передвижения судна против течения или при отсутствии течения - конной или людской тягой. Для этой цели один конец бечева закрепляли за мачту или кнехты судна, а другой подавали на берег, впрягая в него лошадей или людей (бурлаков)

на месте. Днестровский лиман не имеет глубины более 7 футов¹¹, да и то не везде, а гирла его, и проливы, которыми он впадает в море, особенно в Стамбульское (Цареградское), довольно глубоки. И это единственная причина, на которую опирались многие, кого вы бы не спросили об этом предмете...»

Таблица 1

Ведомость грузов, прошедших по Днестру в 1901 г., по [5]

Перевезено клади	Количество клади в пудах	Ценность клади в рублях
Пшеница	1238240	857382
Кукуруза	953697	505487
Рожь	631375	335942
Ячмень	542020	278303
Овес	75836	42345
Гречиха	530	350
Репак	30	30
Суржик	10520	6615
Бобик	6000	3600
Фасоль	2934	1945
Мак	75	150
Картофель	12185	3079
Цыбуля	264	180
Семена конопли	13421	12538
Семена льна	8852	12818
Семена подсолнечника	179	190
Семена кабаков	60	63
Мука пшеничная	15085	16978
Мука ржаная	3755	3265
Мука кукурузная	130	90
Крупа кукурузная	16	15
Отруби ржаные	4500	1340
Соль	32405	5168
Сельдь	93	185
Яйца	60	144
Фрукты разные	82285	82467
Повидло	25	100
Орехи волошские	15	20
Виноградное вино	386	333
Шерсть простая	17	35
Перья домашних птиц	4	40
Веревки	18	75
Пакля	16	10
Табак	30	75
Свекловичные семена	63	189
Свекла	498607	42896

¹¹ 1 фут - 30.4 см

Вследствие пшеничной лихорадки и массового экспорта зерна уже в первом десятилетии XIX века бывшая безлюдная Новороссия, вспаханная и окропленная обильным потом колонистов и переселенцев из внутренних российских губерний, стала житницей всей Европы. Город-порт Одесса, благодаря хлебной торговле, рос как на дрожжах. В момент основания Одессы в 1794 году в городе, кроме военного гарнизона, насчитывалось лишь несколько десятков жителей. К 1816 году в Одессе проживало уже более 10 тысяч, а к середине века – более 100 тысяч жителей.

Вот лишь некоторые эпизоды из жизни двадцати пяти торговых и публичных мест города, площадей и рынков середины XIX столетия, которые могут служить одним из доказательств возможного завоза чумы с материка [9]: *«Привозные площади Одессы, а когда подвоз пшеницы случался, как в тот год, особенно велик, то и все окрестные улицы, были сплошь запруженными обозами из всевозможных крестьянских телег, да так густо, что от них «ни проходу, ни проезду не найти». Ведь к ним, в конце концов, сходились в городе и пыльные чумацкие шляхи, и почтовые тракты Новороссии, Волыни, Полтавщины, Киевищины и Бессарабии. На этих же толкучих шумных площадях, подле распряженных возов с поднятыми оглоблями, чумаки обычно и коротали время, пока в городе решалась дальнейшая судьба их груза...»*. И далее: *«... Сотни тысяч валков, маж, фур, мажар к октябрю уже вошли в город, а нескончаемая вереница новых обозов тянулась в степной пыли к Одессе. Сколько их еще ожидалось до конца года с зерном, которое еще предстояло продать для отправки за море, – ведал один Господь! Во времена «хлебного бума» по сходству картин деловой суеты Одесса весьма напоминала города американского Запада в пору знаменитой «золотой лихорадки» с одной, правда, существенной разницею. Истинным «золотом» Южной Пальмиры были во времена хлебного бума сотни тысяч четвертей полновесной украинской пшеницы, уходившие морем на продовольствие народов Запада Европы. Коммерческий ажиотаж заставлял вращаться в круговерти единого делового ритма и привозные площади города, и его хлебные магазины, и гавани порта, и рейд с купеческими кораблями. Привозные площади, уставленные тысячами приезжих телег..., чумаки..., сельские хозяева..., факторы..., биндюжники..., до поздних сумерек звенящие под копытами лошадей спуски... Оживленный, словно муравейник, порт с его шумными гаванями, причалами, да день и ночь не спящим рейдом. Все вместе расцвеченное яркими красками южной осени – это далекое прошлое Одессы в картинах и образах «хлебного бума» и «портовой горячки».*

Зерно, подвозимое на подводах в порт, в соответствии с историческими описаниями, выгружали следующим образом [9]: *«..Остановиваясь у борта подвозной лодки, если загружаемое купеческое судно стояло на рейде или близ самого судна, которому предназначался груз, возчики ловчили развернуть подводу задней частью к нарочно для того устроенным подмосткам.....в отличие от большинства грузов, завезенных в порт из заграницы, отпускной товар из самой Одессы не нуждался в довольно сложной процедуре «карантинного очищения...»*

Весь экспортируемый хлеб в порту артельные грузчики, с одесскими прозвищами “кадет” и “шарлатан” сгорбив спины под бременем груза и широко расставляя ноги на «играющих» сходнях, безо всяких карантинных процедур

сноровисто укладывали в подвозные лодки – тогдашние баржи-лихтеры. Затем, для дальнейшей перевалки хлеба в трюмы зафрахтованных судов каждый шкипер или капитан высылал к подвозным лодкам свои гребные шлюпки. В порту подрабатывало много местных лодочников на собственных баркасах. Они брали подвозные лодки на буксир и отводили их на веслах на заграничный рейд. Там, если позволяла высота надводного борта и штилевое состояние моря, перекидывали с лихтера на судно специальные сходни и загружали трюм вручную зерном в джутовых мешках.

Значительно реже зерновой хлеб поднимали на борт купеческого корабля в корзинах и высыпали прямо в трюм. Однако таким упрощенным методом, т.е. россыпью, хотя фрахт и обходился дешевле, пшеницу не все парусные капитаны отваживались возить. Слишком велик был риск несчастья в море, когда зерно в трюме при качке начинало вести себя как вода. Поэтому для страховки опасного груза в трюме обычно сооружали «шифтинг-бортсы» – продольные, во всю длину нижней палубы перегородки. Это делалось нечасто и в основном теми, кому было накладно перевозить зерно в джутовых мешках.

Затем портовые баржи-лихтеры отводили с рейда к Карантинному причалу. Представители Карантина подвергали подвозные лодки окуливанию хлором, по рекомендациям тогдашних медицинских сотрудников, «очищая» перед очередной погрузкой у Платоновской пристани, чему обязывала мрачная память о недавних эпидемиях чумы, жестоко терзавших юную Одессу [9].

Когда купеческое судно, наконец, полностью загружалось, то, выполнив обязательные процедуры в Карантине и заверив коносамент¹² у “Капитана над портом”, шкипер получал у властей разрешение на выход в море.

Учитывая такую огромную активность по завозу, складированию, хранению, просушке зерна с обширных чумных очаговых территории причерноморских земель, возникала и высокая вероятность завоза и распространения возбудителя чумы именно этим, а не морским путем. Более того, важным косвенным доказательством маловероятного завоза судами чумных крыс было и то, что практичные торговцы экспортного зерна, чтобы хоть как-то отчасти окупить ставку фрахта, отправляли обратно в Одессу на законтрактованных судах груз угля, что приносило им приличный доход. Имели свою выгоду и парусные капитаны. На пути в Одесский порт они подбирали, если получалось, под балласт на островах Греческого архипелага булыжный камень, за который получали от Городского Строительного Комитета известную денежную премию [9]. Этот камень, уложенный на многих улицах Одессы, до сих пор напоминает о тех временах.

Таким образом, груз, доставляемый морем в Одессу, был намного менее привлекательным для возможного обитания корабельных крыс, чем тот, который доставлялся в Одессу гужевым транспортом. Соответственно и вероятность завоза возбудителя чумы в Одессу с грызунами и их блохами гужевым транспортом, а также пастбищными иксодовыми клещами на волах была намного выше.

¹² **Коносамент** (англ. *bill of lading, B/L, BOL*) — документ, выдаваемый перевозчиком груза грузовладельцу. Удостоверяет право собственности на товар.

Чума в Одессе в начале XX столетия

В XX веке вспышек чумы в Одессе было всего две: одна – в 1901-1902 годах и вторая – в 1910-1911 годах.

Во время эпидемий чумы 1901-1902 гг., 1910-1911 гг. заболевания в городе начались на фоне эпизоотии и массового падежа крыс. Было установлено значение этих грызунов – как резервуаров чумной инфекции. Единственной версией возникновения эпидемии чумы в городе был завоз инфицированных грызунов посредством морских судов из очагов «крысиной» («портовой») чумы, какими на то время являлись порты Индии, Вьетнама, Эквадора и др.

Обе эпидемии начала XX столетия характеризуются преимущественно наличием бубонных форм болезни и сравнительно небольшой смертностью: в 1902 г. из 49 больных умерли 18 (36,7 %), в 1910 г. из 141 – 43 (30,4 %). Случаев заражения человека человеком не зафиксировано. Уменьшение смертности в 1910 г. может быть объяснено энергичным применением сывороточного лечения в первые дни заболевания. Правда, среди многих тяжелых случаев, сопровождавшихся некрозами, кахексией¹³ и осложняющимися инфекциями, попадались легкие амбулаторные случаи, в которых больные быстро оправлялись после первых введений противочумной сыворотки и болезнь констатирована только благодаря применению бактериологического метода. Однако таковых было меньшинство.

Заключая описание эпидемической вспышки чумы в Одессе в 1901-1902 годах и проводившихся тогда мероприятий, необходимо подчеркнуть тот факт, что среди факторов, которые наиболее способствовали распространению чумы в те времена в Причерноморье, на одном из первых мест было антисанитарное состояние большинства городов и сел [9]. Это вполне естественно способствовало благоприятному обитанию грызунов, прежде всего серой и черной крыс – основных резервуаров возбудителя чумы.

Таким образом, не отрицая полностью версии возможного завоза морским путем возбудителя чумы в Одессу в начале XX столетия, не следует исключать и возможность завоза чумы с материка из природных очагов чумы украинского Причерноморья, Подолии, Волыни, Молдавии, Валахии, Бессарабии. Хотя к концу XIX столетия активность реликтового природного очага и затухала и начал угасать чумацкий промысел, что было связано с началом активного развития железнодорожного, речного и морского транспорта, конкуренции с которым чумаки не выдерживали, тем не менее, этот промысел продолжал играть существенную роль в транзитных грузоперевозках на южноукраинских землях вплоть до начала XX в. [10].

Причины подавления активности природных очагов чумы в Причерноморье

Учитывая многочисленные исторические факты, следует признать существование в прошлом, вплоть до начала XX столетия обширного реликтового природного очага чумы на обширных территориях Северного-Западного Причерноморья и прилегающих к нему территорий.

Предполагается, что, например, в палеогенезе туляремийной инфекции природные очаги степного типа, которые и до настоящего времени существуют в отдельных

¹³ истощение организма, характеризующееся общей слабостью, быстрым и резким снижением веса

регионах Украины, были исходными. Они, как и чумные очаги, также занимали обширные территории степей Причерноморья [11]. Однако в связи с начавшимися масштабными процессами трансформации степей их ареал также резко сокращался и фрагментировался, вследствие чего активность многих из них была подавлена.

И только коренная перестройка исконных биогеоценозов с природной очаговостью чумы в результате антропогенной трансформации ландшафтов, а также сокращение ареалов и реальное исчезновение обширных поселений многих основных носителей возбудителя могли привести к фактическому подавлению активности, как многочисленных обширных природных очагов туляремии, так и чумы [12].

Основными причинами подавления очаговости чумы в Причерноморье можно с большой вероятностью считать кризис степей [13]. Первый этап кризиса степей был зарегистрирован в период массовой сельскохозяйственной колонизации (1763-1861 гг.). За условное начало этого этапа принимают 1763 г., когда было начато генеральное межевание территории, а в 1765 г. организованы класс земледельчества при Петербургской Академии наук и Вольное экономическое общество, одной из задач которого и было освоение богатейших природных ресурсов степи. Завершился этот этап первой за историю земледельческого освоения степей значительной земельной реформой. Основные черты этапа сельскохозяйственной колонизации – беспорядочное освоение целинных земель, быстрая распашка огромных территорий европейской лесостепи и степи, в том числе степи причерноморской низменности, примитивная техника сельскохозяйственного производства, господство переложной системы, перепроизводство и беспрецедентный экспорт зерна, которое в огромных количествах доставлялось чумаками в Одессу с обширных территории реликтового природного очага чумы.

Исторические данные свидетельствуют о том, что сплошная распашка больших пространств очаговой территории с ежегодным использованием ее под монокультуры (или сплошная антропогенная трансформация ландшафтов на больших территориях), при которой катастрофически и необратимо нарушаются местные биоценозы, приводит к исчезновению основных экологических условий существования очага и, прежде всего, его резервуаров [14].

Антропогенная трансформация степей резко отразилась на многих видах степной биоты, в том числе на степных сурах, обыкновенном хомяке, сером хомячке, европейском, малом и крапчатом сусликах [4, 15], а также на обитании черной крысы – одного из основных резервуаров возбудителя чумы в Северо-Западном Причерноморье. Причем, следует отметить, что черная крыса была исконным обитателем Причерноморья, где по данным раскопок она встречалась в Очаковском районе, в зоне греческой колоний «Ольвия» Николаевской области [12, 16]. В 30-50-х годах XX столетия она обитала в Киеве и в Одессе [16, 17]. В настоящее время черная крыса спорадично обитает на южном берегу Крыма [18]. Иногда формирует временные поселения в портах Одессы и Ильичевска [19]. Степной сурак, как один из основных носителей возбудителя чумы, охватывая обширный ареал на территории Украины, и имея высокую численность, вовлекался в эпизоотию чумы, на фоне которых чумой болели и люди в 1854-1855 годах в районе Бердянска [4]. Но к началу XX столетия численность его сокращалась, и в 30-х годах он встречался лишь в нескольких районах

Донецкой и Харьковской областей [17]. Вероятно, эти природные очаги вместе с носителями возбудителя чумы последними исчезли с территории Северного Причерноморья [14]. Однако, мы полагаем, что говорить о полном исчезновении природных очагов чумы на огромных просторах степного Причерноморья, видимо, рано. Наши знания в области экологии таких опасных возбудителей, особенно некоторые их специфические свойства в межэпизоотический период, еще недостаточны с тем, чтобы гарантировано утверждать о невозможности проявления их эпизоотийной и эпидемической агрессивности при стечении благоприятных для них экологических обстоятельств. В этой связи, власти Одессы должны быть предельно осторожными в принятии решения по любым видам использования территорий массового захоронения погибших от чумы людей, прежде всего известной во всем мире горы «Чумки», бывшего чумного кладбища на территории нынешнего парка им.Т.Шевченко и других мест погребения умерших от чумы.

С целью уточнения возможности формирования природной очаговости чумы в Причерноморье в современных условиях, в частности в Болгарии и в условиях украинского Причерноморья в конце 70-х годов прошлого столетия на базе Одесской противочумной станции Минздрава СССР был проведен специальный эксперимент [20]. Он был проведен комплексной научной группой с участием специалистов из Болгарии в 1978 году на взрослых европейских сусликах, отловленных в Винницкой области в районе Могилев-Подольска. Сусликов заражали типичными штаммами чумного микроба, выделенными от блох сусликов в Дагестанской АССР. В ходе эксперимента было установлено, что европейские суслики оказались очень чувствительными и из 187 особей 88,3% зверьков заразились. Гибель сусликов составила 71,6% от заразившихся. Основная масса зараженных сусликов погибала на 3-5 сутки, но длительность их жизни стояла в прямой зависимости от заражающей дозы: чем выше доза, тем быстрее наступала гибель животного [20]. Проведенные опыты показали высокую чувствительность европейских сусликов к чуме. Вместе с тем наблюдалось выздоровление отдельных особей, что характерно для грызунов – основных носителей чумы в природных очагах. Авторы эксперимента предполагали возможность существования природной очаговости чумы в поселениях европейского суслика, особенно в местах, где эпизоотические факторы достаточно выражены. И им действительно удалось подтвердить возможность проявления эпизоотий в диких популяциях сусликов в случае появления возбудителя чумы в активной форме. По данным Л.С. Берга [21] известно, что численность европейского суслика в XIX и начале XX столетия была еще весьма высока вдоль Днестра в Сорокском и Хотинском уездах северной Бессарабии, а чума опустошала Бессарабию в 1812-1814 гг., где вероятно в эпизоотийные процессы были вовлечены, как эти виды сусликов, так и многие другие представители фауны грызунов того периода.

Кроме того, результаты многолетнего мониторинга численности и территориального распределения наиболее важных основных носителей возбудителя чумы – серой и черной крыс, проводимый нами, как в урбанизированных ландшафтах г.Одессы, так и в портах Северо-Западного Причерноморья в последние десятилетия, свидетельствует о высокой численности в настоящее время серой крысы. Так, например, в подвалах ряда жилых домов города Одессы в настоящее время она может

достигать 50 особей на один 9 этажный дом. При этом, нами установлено, что размножение серых крыс в таких условиях происходит непрерывно в течение всего года, что связано с благоприятными кормовыми и защитными условиями [22]. Высокая численность этого вида регистрируется и на всевозможных временных свалках, особенно, на главной свалке города Одессы, где этого грызуна можно наблюдать активным в любое время суток, и численность его, по данным УНИПЧИ, насчитывает тысячи особей. Значительная численность этого вида наблюдается и в его природных поселениях дельты Дуная и дельты Днестра, где серые крысы обитают круглогодично как дикие грызуны [23]. Численность серой крысы в портах Одессы и Ильичевска периодически колеблется в зависимости от ряда факторов, главным из которых является эффективное проведение профилактических работ на объектах и территории портов [24]. В отдельные годы в портах Одессы и Ильичевска появляется черная крыса, однако ее численность незначительна, хотя в 60 годах XX столетия ее доля в отловах достигала еще 22,6% [24, 25]. На сопредельных с портами территориях обитают различные виды мелких млекопитающих, способные также выступать в качестве прокормителей блох и иксодовых клещей и вовлекаться в эпизоотийные процессы в очагах туляремии и ряда других природно-очаговых инфекций, особенно в пики их численности [26, 27]. Именно с учетом накопленных противочумной службой данных о видовом составе, численности и территориальном распределении потенциальных резервуаров возбудителя чумы, следует считать, что в Причерноморье, несмотря на масштабную деградацию ландшафтных условий и полное исчезновение, либо резкое сокращение численности многих, важных в эпидемическом отношении грызунов, еще сохранились определенные потенциальные эколого-фаунистические условия, которые могут послужить эпизоотологическим индикатором, в случае активизации реликтовых природных очагов чумы.

Таким образом, гипотеза о существовании реликтовых очагов чумы подчеркивает бесспорную значимость территории Северо-Западного Причерноморья как обширного природного очага чумы в прошлом, где последние вспышки чумной инфекции на этой территории достигали максимума в 1738 году, а в последний раз они проявили себя эпидемически в 1910-1911 годах [28, 29]. Причем, следует отметить, что по данным Одесской бактериологической станции в последнюю эпидемию, в Одессе было обнаружено 54 зараженных возбудителем чумы крыс (в сентябре – 1, в октябре – 38, в ноябре – 15). Основная часть крыс приходилась на участки города, где занимались доставкой и перевалкой зерна – на "хлебный городок" [28]. В этих зонах, под полами в зараженных домах находили мумифицированные крысиные трупы. Кроме указанных 54 чумных крыс, выявленных в городе, 9 чумных крыс было выявлено также в порту, в местах перевалки зерновых грузов. Эти, как и многие другие данные, приведенные выше, однозначно свидетельствуют о заносе возбудителя чумы в Одессу не только (и не столько) морским путем, сколько исключительно (либо в основном) с материковой части территорией современной Украины, где существовали природные очаги чумы. Не следует также исключать активизацию и непосредственное эпизоотологическое проявление через крыс каких-то «дремлющих» антропоургических очагов чумы в самом городе, расположенном на месте возможного синергизма эколого-фаунистических

факторов в условиях тектонических пульсаций одной из самых близких к Одессе сейсмической зоны Вранча.

На протяжении длительного периода, в связи с активной трансформацией степных ландшафтов, сокращением и фрагментацией ареалов эпидемически важных видов теплокровных носителей возбудителя, а также в связи с резким изменением и низкой численностью по сезонам года крысиных блох природная очаговость чумы стала исчезать [30], а сами участки с биоценозами природных очагов, вероятно, стали настолько фрагментированными, что не могли поддерживать себя функционально, и их активность перестала проявляться. Вполне возможно, что реликтовые природные очаги чумы Причерноморья находятся уже длительное время в «дремлющем» состоянии и при соответствующих экологических условиях они могут себя проявить. Эти предположения, безусловно, требуют комплексной и эффективной государственной программы непрерывного мониторинга этого региона, изучения экологических факторов и условий возможной активизации реликтовых природных очагов чумы, а также выявления механизмов формирования (либо проявления) антропургических очагов чумы.

ВЫВОДЫ

1. Широкомасштабные перевозки чумаками разнообразных грузов по обширным регионам территории нынешней Украины, Молдовы, юга России на протяжении последних веков способствовали более эффективному, нежели морским путем, перемещению больных грызунов и их блох из зон реликтовых природных очагов чумы Причерноморья в Одессу. Это происходило вместе с товарами, доставляемыми в морские порты для экспорта, а также с пастбищными иксодовыми клещами, транспортируемыми волами, как их временными природными прокормителями.
2. Не имеющая аналогов в истории пшеничная лихорадка по экспорту зерна из портов Одесского региона спровоцировала беспрецедентную распашку обширных территорий степного Причерноморья, Подолии и других регионов на территории нынешней Украины на протяжении более двух столетий, что привело к коренной трансформации как исконных ландшафтов, так и фаунистических комплексов очаговых по чуме биогеоценозов - и фактически к полному подавлению активности системы реликтовых природных очагов чумы.
3. В условиях Северо-Западного Причерноморья, несмотря на масштабную деградацию природных ландшафтов и полное исчезновение, либо резкое сокращение численности многих, важных в эпидемическом отношении грызунов, в настоящее время еще сохранились определенные потенциальные эколого-фаунистические условия, которые могут послужить эпизоотологическим индикатором, в случае активизации реликтовых природных очагов чумы.

Список литературы

1. Супотницкий М.В. Мониторинг эпидемических процессов: обзор наблюдений / М.В.Супотницкий, Д.В. Николаенко // Научный журнал «Энвйронментальная эпидемиология»

- Специальный выпуск 2009 года. [Электронный ресурс] - С.58-160. - Режим доступа: - <http://www.hiv-aids-epidemic.com.ua/snake%20island%200006.pdf>
2. Супотницкий М.В. Историческая информация о вспышках чумы как источник идей для будущих научных открытий в чумологии» / М.В.Супотницкий // Энвайронментальная эпидемиология и медицинская география. Ежегодник. - Киев, 2011. — С. 298–329.
 3. Одесская область. История Городов и Сел. [Электронный ресурс] – 2009. - с.99-164. Режим доступа: <http://www.igsu.org.ua/Odesskaja.obl/Odessa.html>
 4. Абеленцев В.И. Байбак на Украине / В.И. Абеленцев // Фауна и экология грызунов. – 1971. – Вып.10. – С.217-233
 5. Пузыревский Н.П. Материалы для описания русских рек и истории улучшения их судоходных условий /Н.П.Пузыревский // С-Петербург. – 1902. - вып.1. - 123 с.
 6. Одесса. 1794-1894. Издание городского общественного управления к столетию города. Одесса. – 1895. – 836 с.
 7. Военное обозрение Одесского военного округа. Отчет, составленный по материалам, собранным при окружном штабе офицерами генерального штаба капитаном Бодаревским и подполковником Милорадовичем // Под редакцией полковника Крживоблоцкаго. – Одесса. – 1871. – с.113-119
 8. Афанасьев-Чужбинский А. Поездка в южную Россию А. Афанасьева – Чужбинского /А. Афанасьев –Чужбинский // 1863 год, часть II.ст. 415, 422-425, 430-438.
 9. Хлебный бум в Одессе в середине 19-века. – Режим доступа. - <http://odesskiy.com/chisto-fakti-iz-zhizni-i-istorii/hlebnyj-bum-v-odesse-v-seredine-19-veka.html>
 10. Чумаки, чумацкий промысел. [Электронный ресурс] – 2010. – Режим доступа: - <http://history.mk.ua/?p=490>
 11. Олсуфьев Н.Г. Об антропогенном воздействии на очаги туляремии в СССР /Н.Г.Олсуфьев // Антропогенное воздействие на условия существования природных очагов болезней человека. – Москва, 1985. - С.11-23
 12. Підопличко І.Г. Матеріалі до вивчення минулих фаун УРСР / І.Г.Підопличко // Изд-во АН УССР. – 1956. – Вип.2. – 233 с.
 13. Елизаров А.В. Экологический каркас – стратегия степного природопользования 21 века / А.В.Елизаров // Степной бюллетень. – №1. – 1998. – С.10-14
 14. Дятлов А.И. Перспективы борьбы с чумой в ее природных очагах /А.И.Дятлов // Журн. Микробиол. – 2001. – №6. – Приложение. – С. 64-66
 15. Лозан М.Н. Грызуны Молдавии./М.Н.Лозан // РИО АН Молдавии, Кишинев. – 1970. – 168 с.
 16. Пушница Ф.А. Видовой состав, размещение и численность синантропных грызунов в портах и портовых городах Европейской части СССР / Ф.А.Пушница, А.П.Харченко, М.Т.Дзнецладзе, К.Е.Михеева // Труды ростовского на Дону госуд. научно-иссл. противочумного института. – 1960. – Т. XVII. – С.48-56
 17. Мигулін О.О. Звірі УРСР (Матеріали до фауни) /О.О.Мигулін // Вид. АН УРСР. – 1938. – 82 с.
 18. Дулицкий А.И. Аннотированный список млекопитающих Крыма / А.И., Дулицкий, Н.Н. Товпинец // Сб. воспоминаний и научных трудов, посвященный А.А.Браунеру. – Одесса. 1997. -Астропринт. - С.92-100
 19. Русев И.Т. Естественная реинтродукция черной крысы в портах Одесского залива / И.Т.Русев // Териофауна России и сопредельных стран: материалы международного совещания 31 янв.-2 февраля 2007 г., г.Москва. – 2007. – С.423
 20. Акиев А.К. Инфекционная чувствительность к чуме европейского суслика / А.К. Акиев, А.П., Бейер К.А. Кузнецова // Эпидемиология и профилактика природноочаговых инфекций. – Саратов. – 1981. – С.69-73
 21. Берг Л.С. Бессарабия: страна, люди, хозяйство /Л.С.Берг // Огни «Петроград». – 1918. – 260 с.
 22. Русев И.Т. Характер размножения серых крыс на территории города и порта Одессы /И.Т.Русев, Н.П.Бабенко, В.И.Соловьев и др. // Экология и медицинское значение серой крысы. Материалы 1-го раб.совещ. по серой крысе (31.01-3.02) - М. – 1983. – С.13-14
 23. Русев И.Т. Некоторые особенности экологии серой крысы в пойме Нижнего Днестра / И.Т. Русев, В.И.Соловьев // В сб.:Материалы по экологии и методам ограничения численности серой крысы. – М.,1987. - С.129-142

24. Русев І.Т. Характер заселення портів Одеси чорної крысы в сучасних умовах / І.Т.Русев, Е.І.Дашевська // Санітарна охорона території України і профілактика особливо небезпечних інфекцій, Матеріали науково-практичної конференції, присвяченої 60-літтю Української державної ПЧС. – Одеса, 1997. - С.190-192
25. Солов'єв В.І. Боротьба з гризунами на судах і в портах як заходи профілактики чуми (за матеріалами портів України) : автореф. дис. на соиск. ступеня канд. біол. наук : спец. 14.00.30 «Епідеміологія» / В.І.Солов'єв. – Одеса. – 1974. – 36 с.
26. Бощенко Ю.А. Проявлення активності природного осередку туляремії в степній зоні междуріччя Дністр-Южний Буг / Ю.А.Бощенко, І.Т.Русев, Л.Я.Могилевський // Вісник Одеського національного університету. – Том 10. – Вип.3. – 2005. - С.101-113.
27. Біоценологічні особливості природних осередків туляремії степної зони України / І.Т.Русев, Л.Я.Могилевський, Ю.А.Бощенко [та ін.] // Вісник СумДУ, - №7 (79). – 2005. – С.25-35
28. Минчин М.А. Курс лекцій «Предупреждение возможности заноса конвенционных заболеваний из-за границы в пределы Союза ССР» / В.С.Минчин // Архив Одесской ПЧС. – 1950. – 50 с.
29. От управления главного врачебного инспектора // Газета «Новое время» - 10 августа 1910 г. – Режим доступа. - <http://starosti.ru/article.php?id=24422>
30. Малолетков И.С. Наблюдения над динамикой численности и размножением блох серой крысы в Одессе / И.С. Малолетков, Н.И. Малишенко // Труды Ростовского НИПЧИ. – 1960. – Т. ХУП – С. 72-81

Русев І.Т. Антропогенна трансформація природних осередків чуми в Північно-Західному Причорномор'ї / І.Т. Русев // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 244-260.

Класичні погляди на виникнення епідемій чуми в Одесі й інших містах Причорномор'я ґрунтуються на гіпотезі завезення збудника чуми морським шляхом з осередків чуми Азії, Африки, Південної Америки. Аналіз ландшафтних, екологічних і фауністичних особливостей степового Причорномор'я, а також соціально-економічних умов і транспортних перевезень чумаками вантажів в Одесу, і в цілому по Україні в XVI - XX сторіччях, насамперед зернових, - дає підстави припускати, що на великій території північної й західної частини сучасного українського Причорномор'я існували активні природні осередки чуми, звідки збудник цієї інфекції міг заноситися в портові міста, що експортували зерно. Масштабна антропогенна трансформація степових ландшафтів і фауністичних комплексів осередкових біоценозів привели до повного пригнічення активності природних вогнищ чуми в Північно-Західному Причорномор'ї до початку XX сторіччя.

Ключові слова: чума в Одесі, антропогенна трансформація, природні вогнища чуми, Північно-Західне Причорномор'я.

Rusev I.T. Anthropogenic transformation of natural foci of plague in North-West coast of the Black Sea / I.T. Rusev // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 244-260.

Classic point of view on appearance of plague in Odessa city and others cities of the coast of the Black Sea based on hypothesis that bacteria of plague was introduced by sea sheep from the Asia, Africa and South America. Analysis of landscape, ecological and faunistick fitches of the steppe area of the shorelines of the Black Sea, socio-ecological conditions and transport of the cargo to Odessa and on all Ukraine in XVI – XX centuries, first of all grain – give a background to think that on wide area in Ukrainian North and Western part of the Black Sea was present active natural foci of plague, from where bacteria of plague might be introduce to the city port, which export a grain. Wide scale of the anthropogenic transformation of the steppe landscapes and complex of fauna of foci biocenosis resulted in complete suppression of activity of natural foci of plague from the North-West coast of the Black Sea in beginning of XX century.

Keywords: plague in Odessa, anthropogenic transformation, natural foci of plague, North-West coast of the Black Sea.

Поступила в редакцію 08.11.2011 г.

УДК 616.211-008.4-085:616-052/.054.74

ПРОЯВЛЕНИЯ ДИСФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДЫХАНИЯ И ВОЗМОЖНОСТЬ ЕГО КОРРЕКЦИИ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ДЕПОРТИРОВАННЫХ НАРОДОВ КРЫМА

Сафронова Н.С.¹, Фоменко А.В.¹, Мустафаева Л.А.²

¹*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*

²*Республиканский медицинский центр по обслуживанию депортированных народов,
Симферополь, Украина*

E-mail: tnu-fr@rambler.ru

В работе исследованы проявления дисфункционального дыхания по гиперкапническому типу у представителей депортированных народов Крыма. Показана возможность коррекции дисфункционального дыхания посредством дыхательной гимнастики и массажа.

Ключевые слова: дыхательная система, гиперкапния, миграция, дыхательная гимнастика, массаж.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно прогнозам многих отечественных и зарубежных специалистов в ближайшие годы не только не ожидается снижения количества болезней дыхательной системы, но наоборот, прогнозируется их рост [1, 2], что обусловлено рядом причин экологического и социального характера. Проблема крайне актуальна для Крымской автономии, где наблюдается неблагоприятная ситуация как по риску, так и по уровню заболеваемости органов дыхания среди представителей депортированных народов, ощутивших на себе различные последствия миграционных процессов. Известно, что в большинстве случаев смена постоянного места жительства негативным образом сказывается на качестве адаптационных возможностей организма, общем уровне психосоматического здоровья и отдельных систем организма самих мигрантов, а также их потомства [3–5]. При этом дыхательная система испытывает особое напряжения по причине своей функциональной лабильности на фоне постоянного контакта с окружающей средой. Данный факт объясняет значительно возросший интерес к вопросам респираторной реабилитации, в связи с её высокой эффективностью в повышении здоровья, работоспособности и качества жизни как больного человека, так и лиц группы риска [2, 6]. Немаловажное значение имеют превентивные меры и коррекционные воздействия, направленным на устранение ряда респираторных расстройств, имеющих исключительно функциональные проявления, не связанные с органическими нарушениями. Такие состояния J. Van Dixhoorn предложил характеризовать термином «дисфункциональное дыхание» (ДД) [7, 8]. Основанием для этого явилось понимание, что при функциональных нарушениях

возможны различные варианты изменений со стороны паттерна дыхания и значений респираторных газов. Однако до настоящего времени структура ДД не систематизирована, что создает определенные трудности при диагностике и составлении программ респираторной коррекции его отдельных проявлений.

В этой связи целью нашего исследования явилось выявление признаков дисфункционального дыхания, а также возможность его коррекции у молодых людей, представителей депортированных народов Крыма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Было обследовано 40 практически здоровых молодых людей в возрасте 17-21 года, мигрировавших в Крым не менее 15-20 лет назад из Средней Азии или родившихся в Крыму от родителей-мигрантов. Все обследуемые были сопоставимы по уровню повседневной двигательной активности. Данные Наймигенского опросника, спирографического и капнографического исследования позволили выделить основную группу в количестве 7 человек, имеющих в состоянии относительного покоя признаки дисфункционального дыхания по гиперкапническому типу. Полученные результаты были подтверждены 3 повторными измерениями в течение последующей недели после первичного обследования. Для данной группы была составлена программа респираторной коррекции, включавшая ежедневные занятия дыхательной гимнастикой по 15-20 мин в течение 30 дней и курс массажа из 15 процедур по 20 мин через день [9–11]. В качестве группы контроля были отобраны 7 обследуемых с показателями, характерными для общепринятой физиологической нормы.

Вентиляторную функцию дыхательной системы исследовали при помощи прибора Спиро-тест-РС с компьютерной обработкой данных и регистрировали показатели дыхательного объема (V_T , л), минутного объема дыхания (V_E , л·мин⁻¹), частоту дыхательных движений (f , цкл·мин⁻¹). Все объемные показатели приводили к условиям ВТРС. Газообменную функцию изучали с помощью газоанализатора типа ПГА-КМ, капнографа КП-01 с компьютерной обработкой данных. Регистрировали: парциальное давление кислорода и углекислого газа в альвеолярном воздухе ($P_{A}O_2$, мм рт. ст.), ($P_{A}CO_2$, мм рт. ст.), долю мертвого пространства в альвеолярной вентиляции (ДМП, %). Газообменные показатели корректировались с учетом условий STPD [12–14].

Толерантность к физической нагрузке оценивали при помощи велоэргометрического теста со ступенчато-повышающейся мощностью работы, начиная с 50 Вт и до 250 Вт. Время работы на каждой ступени составляло 3 минуты при скорости педалирования 60 об/мин [13].

Все показатели изучались до и после курса респираторной коррекции. Капнографический мониторинг обследуемых осуществлялся еженедельно. Полученные результаты были обработаны статистически с использованием t -критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В свете изучения проблемы адаптации человека к миграционным процессам, невозможно обойти вопросы, связанные с приспособительными реакциями и функциональным состоянием дыхательной системы. Это практически единственная

вегетативная система, которая в естественных условиях не может быть защищена от внешних экологических воздействий надежным барьером и первой подвергается экстремальным воздействиям извне [5, 6, 15]. Регуляция объема вентиляции, необходимого для поддержания газового гомеостаза, поддерживается дыхательным центром посредством хеморецепции, энергетическая оптимизация дыхательного акта обеспечивается корригирующими стимулами от рецепторов самих органов дыхания. Немаловажное значение имеют активизирующие или тормозящие влияния высших отделов головного мозга, обусловленные психоэмоциональными и другими факторами. Вероятно поэтому и встречаются различные варианты функциональных нарушений дыхания, сопровождающиеся изменением частотных, объемных, скоростных и газообменных характеристик [6, 14, 16].

Ранее нами уже были описаны случаи гипервентиляции с гипокапническими сдвигами газообмена у мигрантов с более чем 15-летним сроком после смены места жительства [17, 18]. В настоящее время такие проявления дисфункционального дыхания встречаются все чаще у практически здоровых лиц и связаны, прежде всего, с низкими функциональными резервами дыхательной системы на фоне нервно-психического или физического перенапряжения [14, 19]. Гораздо реже, без патологически обусловленной причины, наблюдается гиперкапнический тип функциональных вентиляторных расстройств. По мнению многих исследователей ведущим механизмом в данном случае является альвеолярная гиповентиляция, обычно сопровождающая «глобальную» гиповентиляцию. Однако альвеолярная гиповентиляция может возникать и при частом поверхностном дыхании, когда при большом объеме общей легочной вентиляции, доля альвеолярной снижается до 50% и более [6, 14, 16].

Проанализированные нами данные анкетирования по Наймигенскому опроснику свидетельствовали, что у всех представителей основной группы периодически возникало чувство «короткого» дыхания, потребность глубоких вдохов, ощущения напряженности и дискомфорта. Однако количество набранных баллов – $18,2 \pm 0,4$ не дало нам основания отнести совокупность полученных характеристик к расстройствам вентиляции, сопоставимых с гипервентиляционным синдромом, и указывало на наличие иного проявления дисфункционального дыхания. Действительно, результаты спирографического и капнографического обследования выявили признаки гиперкапнического типа вентиляции. Уровень парциального давления углекислого газа в альвеолярном воздухе обследуемых основной группы варьировал в пределах от 43 до 48 мм рт. ст. и в среднем составил $45,3 \pm 0,76$ мм рт. ст., тогда как в группе контроля он был равен $39,3 \pm 1,06$ мм рт. ст., ($p < 0,001$) (табл. 1, рис. 1). При этом у всех испытуемых общий объем легочной вентиляции находился в пределах физиологической нормы или несколько превышал ее. Значения V_E , колебались от 7,36 до 15,06 л·мин⁻¹. Вместе с тем, у молодых людей основной группы было выявлено уменьшение альвеолярной вентиляции и соответственно повышение доли функционального мертвого пространства. Вероятно, что ведущими факторами, лимитирующими оптимальный обмен углекислоты в альвеолах, стали небольшие величины дыхательного объема при повышенных значениях частоты дыхания (табл. 1). Необходимо отметить, что

парциальное давление кислорода при этом оставалось в допустимых физиологических пределах.

Таблица 1.
Показатели вентиляции и газообмена обследуемых основной и контрольной группы до и после курса респираторной коррекции

Условия Показатели	Основная группа			Контрольная группа	
	первичное обследование	повторное обследование	p ₂₋₃	первичное обследование	p ₂₋₅
1	2	3	4	5	6
V _E , л·мин ⁻¹	10,32±1,69	10,83±1,32	-	11,29±1,18	-
f, цкл·мин ⁻¹	19,6±1,0	15,4±0,5	**	15,7±0,8	*
V _T , л	0,52±0,06	0,71±0,05	*	0,72±0,07	*
P _A CO ₂ , мм рт.ст.	45,3±0,76	39,7±0,64	***	39,3±1,06	***
P _A O ₂ , мм рт.ст.	93,4±3,5	95,6±4,1	-	94,2±3,8	-

Примечание: * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

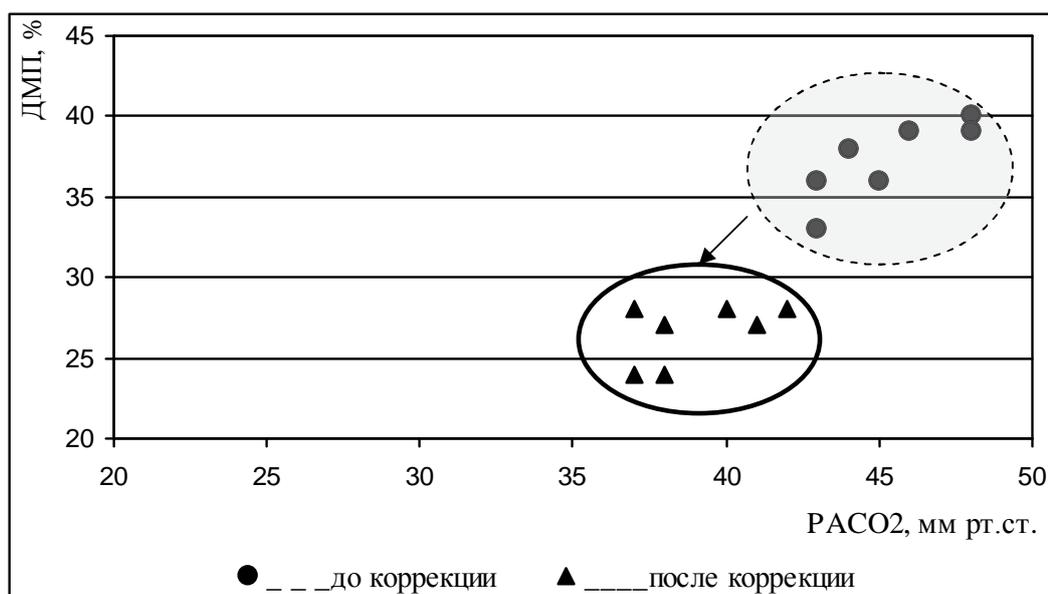


Рис.1. Показатели P_ACO₂ и доли мертвого пространства в альвеолярной вентиляции у обследуемых основной группы до и после курса респираторной коррекции.

Результаты нагрузочного тестирования, представленные на Рисунке 2, показали, что при выполнении ступенчато-возрастающей нагрузки среди обследуемых основной группы работу мощностью 200 Вт выполнили два человека, у четверых предельно-выполнимая нагрузка составила 150 Вт и у одного испытуемого толерантность равнялась 100 Вт. В контрольной группе два человека смогли выполнить работу мощностью 250 Вт, трое обследуемых прекратили велоэргометрию на ступени в 200 Вт и двое на ступени в 150 Вт.

Далее перед нами возник вопрос о целесообразности устранения незначительной гиперкании у практически здоровых лиц основной группы, поскольку в литературе часто встречается мнение о том, что повышенное содержание углекислоты (в пределах физиологической нормы) является признаком высокой работоспособности и хороших функциональных резервов организма [10]. Однако, учитывая субъективные признаки респираторного дискомфорта, неэкономичную работу дыхательной мускулатуры и более низкую толерантность к физической нагрузке по сравнению с контрольной группой, нами был предложен курс дыхательной гимнастики и массажа, направленный на коррекцию имеющихся респираторных дисфункций и обучение обследуемых навыкам рационального дыхания.

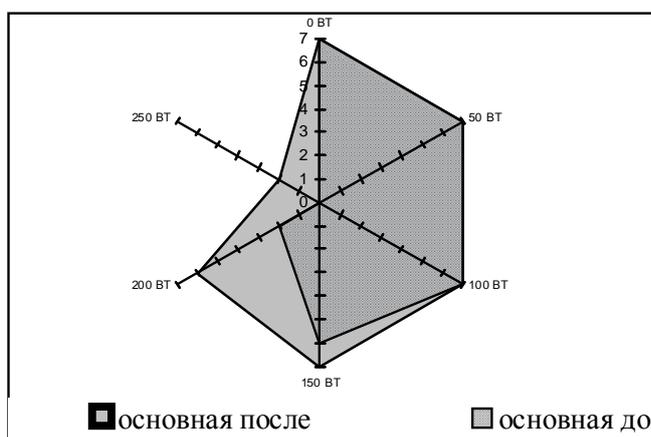


Рис. 2. Толерантность к физической нагрузке обследуемых основной группы до и после курса респираторной коррекции.

По окончании курса респираторной коррекции было проведено повторное обследование, результаты которого представлены в Таблице 1. В первую очередь следует отметить нормализацию парциального давления CO_2 в альвеолярном воздухе, которое снизилось до $39,7 \pm 0,64$ мм рт. ст., ($p < 0,001$). Было зарегистрировано урежение частоты дыхания до $15,4 \pm 0,5$ цкл·мин⁻¹, ($p < 0,01$), при не изменившемся объеме легочной вентиляции. Очевидно это стало возможным благодаря росту дыхательного объема на фоне более полной вентиляции всех участков легких. Описанные изменения сопровождалось снижением доли мертвого пространства в альвеолярной вентиляции. Повторное анкетирование по

Наймигенскому опроснику свидетельствовало об уменьшении количества субъективных признаков дисфункционального дыхания в среднем по группе до $7,3 \pm 0,6$ балла.

После курса респираторной коррекции в основной группе возросла толерантность к физической нагрузке. Так, двое обследуемых смогли выполнить работу мощностью 250 Вт, четверо прекратили велоэргометрию на ступени в 200 Вт и только один на ступени в 150 Вт.

Исходя из вышеизложенного, можно предположить, что дыхательная гимнастика сформировала у обследуемых экономически оправданный тип дыхания, характеризующийся большей долей участия объемного компонента по отношению к частотному, позволила улучшить альвеолярную вентиляцию за счет уменьшения функционального мертвого пространства. Вероятно при этом, массажные процедуры оказали благоприятное влияние на состояние дыхательной мускулатуры и вентиляционно-перфузионных отношений в легких.

Таким образом, проведенные воздействия способствовали не только устранению гиперкапнии, формированию рационального дыхания у обследуемых, но и повышению толерантности к физическим нагрузкам. Результаты исследования позволяют рекомендовать сочетанное применение массажа и дыхательной гимнастики как средств коррекции дисфункционального дыхания и роста физической работоспособности лиц, находящихся в состоянии адаптационного напряжения.

ВЫВОДЫ

1. У 7 практически здоровых молодых людей были выявлены признаки гиперкапнического типа дисфункционального дыхания, обусловленные нерациональной работой дыхательного аппарата.
2. Под влиянием сочетанного применения дыхательной гимнастики и массажа у обследуемых основной группы произошло снижение парциального давления CO_2 в альвеолярном воздухе до уровня $39,7 \pm 0,64$ мм рт. ст., ($p < 0,001$), повысилась экономичность функционирования дыхательной мускулатуры за счет уменьшения частоты дыхания до $15,4 \pm 0,5$ цкл·мин⁻¹, ($p < 0,01$).
3. Проведенная респираторная реабилитация повысила толерантность к физическим нагрузкам у всех обследуемых основной группы.

Список литературы

1. Абросимов В.Н. «Порочные круги» одышки и ХОБЛ / В.Н. Абросимов // Одышка и ассоциированные синдромы: сб. научн. тр. – Рязань, 2005. – С. 7 – 16.
2. Хроническая обструктивная болезнь легких: монография / под ред. акад. А.Г. Чучалина. – М.: Изд-й дом «Атмосфера», 2008. – 568 с.
3. Здоровье мигрантов. Доклад секретариата. [Электронный ресурс]: Всемирная организация здравоохранения. Материалы шестьдесят первой сессии А61/12 Всемирной Ассамблеи здравоохранения. 7 апреля 2008 года. – Режим доступа к докладу: <http://apps.who.int/gb/tr/wha61.html>
4. Казначеев В.П. Современные аспекты адаптации / В.П. Казначеев. – Новосибирск: Наука, 1980. – 192 с. – Ил. 28.

5. Агаджанян Н.А. Адаптация, экология и восстановление здоровья / Н.А. Агаджанян, А.Т. Быков, Г.М. Коновалова. – Москва – Краснодар, 2003. – 260 с.
6. Зильбер А.П. Дыхательная недостаточность. Руководство для врачей / А.П. Зильбер. – М: Медицина, 1989. – 512 с.
7. Dixhoorn J. van. Hyperventilation and dysfunctional breathing / J. van Dixhoorn // Biological Psychology. – 1997.- Vol. 46 – P. 90-91.
8. Dixhoorn J. van. Efficacy of Nijmegen questionnaire in recognition of the hyperventilation Syndrom / J.van Dixhoorn, H.J. Duivenvoorden // J. Psychosom. Res. 1985.- Vol. 29.- P. 199- 206.
9. Малявин А.Г. Респираторная медицинская реабилитация. Практик-е руков-во для врачей / А.Г. Малявин. – М.: Прак-я медицина, 2006. - 416 с.
10. Буков Ю.А. Работоспособность в условиях измененной газовой среды. Кислород, азот, гелий, CO₂ / Ю.А. Буков, Н.П. Красников. – Симферополь, 2008. – 212 с.
11. Фокин В.Н. Курс массажа Валерия Фокина. 2-е изд. исп. и доп. / В.Н. Фокин. – М.:ФАИР- ПРЕСС, 2006. – 324 с.
12. Кузнецова В.К. Методика проведения и унифицированная оценка результатов функционального исследования механических свойств аппарата вентиляции на основе спирометрии: Пособие для врачей / В.К. Кузнецова, Е.С. Аганезова, Н.Г. Яковлева. – СПб: Наука, 1996. – 36 с.
13. Аулик И.В. Определение физической реабилитации в клинике и спорте / И.В. Аулик. – М: Медицина, 1990. – 192 с.
14. Бяловский Ю.Ю. Капнография в общей врачебной практике: Монография / Ю.Ю. Бяловский, В.Н. Абросимов. – Рязань: РязГМУ, 2006. – 150 с.
15. Елфимов А.И. Физиологические особенности адаптивных реакций кардиореспираторной системы человека в различных условиях среды обитания: Автореф. дис. д-ра мед. наук: спец. 14.00.17 «Нормальная физиология» / А.И. Елфимов – М., 1996. – 33 с.
16. Низовцев В.П. Скрытая дыхательная недостаточность и ее моделирование / В.П. Низовцев. – М.: Медицина, 1978. – 272 с.
17. Сафронова Н.С. Вплив наслідків міграційних процесів на систему зовнішнього дихання молодих осіб / Н.С. Сафронова, О.В. Фоменко, Е.С. Сеферов // Фізіологічний журнал. – 2010. – Т. 56, №2. – С.169.
18. Сафронова Н.С. Некоторые аспекты респираторной реабилитации мигрантов / Н.С. Сафронова, А.В. Фоменко // Ученые записки ТНУ им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – Симферополь, 2010. – Т. 23 (62), №3. – С.136-142.
19. Левашов М.И. Синдром гипервентиляции в аспекте актуальных проблем спортивной медицины / М.И. Левашов // Спортивна медицина. – 2006. – №2. – С.48-54.

Сафронова Н.С. Прояв дисфункціонального дихання та можливість його корекції у представників депортованих народів Криму / Н.С. Сафронова, О.В. Фоменко, Л. А. Мустафасва // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 261-267.

У роботі досліджені прояви дисфункціонального дихання на гіперкапічний тип у представників депортованих народів Криму. Показана можливість корекції дисфункціонального дихання за допомогою дихальної гімнастики та масажу.

Ключові слова: дихальна система, гіперкапінія, міграція, дихальна гімнастика, масаж.

Safronova N.S. Manifestation of dysfunctional breathing and possibility of it's correction in deportative Crimea nations / N.S. Safronova, A.V. Fomenko, L.A. Mustafaeva // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 261-267. Manifestation of hypercapnic type dysfunctional breathing by deportative Crimea nations was research. Possibility of dysfunctional breathing correction by respiratory exercises and massage was discovered.

Keywords: respiratory system, hypercapnia, migration, respiratory exercises, massage.

Поступила в редакцію 19.11.2011 г.

УДК 57.083.184.

**ИЗУЧЕНИЕ АКТИВНОСТИ ЩЕЛОЧНОЙ ФОСФАТАЗЫ В КЛЕТКАХ
ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ *CHLOROPHYTA*, *BACILLARIOPHYTA*, *CHRYSOPHYTA*
ПРИ РАЗНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ СУЛЬФАТА МЕДИ В СРЕДЕ**

Семенова О.А., Петров С.А.

*Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, Одесса, Украина
E-mail: masterkristi@rambler.ru*

Изучено влияние сульфата меди на активность щелочной фосфатазы у представителей отделов *Chlorophyta*, *Bacillariophyta*, *Chrysophyta*. В наибольшей степени фермент изменяет свою активность под влиянием сульфата меди у представителей *Chlorophyta*, в меньшей степени этот эффект наблюдается у представителей *Chrysophyta* и минимальным он был у представителей *Bacillariophyta*.
Ключевые слова: водоросли, активность, щелочная фосфатаза, сульфат меди.

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение водной среды солями меди имеет место практически во всех морских водоемах мира. Воздействие этого металла на биохимические показатели более или менее изучено как на представителях беспозвоночных, так и у одноклеточных водорослей, однако исследований, выполненных в сравнительном аспекте известно не много [2]. С другой стороны хорошо известно, что ионы меди оказывают токсикогенное влияние на клеточные процессы нелизосомального расщепления. Наиболее показательной в этом отношении является щелочная фосфатаза [3, 4].

В связи с указанным мы поставили перед собой задачу изучить влияние различных концентраций сульфата меди на активность щелочной фосфатазы в клетках зеленых, диатомовых и золотистых водорослей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Все исследования, приведенные в работе, выполнены на лабораторных монокультурах *Dunaliella salina* Teod, *Chlorella vulgaris* Beijer, *Thalassioira pseudonana* Haise et Heimdal, *Pavlova lutheri* (Droop). Водоросли культивировались на средах Гольдберга (*D. salina*, *Th. pseudonana*, *P. lutheri*) и Прата (*Ch. vulgaris*). В ходе эксперимента указанные культуры помещали в колбы емкостью 50 мл. Для каждой культуры первый вариант - без внесения сульфата меди - служил контролем. Во второй и третий вариант вносили сульфат меди в концентрациях $0.1 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ и $0.25 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$, соответственно [5].

Активность щелочной фосфатазы определяли по Бессею в модификации Левицкого [6]. Для этого брали суспензии клеток водорослей, обрабатывали их Тритоном X-100. Показатель определяли ежедневно в течение трех суток.

Результаты исследования представляли средние величины с их средними ошибками ($M \pm m$). Полученные данные обрабатывали с использованием прикладных статистических программ «STATGRAPHICS» [7–9].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В наших исследованиях оказалось, что внесение культур исследованных водорослей в лабораторные сосуды емкостью 50 мл в течение 1-х трех суток по разному влияло на активность щелочной фосфатазы.

Так, в частности, активность исследуемого фермента в клетках *Th. pseudonana* резко снижалась (в 3 – 3.5 раза) в данный период. У *D. salina* аналогичное, но более выраженное снижение наблюдалось на протяжении первых 2-х суток эксперимента, а затем восстанавливалось почти до исходного уровня. В клетках *Ch. vulgaris* и *P. lutheri* наблюдалась обратная картина. В частности, у *P. lutheri* активность щелочной фосфатазы к 3-м суткам в 5 раз превышала исходный уровень, а у *Ch. vulgaris* ко 2-м суткам наблюдалась даже 10-кратное превышение исходного уровня, сохранявшегося до конца третьих суток. Эффекты можно объяснить различной приспособительной реакцией культур водорослей на изменение условий обитания.

Результаты исследования влияния различных концентраций сульфата меди на активность щелочной фосфатазы в клетках вышеуказанных водорослей приведены на Рис. 2–3.

Как видно из рисунков ферменты разных видов водорослей реагируют принципиально по-разному на присутствие сульфата меди. Так в частности фермент *Th. pseudonana* оказался нечувствительным к обоим исследованным концентрациям сульфата меди (рис. 1).

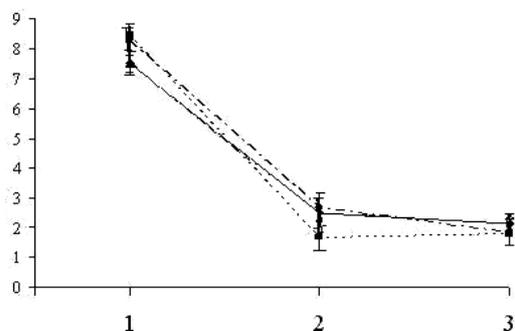


Рис. 1. Влияние сульфата меди на активность щелочной фосфатазы в культуре водоросли *Th. pseudonana*

—●— Контроль —◆— 0.10 мг·л⁻¹ —■— 0.25 мг·л⁻¹

Примечание: отличия экспериментальных вариантов в сравнении с соответствующими контрольными вариантами достоверны при $p < 0.05$

По оси ординат – активность щелочной фосфатазы, $(\mu\text{M} \cdot \text{мл}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}) \cdot 10^{-5}$

По оси абсцисс – длительность эксперимента, сутки

Щелочная фосфатаза *D. salina* оказалась устойчивой к указанному токсиканту в течение 2-х суток. К 3-им суткам активность этого фермента существенно снизилась.

Для фермента *Ch. vulgaris* обнаружено, что уже в первые сутки эксперимента активность щелочной фосфатазы приблизительно на порядок увеличивается по отношению к контролю. Далее, при использовании минимальной концентрации $0,1 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ этот показатель нормализовался, а при использовании концентрации $0,25 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ активность фермента снижалась на 35 – 40 % по отношению к контролю (рис. 2).

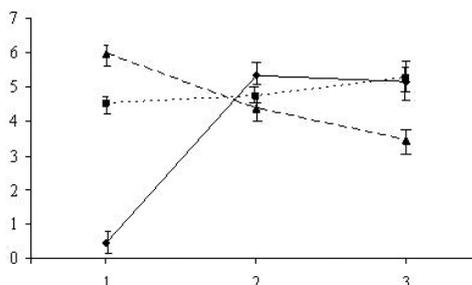


Рис. 2. Влияние сульфата меди на активность щелочной фосфатазы в культуре водоросли *Ch. vulgaris*.

—●— Контроль ···■··· 0.10 мг/л -▲- 0.25 мг/л

Примечание: отличия экспериментальных вариантов в сравнении с соответствующими контрольными вариантами достоверны при $p < 0.05$

По оси ординат – активность щелочной фосфатазы, $(\text{мкМ} \cdot \text{мл}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}) \cdot 10^{-5}$

По оси абсцисс – длительность эксперимента, сутки

При изучении активности щелочной фосфатазы у *P. lutheri* обнаружена в целом аналогичная картина. В течение первых двух суток эксперимента наличие токсикантов в морской воде повышало активность фермента, а к третьим суткам наблюдалось небольшое снижение исследуемого показателя (рис. 3).

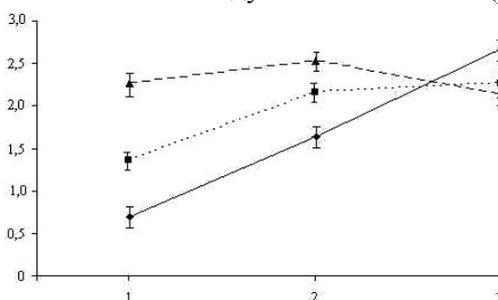


Рис. 3. Влияние сульфата меди на активность щелочной фосфатазы в культуре водоросли *P. lutheri*

—●— Контроль ···■··· 0.1 мг/л -▲- 0.25 мг/л

Примечание: отличия экспериментальных вариантов в сравнении с соответствующими контрольными вариантами достоверны при $p < 0.05$

По оси ординат – активность щелочной фосфатазы, $(\text{мкМ} \cdot \text{мл}^{-1} \cdot \text{мин}^{-1}) \cdot 10^{-5}$

По оси абсцисс – длительность эксперимента, сутки

В ходе эксперимента контролировалось количество клеток водорослей в пределах исследуемого срока.

Выбранные нами концентрации сульфата меди не оказывали существенного действия на количество клеток водорослей, которое колебалось в пределах 5 % от исходного количества.

ВЫВОД

Полученные нами данные свидетельствуют о различной чувствительности щелочной фосфатазы к сульфату меди у представителей разных отделов одноклеточных водорослей, что свидетельствует о разных механизмах регуляции неризосомального расщепления у этих представителей. Наименее чувствителен фермент у представителей диатомовых водорослей – *Th. pseudonana*. Также он мало чувствителен у представителей золотистых водорослей – *P. Lutheri*, а наиболее чувствителен у представителей зеленых водорослей – *D. salina* и *Ch. vulgaris*.

Полученные данные можно использовать при мониторинге черноморских вод на предмет загрязненности солями меди. Различная реакция водорослей на загрязнитель может использоваться для экспресс оценки загрязнения вод.

Список литературы

1. Дмитриева Ф.Г. О роли металлов в жизни клеток водорослей / Ф.Г. Дмитриева., О.Н.Кожанова, Н.Л. Дронина. // Альгология. – 1999. – Т. 9, № 2. – С. 42.
2. Чернавская М.Н. Физиология растительных организмов и роль металлов / Чернавская М.Н. // М.: Мир. – 1989. – 150 с.
3. Филенко О.Ф. Водная токсикология./ Филенко О.Ф. – Черноголовка: МГУ. 1988. –156 с.
4. Хоминская Н.В. Активность щелочной фосфатазы фитопланктона в Киевском и Кременчугском водохранилищах / Н.В. Хоминская // Гидробиол. журн. – 1984. – Т. 20, № 6. – С. 84–98.
5. Хомяков Т.В. Действие сублетальных доз ионов меди на культуру *Dunaliella viridis* Teod. (Chlorophyta) / Т.В. Хомяков, Т.В. Догадина, В.П. Комаристая // Альгология. – 1994. – Т. 4, № 4. – С. 30–36.
6. Левицкий А.П. Спектрофотометрический метод определения активности по Бессею (1946) в модификации Левицкого / А.П. Левицкий, Л.И. Марченко, Т.Л. Рыбак // Лабораторное дело. – 1973. – № 10. – С. 604.
7. Носов В.Н. Компьютерная биометрика / В.Н. Носов. – М.: Наука, 1990. – 231 с.
8. Лакин Г.Ф. Биометрия / Лакин Г.Ф. – М.: Высшая школа, 1990. – 362 с.
9. Ульянова Е.С. Методы корреляционного и регрессионного анализа в агроэкологии. / Е.С. Ульянова, В.Н. Забелин. – М.: Наука, 1990. – 207 с.

Семенова О.О. Вивчення активності лужної фосфатази у клітинах представників *Chlorophyta*, *Bacillariophyta*, *Chrysophyta* за різних концентрацій сульфату міді у середовищі. / О.А. Семенова, С.А. Петров// Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 268-272.

Вивчено вплив сульфату міді на активність лужної фосфатази у представників *Chlorophyta*, *Bacillariophyta*, *Chrysophyta*. Найбільше фермент змінює свою активність під впливом сульфату міді у представників *Chlorophyta*, найменш цей ефект спостерігався у представників *Chrysophyta* та мінімальним він був у представників *Bacillariophyta*.

Ключові слова: водорості, активність, лужна фосфатаза, сульфат міді.

Semenova O.O. The study of alkaline phosphatase in the cells of *Chlorophyta*, *Bacillariophyta*, *Chrysophyta* representatives at the different concentrations of sulfate of copper in an environment / O.O. Semenova, S.A. Petrov // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 268-272.

Influence of sulfate of copper is studied on alkaline phosphatase activity for the representatives of *Chlorophyta*, *Bacillariophyta*, *Chrysophyta*. Most an enzyme changes the activity under act of sulfate of copper for the representatives of *Chlorophyta*, the least this effect was observed for the representatives of *Chrysophyta* and the representatives of *Bacillariophyta* had him minimum.

Keywords: algae, activity, alkaline phosphatase, sulfate of copper.

Поступила в редакцию 17.09.2011 г.

УДК 581.526.52

ДИНАМИКА АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ *VUPLÉURUM FRUTICOSUM* L. В ТЕЧЕНИЕ ВЕГЕТАЦИИ И ОНТОГЕНЕЗА

Симагина Н.О., Лысякова Н.Ю.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: nsimagina@list.ru*

Аллелопатический потенциал интродуцента *Vupleurum fruticosum* L. обусловлен водорасторимыми и газообразными выделениями. Установлено, что аллелопатическая активность *Vupleurum fruticosum* L. изменяется в течение вегетации и онтогенеза.

Ключевые слова: интродуцент, *Vupleurum fruticosum* L., аллелопатическая активность.

ВВЕДЕНИЕ

Организация и функционирование естественных растительных сообществ обусловлены сложными типами взаимодействий их компонентов. Химическое взаимодействие растений, составляющее основу аллелопатии, играет существенную роль в формировании фитоценозов, наряду с другими факторами, выступая регулятором видового состава и ценотической структуры в целом.

Под аллелопатией понимается круговорот физиологически активных веществ, которые играют роль регулятора внутренних и внешних взаимоотношений, возобновления и развития растительного покрова в биоценозе [1]. В фитоценозе аллелопатический фактор может выполнять стабилизирующую роль, препятствуя внедрению других видов, популяций [2, 3].

Вокруг каждого растения в пределах фитогенного поля формируется своеобразная «аллелопатическая сфера», существующая за счет накопления в среде растительных выделений [1]. Растения-интродуценты в процессе жизнедеятельности выделяют в среду фитоценоза химические соединения. С этих позиций аллелопатическая активность интродуцента и хемотолерантность растений аборигенной флоры, проявляющаяся в виде аллелопатической толерантности, является решающим фактором в формировании фитоценозов.

Интродуцент *Vupleurum fruticosum* L. в последние несколько десятилетий из парков Южного берега Крыма самостоятельно расселился в естественные фитоценозы и часто встречается в качестве одичавшего, образуя чистые насаждения. При этом он подавляет развитие аборигенной флоры. В связи с этим изучение аллелопатического аспекта средообразующих свойств растения является актуальным. Согласно анализу литературы подобные исследования не проводились, что определяет новизну данной работы. Цель исследований состояла в изучении аллелопатических свойств *Vupleurum fruticosum* L. В задачи исследований входило:

проведение серии биотестов, выявляющих аллелопатическую активность водорастворимых и газообразных выделений различных органов растения; установление аллелопатической активности в течение вегетации; определение аллелопатической составляющей фитогенного поля *Vupleurum fruticosum* L.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Vupleurum fruticosum L.– многолетний вечнозеленый кустарник высотой 0,2-1,5 (3) м, с длинными, густо облиственными ветвями. Листья почти сидячие, от широколанцетных до обратнойцевидных, жесткие, кожистые, с толстой выдающейся средней жилкой, снизу сизоватые, сверху зеленые и блестящие. Соцветие зонтик состоит из 15-25 цветков на коротких неравных цветоножках, лепестки желтовато-зеленого цвета. Плоды *Vupleurum fruticosum* L. продолговато-эллиптические, гладкие, блестящие, коричневые, до 6-8мм длиной, с острыми, крылато-окаймленными ребрами. *Vupleurum fruticosum* L. - ксеромезофит, сциогелиофит и гликофит [4]. Декоративность сохраняется в период плодоношения. Общий ареал распространения – Западное и Восточное Средиземноморье, Малая Азия [5].

Для изучения аллелопатических свойств *Vupleurum fruticosum* L. была проведена серия биотестов, в которых определялась активность водорастворимых и газообразных выделений листьев, стеблей, соцветий, корней растения. Исследования проводили в лабораторных условиях по общепринятым методикам [6].

Выявление пространственной структуры фитогенного поля *Vupleurum fruticosum* L. проводили в окрестностях пгт. Никита в сообществах ассоциации *Quercusetum (pubescentis) juniperosum (excelsae)*. В фитоценозе *Vupleurum fruticosum* L. рассматривали как донор аллелопатически активных веществ, а травянистые растения *Galium tauricum* (Willd.) Roem. et Schult, *Teucrium chamaedrys* L., *Carex cuspidata* Host., как акцепторы веществ. Возрастное состояние особей определяли на основе качественных и количественных морфологических признаков [7]. От основания стебля с ориентировкой по сторонам света закладывали полосные трансекты шириной 10 см и длиной 2м, с шагом 10 см. На отрезках трансект подсчитывали численность видов, их высоту.

Для выявления сезонной динамики аллелопатической активности *Vupleurum fruticosum* L. использовали водные экстракты концентрации 1:30 надземной и подземной частей растения, отобранных на протяжении вегетационного периода с мая по октябрь. Для анализа аллелопатической активности *Vupleurum fruticosum* L. в течение вегетации использовали индекс аллелопатической активности [8]:

$$A=(L_k - L_o)/L_k ;$$

где А – аллелопатическая активность вида;

L_к - длина проростков семян тест-объектов в контроле;

L_о - длина проростков семян тест-объектов в опыте.

Анализ результатов проводили методами математической статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В биотестах была установлена высокая аллелопатическая активность *Vupleurum fruticosum* L. Она обеспечивается водорастворимыми и газообразными выделениями органов растения. При действии водных экстрактов из листьев, стеблей, соцветий процесс прорастания семян и рост проростков тест-объектов характеризовался низкой интенсивностью. Концентрация 1:10 соответствует максимуму воздействия аллелопатического фактора. При снижении концентраций аллелопатически активных веществ отмечено увеличение всхожести семян и длины проростков. Эта тенденция свидетельствует о непосредственном влиянии количества действующих физиологически активных веществ *Vupleurum fruticosum* L. на степень ингибирования роста проростков и энергии всхожести семян тест-объекта, что согласуется с данными литературы [1, 3, 9]. Установлено, что аллелопатическая активность водорастворимых физиологически активных веществ органов *Vupleurum fruticosum* L. уменьшается в ряду: листья – соцветия – стебли.

Выделения растения-донора могут достигать акцепторного растения не только в растворенном виде, но и в газообразном [1]. Установлено, что аллелопатическая активность веществ, содержащихся в газообразных выделениях *Vupleurum fruticosum* L., уменьшается в ряду: выделения из соцветий, листьев, стеблей (рис. 1). Выделения соцветий оказывают выраженное ингибирующее воздействие на рост проростков *Triticum aestivum* L. Однако, наименьшая энергия всхожести у семян данного тест-объекта отмечена при влиянии аллелопатически активных веществ из листьев растения-донора. Аналогичная тенденция наблюдалась в эксперименте с тест-объектами *Alyssum rostratum* Stev. и *Origanum vulgare* L. Это согласуется с данными литературы [2, 3], свидетельствующими о специфичности воздействия аллелопатически активных веществ растения-донора на процессы развития растениях-акцептора.

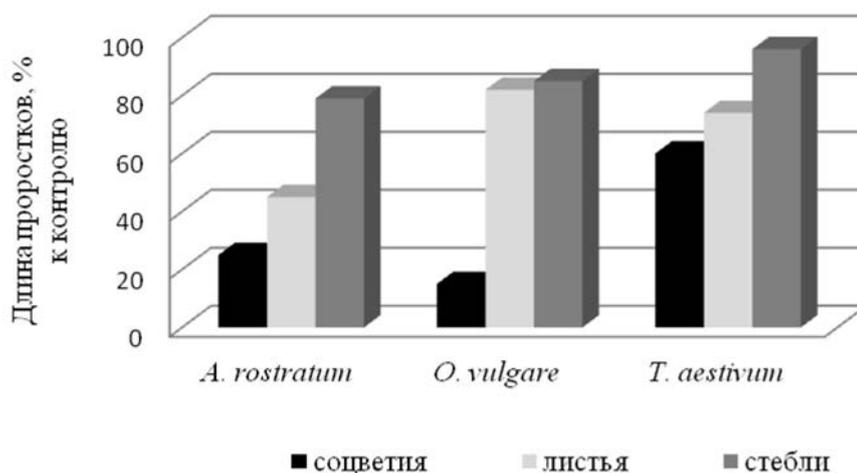


Рис.1. Длина проростков (в % к контролю) тест-объектов при действии газообразных выделений *Vupleurum fruticosum* L.

Выделительные особенности растений, обеспечивающие позицию вида в фитоценозе, могут варьировать в течение вегетационного периода [2, 3, 8]. В ходе исследования было установлено, что активность веществ, содержащихся в органах *Vupleurum fruticosum* L., отобранных на протяжении вегетационного периода, различна. Наибольшие показатели длины проростков тест-объекта *Triticum aestivum* L. ($3,7 \pm 0,5$ см) отмечены при влиянии аллелопатически активных веществ экстрактов надземных вегетативных органов, отобранных в мае (табл. 1).

Таблица 1

Длина проростков *Triticum aestivum* L. при увлажнении водными экстрактами органов *Vupleurum fruticosum* L., отобранных на протяжении вегетационного периода.

Месяцы	Длина проростков, см ($x \pm Sx$)		
	Надземные вегетативные органы	Надземные генеративные органы	Подземные органы
Май	$3,7 \pm 0,5$	$4,9 \pm 0,4$	$4,7 \pm 0,9$
Июнь	$0,5 \pm 0,6$	$3,0 \pm 0,6$	$4,3 \pm 0,8$
Июль	0	$2,6 \pm 0,7$	$3,6 \pm 1,0$
Август	$1,3 \pm 0,5$	$1,1 \pm 0,4$	$2,0 \pm 0,6$
Сентябрь	$1,1 \pm 0,7$	$0,3 \pm 0,5$	$2,2 \pm 0,3$
Октябрь	$2,0 \pm 1,0$	$2,6 \pm 1,1$	$3,0 \pm 0,8$

Установлено, что наибольшее количество веществ, ингибирующих прорастание тест-объекта, надземные вегетативные органы *Vupleurum fruticosum* L. содержат в июле. В данном варианте биотестов всхожесть семян *Triticum aestivum* L. была минимальной. При увлажнении семян тест-объекта экстрактами из этих органов, собранных в октябре, длина проростков составила $2,0 \pm 1,0$ см. Это свидетельствует о том, что к концу вегетационного сезона аллелопатическая активность листьев и стеблей снижается (рис. 2).

Установлено, что семена *Triticum aestivum* L. прорастают с различной интенсивностью при влиянии водорастворимых аллелопатически активных веществ, накапливающихся в генеративных органах в течение вегетации. С мая по сентябрь средние показатели длины проростков тест-объекта уменьшались с $4,9 \pm 0,4$ см до $0,3 \pm 0,5$ см соответственно. К концу вегетационного периода фитотоксический эффект физиологически активных веществ снижается. Длина проростков *Triticum aestivum* L. при этом составляет $2,6 \pm 1,1$ см.

Выявлено, что подземные органы не накапливают значительного количества аллелопатически активных веществ в течение вегетации. Рост проростков тест-объектов при увлажнении экстрактами из корней *Vupleurum fruticosum* L. характеризовался довольно высокой интенсивностью.

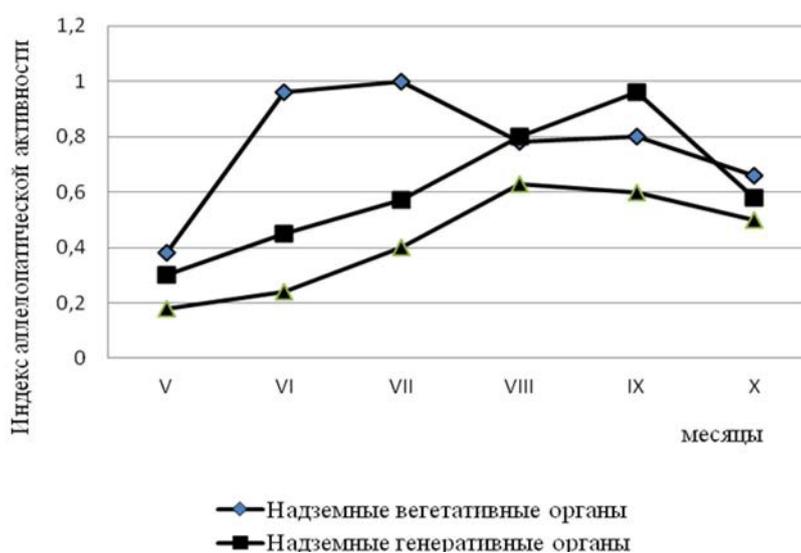


Рис.2. Динамика аллелопатической активности *V. fruticosum* L. в течение вегетации.

Наибольший показатель длины проростков *Triticum aestivum* L. ($4,7 \pm 0,9$ см) отмечен при воздействии аллелопатически активных веществ экстрактов корней, собранных в мае. Минимальное его значение наблюдалось при увлажнении семян экстрактами подземных органов, собранных в августе: $2,0 \pm 0,6$ см. К концу вегетационного периода аллелопатическая активность корней не значительна. Длина проростков при этом составила $3,0 \pm 0,8$ см.

Таким образом, в ходе эксперимента выявлена динамика аллелопатической активности *Vupleurum fruticosum* L. на протяжении вегетационного сезона. Индекс аллелопатической активности варьирует в широких пределах (рис.2). Фитотоксичность надземных вегетативных органов *Vupleurum fruticosum* L. увеличивается, начиная с мая, и достигает своего максимального значения к середине вегетационного сезона – в июле. Индекс аллелопатической активности при этом равен 1, что соответствует максимуму воздействия аллелопатического фактора. С июля по октябрь, прослеживается тенденция уменьшению степени аллелопатической активности вегетативных органов *Vupleurum fruticosum* L. К октябрю индекс аллелопатической активности достигает значения 0,65, но данный показатель почти в 2 раза превышает таковой в мае. Очевидно, что в последующие месяцы аллелопатическая активность вида продолжает снижаться. Значение индекса аллелопатической активности генеративных органов *Vupleurum fruticosum* L. постепенно увеличивается, начиная с мая, достигает пика в сентябре (от 0,3 до 0,95 соответственно). К октябрю ингибирующее действие физиологически активных веществ соцветий *Vupleurum fruticosum* L. снова снижается. Индекс аллелопатической активности при этом равен 0,55.

Установлено, что действие аллелопатически активных веществ подземных органов *Vupleurum fruticosum* L. на прорастание семян тест-объекта характеризуется меньшей степенью токсичности. Индекс аллелопатической активности подземных органов в мае составляет 0,18, что соответствует минимальному воздействию аллелопатического фактора. Максимальная аллелопатическая активность корней *Vupleurum fruticosum* L. отмечена в августе. Индекс аллелопатической активности водорастворимых физиологически активных веществ из подземных частей растения, отобранных в это время, значительно выше и составляет 0,64. К октябрю он снижается до 0,47.

Для выявления пространственной структуры фитогенного поля *Vupleurum fruticosum* L. в сообществе ассоциации *Quercusetum (pubescentis) juniperosum (excelsae)* были отобраны особи, находившиеся в прегенеративном и генеративном периоде онтогенеза. Среди генеративных особей были дифференцированы возрастные состояния g_1 , g_2 , g_3 .

В ходе исследований было установлено, что особи в прегенеративном и постгенеративном периоде онтогенеза не оказывают воздействия на растении-акцепторы. Достоверных различий между параметрами растений вблизи *Vupleurum fruticosum* L. и на удаленных от него контрольных участках не установлено.

Вокруг особей g_1 плотность растений-акцепторов изменялась неодинаково. На трансектах при увеличении расстояния от *Vupleurum fruticosum* L. наблюдалось увеличение численности видов *Galium tauricum* (Willd.) Roem. et Schult. (табл. 2). В непосредственной близости от донора физиологически активных веществ средний показатель плотности растений этого вида составил 4 – 6 особей на 100 см², что в 4 – 6 раз ниже, чем на контрольных участках. На расстоянии 1,8 – 2 м от *Vupleurum fruticosum* L. средние значения плотности *Galium tauricum* (Willd.) Roem. et Schult. возросли в 2 – 5 раз и составили 13 – 25 особей на 100 см².

Наблюдалось увеличение высоты *Teucrium chamaedrys* L. по градиенту удаленности от особей *Vupleurum fruticosum* L. в возрастном состоянии g_1 . Значение параметра при этом изменялось в среднем от 5,5 до 15,7 см. В контроле этот показатель составил 13,6±2,2 см.

В непосредственной близости от *Vupleurum fruticosum* L. средняя высота особей *Galium tauricum* (Willd.) Roem. et Schult. составила 7,0±1,2 см. При удалении от донора средний показатель высоты растений резко увеличивается (от 10,0±2,3 до 11,2±2,4 см). Вокруг особей *Vupleurum fruticosum* L. g_2 и g_3 были выявлены пространства, незанятые растительностью или в пределах которых особи представлены единично. Для растений *Vupleurum fruticosum* L. в возрастном состоянии g_2 граница этой области находится на расстоянии 60 см от донора аллелопатически активных веществ; g_3 – 100 см. Эта зона соответствует проекции надземной и подземной частей *Vupleurum fruticosum* L. За пределами этой зоны наблюдалось угнетение особей подчиненных видов.

Таблица 2

Изменение параметров подчиненных видов по градиенту удаленности от особей *Vupleurum fruticosum* L. различных возрастных состояний

Расстояние от <i>Vupleurum fruticosum</i> L., см	Параметры растений подчиненных видов					
	Плотность (шт /100см ²)			Высота, см (x ± sx)		
	<i>G. tauricum</i>	<i>T. chamaedrys</i>	<i>C. cuspidata</i>	<i>G. tauricum</i>	<i>T. chamaedrys</i>	<i>C. cuspidata</i>
0-20 g ₁	4	2	–	7,0±1,2	5,5±0,3	–
g ₂	–	–	–	–	–	–
g ₃	–	–	–	–	–	–
21-40 g ₁	6	3	–	10,0±2,3	0,7±0,6	–
g ₂	–	–	–	–	–	–
g ₃	–	–	–	–	–	–
41-60 g ₁	8	8	5	10,7±1,0	7,0±0,9	7,2±0,5
g ₂	–	–	–	–	–	–
g ₃	–	–	–	–	–	–
61-80 g ₁	7	12	–	11,2±2,4	10,5±1,1	–
g ₂	13	9	2	10,3±0,8	7,0±1,1	13,6±0,9
g ₃	–	–	–	–	–	–
81-100 g ₁	23	9	7	8,9±3,1	11,2±0,9	13,3±0,7
g ₂	21	8	–	9,9±0,5	10,6±0,7	–
g ₃	–	–	–	–	–	–
101-120 g ₁	22	15	3	8,8±1,9	11,3±1,8	17,0±0,4
g ₂	24	9	–	10,0±2,1	11,8±0,6	–
g ₃	10	13	9	12,1±1,9	8,1±1,8	16,0±1,6
121-140 g ₁	30	07	12	10,5±1,8	14,5±1,7	11,4±1,9
g ₂	30	10	16	11,3±1,2	14,0±0,7	10,5±2,1
g ₃	26	9	12	9,4±1,8	10,5±1,6	15,8±2,0
141-160 g ₁	25	5	16	10,1±2,0	10,8±0,2	18,2±1,4
g ₂	26	13	17	9,3±0,8	12,3±1,5	14,3±1,5
g ₃	30	16	9	13,6±0,9	11,6±2,4	15,9±0,7
161-180 g ₁	25	5	7	10,3±2,5	15,7±0,9	15,6±1,0
g ₂	25	05	15	9,5±0,9	16,6±1,2	16,5±0,9
g ₃	34	6	9	13,8±1,1	12,4±1,8	16,1±0,9
181-200 g ₁	13	6	–	10,0±1,5	10,7±2,1	–
g ₂	27	12	17	10,6±0,6	18,5±0,9	10,8±0,6
g ₃	34	12	11	13,3±0,9	13,9±1,5	16,4±1,4
контроль	27	9	15	12,0±1,7	13,6±2,2	16,3±2,5

Так, плотность произрастания *Galium tauricum*(Willd.) Roem. et Schult. по градиенту удаленности от особей g_2 и g_3 возрастает с 13 до 27 и с 10 до 34 особей на 100 см^2 соответственно (табл. 2). Изменение высоты растений этого вида прослеживается с увеличением расстояния от особей g_3 с $9,0 \pm 2,2 \text{ см}$ до $13,8 \pm 1,1 \text{ см}$.

С удалением от растения-донора аллелопатически активных веществ в возрастном состоянии g_2 увеличивается плотность произрастания *Carex cuspidata* Host. (с 2 до 17 особей на 100 см^2) и высота *Teucrium chamaedrys* L. (с $7,0 \pm 1,1 \text{ см}$ до $18,5 \pm 0,9 \text{ см}$). Увеличение высоты последнего наблюдалось на трансектах с удалением и от особей g_3 (с $8,1 \pm 1,8 \text{ см}$ до $13,9 \pm 1,5 \text{ см}$).

Изменение параметров растений – акцепторов позволило выделить различные концентрические зоны вокруг особей g_2 и g_3 . Были выявлены области с радиусом 60 – 100 см, незанятые растительностью. Эта зона соответствует проекции надземной и подземной частей *Vupleurum fruticosum* L. Аллелопатическое влияние кустарника на растения-акцепторы наблюдалось на участке, соответствующем второй зоне. Радиус ее составляет в среднем 120 – 160 см. Контур третьей зоны с радиусом 180 – 200 см соответствует границам внешней части фитогенного поля. За ее пределами наблюдается толерантность растений к действию выделений *Vupleurum fruticosum* L. Установлено, что напряженность фитогенного поля *Vupleurum fruticosum* L. возрастает в ходе онтогенеза и достигает максимума у зрелых генеративных особей.

ВЫВОДЫ

1. *V. fruticosum* L обладает высокой аллелопатической активностью, которая изменяется в течение вегетации.
2. Аллелопатический потенциал *V. fruticosum* L. обеспечивается водорастворимыми и газообразными выделениями вегетативных и генеративных органов. Наибольшее ингибирующее воздействие на растения-акцепторы оказывают выделения из листьев и соцветий.
3. Установлено, что *V. Fruticosum* L. является сильным эдификатором, оказывающим в зрелом генеративном состоянии в пределах фитогенного поля ингибирующее воздействие на растения-акцепторы.

Список литературы

1. Гродзинский А.М. Аллелопатия растений и почвоутомление. Избр. Тр. / А.М. Гродзинский. - К.: Наукова думка. 1991. - 532с.
2. Головки Е.А. Аллелопатия культурных растений в аспекте проблем агрофитоценологии / Е.А. Головки, Т.М. Биляновская, И.И. Воробей // Физиология и биохимия культурных растений. - 1999. - т.31, №2. - С.103-113.
3. Юрчак Л.Д. Аллелопатия в агробиоценозах ароматичних рослин./ Л.Д. Юрчак.- К.: Фітосоціоцентр, 2005. - 411с.
4. Голубев В.Н. Биологическая флора Крыма / В.Н. Голубев. Ялта: ГНБС. 1996. – 106с.
5. Флора СССР(гл.ред.Комарова В.Л.).-М.:АН, 1960. Т.XVI (ред. Шишкина Н.И.).-1960.-С. 275-334.
6. Гродзинский А.М. Экспериментальная аллелопатия / А.М. Гродзинский, Е.А. Головки, С.А. Горобец.- К.: Наукова думка, 1975. - 230с.
7. Ценопопуляция растений (очерк популяционной экологии) / Заугольнова Л.Б., Жукова Л.А., Смирнова А.С. – М.: Наука, 1988. – 182 с.

8. Симагина Н.О. Взаимодействия между растениями в сообществах галофитной растительности Крыма: аллелопатический аспект: автореферат дис. на соискание канд. биол. наук/ Н.О. Симагина; Никитский ботанический сад – национальный научный центр УААН. – Ялта., 2006. – 20 с.
9. Брыкалов.А.В. Аллелопатическая активность водных экстрактов некоторых сорных растений / А.В Брыкалов, Е.М.Головкина // Алелопатія та сучасна біологія: Матеріали Міжн. Наук.конф. «Алелопатія та сучасна біологія» (Київ,17-19 жовтня 2006р.).-К.: Фітосоціоцентр, 2006. - С.39-41.

Сімагіна Н.О. Динаміка аллелопатичної активності *Bupleurum fruticosum* L. протягом вегетації і онтогенезу / Н.О. Сімагіна, Н.Ю. Лисякова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 273-281.

Аллелопатичний потенціал інтродуцента *Bupleurum fruticosum* L. обумовлений водорозчинними і газоподібними виділеннями. Встановлено, що аллелопатична активність *Bupleurum fruticosum* L. змінюється протягом вегетації і онтогенезу.

Ключові слова: інтродуцент, *Bupleurum fruticosum* L., аллелопатична активність.

Simagina N.O. Dynamics of allelopathic activity *Bupleurum fruticosum* L. during vegetation and ontogenesis / N.O. Simagina, N.Yu. Lysyakova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 273-281.

Allelopathic potential of introduced plant *Bupleurum fruticosum* L. conditioned by watersoluble and gaseous excretions. It was determined that allelopathic activity of *Bupleurum fruticosum* L. changes during a vegetation and ontogenesis.

Keywords: *Bupleurum fruticosum* L., allelopathic activity.

Поступила в редакцію 23.11.2011 г.

УДК 576.315.4

**ВЛИЯНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЧАСТОТАХ
МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ И СЕТИ WiMAX НА ПРОНИЦАЕМОСТЬ МЕМБРАН
КЛЕТОК БУККАЛЬНОГО ЭПИТЕЛИЯ ЧЕЛОВЕКА**

*Скамрова Г.Б.¹, Евстигнеев М.П.¹, Лантушенко А.О.¹, Лукьянчук Г.А.¹,
Саламатин В.В.¹, Шкорбатов Ю.Г.²*

¹*Севастопольский национальный технический университет, Севастополь, Украина*

²*Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина, Харьков, Украина*

E-mail: galina_skamrova@mail.ru

Исследовано влияние электромагнитного излучения разных интенсивностей и времен экспозиций на частотах мобильной связи (900 МГц), а также сети WiMAX – 3,7ГГц, на проницаемость мембран клеток буккального эпителия человека. Оценка проницаемости клеточных мембран производилась путем окрашивания клеток раствором индигокармина. Обнаружен статистически значимый эффект увеличения количества окрашенных клеток в зависимости от времени облучения и интенсивности излучения источника.

Ключевые слова: микроволновое излучение, проницаемость мембраны, индигокармин, буккальный эпителий.

ВВЕДЕНИЕ

На протяжении всей своей жизни человек находится под воздействием электромагнитного излучения (ЭМИ) искусственного происхождения, интенсивность которого повышается в результате научно-технического прогресса. Микроволновое излучение используется в активно развиваемых в настоящее время телекоммуникационных системах: сотовых телефонах, устройствах Bluetooth, WiFi и WiMAX, поэтому изучение его влияния на биосистемы различного уровня организации является актуальной задачей.

Одним из наиболее информативных способов выявления механизмов действия ЭМИ на живой объект является изучение вызываемых им эффектов на клеточном уровне. Несмотря на обилие проведенных исследований в данной области, четкого представления о характере взаимосвязи реакции клетки и параметров ЭМИ (таких как мощность излучения, частота, поляризация) в настоящее время не существует. Одна из причин этому заключается в том, что разные авторы в своих исследованиях используют разные клеточные объекты и разные параметры ЭМИ [1-8], что усложняет выявление закономерностей в опубликованном материале.

Ранее на примере клеток буккального эпителия нами было показано наличие выраженного эффекта действия микроволнового излучения на частотах мобильной связи и сети WiMAX на степень конденсации гетерохроматина в ядрах [9]. В

частности, было показано существование статистически значимой взаимосвязи количества гранул гетерохроматина (КГГ) с мощностью излучения и временем экспозиции. Допуская, что гранулирование хроматина является реакцией клетки на ЭМИ и отражает изменение её функциональной активности, можно предположить, что отклик на действие ЭМИ может также проявляться и на других клеточных компонентах. Ряд авторов сходятся во мнении, что значительную роль в рецепции микроволнового излучения играют мембраны [6,7]. В связи с этим, в настоящей работе нами рассматривается проницаемость мембраны клеток буккального эпителия для витального красителя индигокармина как фактор реакции клетки на действие ЭМИ с параметрами, близкими к тем, которые использовались нами в работе [9].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

1.1 Объект исследования

Эксперименты проводились на краткосрочной клеточной культуре буккального эпителия. После изъятия с внутренней поверхности щеки с помощью стерильного шпателя клетки помещались в буферный раствор следующего состава: 3,03 мМ фосфатный буфер, рН = 7,0 с добавлением 2,89 мМ хлорида кальция [10]. Было показано, что при нахождении клеток в растворе такого состава в течение 24 часов, не наблюдается видимых изменений структуры ядра и клеточной мембраны [11]. Отбор клеток производился у трех доноров мужского пола разного возраста: донор А – 35 лет, В – 25 лет, С – 24 года, и двух доноров женского пола: донор D – 22 года, Е – 54 года. Все доноры были практически здоровые, не курящие.

1.2 Источники излучения

1.2.1 Мобильный телефон

В качестве источника микроволнового излучения использовались два мобильных телефона, находящихся в режиме разговора. Частота излучения составляла 900 МГц. Для оценки излучаемой мощности использовался удельный коэффициент поглощения (Specific Absorption Rate - SAR), который также является показателем вредного воздействия мобильных телефонов на человека. Согласно паспорту телефонов, значение SAR составляет 0,531 Вт/кг и 1,1 Вт/кг.

1.2.2 Генератор ЭМИ рабочей частоты WiMAX

Для генерирования ЭМИ с частотой 3,7 ГГц (рабочий стандарт WiMAX) применяли установку, схема и принцип действия которой был подробно описан в работе [9]. Вкратце: прибор состоит из генератора сверхвысоких частот (СВЧ), коаксиально-волноводного перехода, ответвителя круговой поляризации и отрезка согласованного волновода, в котором располагается эппендорф с исследуемым образцом. Сигнал с волновода через ответвитель круговой поляризации передается на измеритель отношений, который позволяет измерять мощность генерируемой электромагнитной волны.

1.3 Процедура облучения

1.3.1 Облучение излучением мобильного телефона

Буферный раствор, содержащий клетки, наносился на поверхность предметного стекла и помещался в чашу Петри, на дне которой находилась заранее смоченная в

воде влажная фильтровальная бумага. Телефон, находящийся в режиме разговора, располагался над предметными стеклами на расстоянии 3-4 см. Клетки буккального эпителия подвергались электромагнитному облучению в течение 1, 2, 5, 10, 15, 30 и 60 минут. Данный этап эксперимента для клеток каждого донора проводился в один день, при комнатной температуре ($20\pm 2^\circ\text{C}$) и дневном освещении.

1.3.2 Облучение клеток на частоте 3,7 ГГц

Раствор, содержащий клетки и фосфатный буфер, распределялся между несколькими эппендорфами (пробирками по 0,5 мл каждая). Электромагнитное облучение проводилось при пяти значениях плотности потока мощности на поверхности исследуемого раствора: $1,25 \text{ мкВт/см}^2$, $2,5 \text{ мкВт/см}^2$, 10 мкВт/см^2 , 20 мкВт/см^2 и 40 мкВт/см^2 , в течение 0,5, 1, 5 и 10 минут. Эксперимент при заданном времени экспозиции и для каждого донора проводился при постоянной комнатной температуре ($20\pm 2^\circ\text{C}$). Признаков деградации клеток в течение эксперимента не наблюдалось, о чем свидетельствует отсутствие изменений морфологии клеток и количества окрашенных клеток в контрольном образце с течением времени.

1.4 Метод оценки проницаемости клеточных мембран

В настоящей работе был использован метод определения проницаемости клеточных мембран посредством окрашивания клеток с помощью раствора индигокармина. Считается [12], что процентное содержание окрашенных данным красителем клеток является показателем целостности мембран.

Состояние клеточных мембран оценивали по процентному содержанию клеток, которые окрашиваются *in vitro* 5 мМ раствором индигокармина в течение 1 мин [12]. При определении процента окрашенных клеток - окрашенности клеток индигокармином (ОКИ, %) в каждом варианте эксперимента учитывали по 300 клеток (3 повтора по 100 клеток) и рассчитывали среднюю величину показателя ОКИ. Оценка показателя ОКИ производилась визуально с помощью микроскопа MICROmed XC-3330 с увеличением $\times 400$. Затем полученное значение сравнивалось с контрольным (ОКИ необлученного образца). Расчет производился в программе Microsoft Office Excel, где для каждого показателя ОКИ определялось среднее квадратичное отклонение и величина стандартной ошибки. Достоверность различий между средними оценивали с помощью t-критерия Стьюдента. В работе принят уровень достоверности $P < 0,05$.

В случае, когда один этап эксперимента проходил в течение нескольких дней, то контрольное значение менялось, и ОКИ уже не являлось однозначной мерой наблюдаемых эффектов. Для пересчета показателя ОКИ относительно контрольного значения, нами использовалась относительная величина – показатель роста ОКИ (ПРО) - который рассчитывался по следующей формуле:

$$\text{ПРО} = \frac{\text{ОКИ} - \text{ОКИ}_к}{\text{ОКИ}_к} \cdot 100\%$$

где *ОКИ* - окрашенность клеток индигокармином, %;

ОКИ_к - контрольное значение ОКИ, %.

Показатель роста ОКИ показывает, на сколько процентов относительно контроля возросло количество окрашенных клеток

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

2.1 Облучение клеток буккального эпителия излучением мобильного телефона

На Рис. 1 представлены результаты первого этапа эксперимента по исследованию проницаемости мембран буккального эпителия для пяти доноров, подверженных излучению мобильных телефонов с разным временем экспозиции и с разной мощностью излучения.

Из представленных на рисунке 1 гистограмм следует наличие статистически значимого отклика клетки на электромагнитное излучение с разным временем экспозиции, выраженного в увеличении показателя ОКИ относительно контроля. Ранее схожий эффект был обнаружен при действии на клетки буккального эпителия слабого магнитного поля вихревого типа (25 мТл) в течение 1,5 и 10 мин [7].

В целом характер зависимости ОКИ от времени для всех доноров и SAR оказывается одинаковым, что является следствием единого механизма реакции клетки на ЭМИ: при малых временах менее 10 мин наблюдается рост ОКИ, затем в районе 10 мин – слабо выраженный пик, и далее – спад ОКИ. С помощью *t*-теста было установлено, что для всех доноров и всех уровней SAR пороговое значение времени экспозиции, в течение которого не наблюдается статистически значимого роста ОКИ по отношению к контролю, составляет 1 мин. Таким образом, разговор по мобильному телефону в течение 1 минуты можно условно считать «безопасным» для мембран буккального эпителия человека. С помощью *t*-теста было также обнаружено, что для всех доноров и SAR изменение ОКИ при облучении клеток в течение времени от 30 до 60 минут не является статистически значимым. Такой эффект можно условно трактовать как насыщение в пределах исследованного временного интервала, что может быть связано с эффектом восстановления клеточных мембран после действия ЭМИ, показанным в работе [13]. Интересно отметить, что в работе [9], в которой использовался параметр КГГ в качестве маркера функциональной активности клеток буккального эпителия, также наблюдался рост КГГ с увеличением времени экспозиции. Однако пика реакции клетки в виде экстремума КГГ не наблюдалось. К сожалению, в цитируемой работе максимальный исследованный интервал времен экспозиции как раз составил 10 мин, что не дает возможности однозначно утверждать о наличии или отсутствии экстремума КГГ.

Анализ параметра ОКИ на Рисунке 1 как функции SAR мобильного телефона для каждого донора по отдельности с использованием *t*-теста позволил заключить, что показатель роста ОКИ (ПРО) для уровня SAR, равного 0,531 Вт/кг меньше, чем для 1,1 Вт/кг, во всех случаях. К примеру, при 10-минутной экспозиции для донора С показатели роста ОКИ для SAR 0,531 и 1,1 Вт/кг равны 19% и 28%, соответственно. Таким образом, для рассмотренных значений SAR, мобильное излучение с более высоким уровнем SAR приводит к большему увеличению показателя ОКИ, а, следовательно, и к большему повреждающему эффекту. Поскольку SAR является мерой излучаемой мощности, то полученный результат означает, что с увеличением мощности излучения возрастает и проницаемость клеточной мембраны. Отметим, что аналогичная закономерность наблюдалась

ранее в работе [9] для показателя КГГ при излучении на частоте 3,7 ГГц, и вполне соответствует эмпирическому ожиданию.

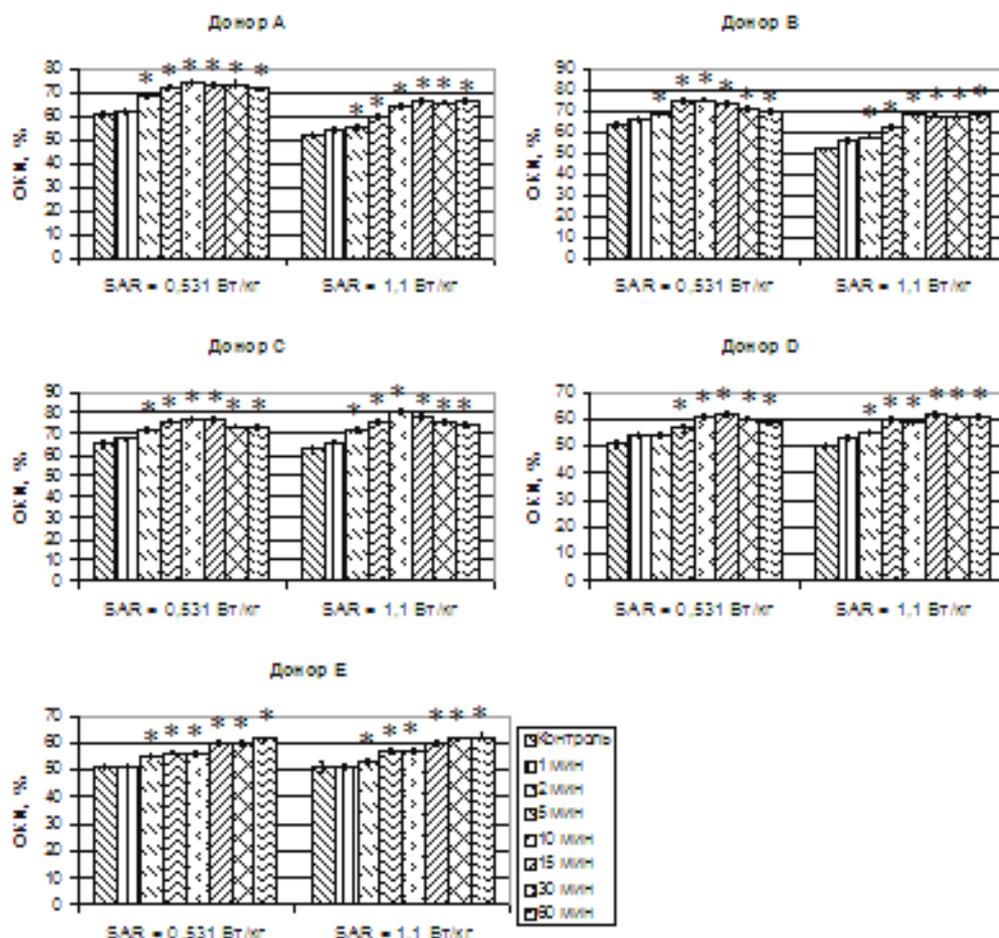


Рис. 1. Влияние излучения мобильного телефона на показатель окрашенности клеток индигокармином (ОКИ) для пяти доноров.

2.2 Облучение клеток буккального эпителия на частоте 3,7 ГГц

Данные второго этапа эксперимента по облучению клеток пяти доноров на частоте WiMAX - 3,7 ГГц, представлены на Рис. 2. Как будет показано ниже, выраженной закономерности в характере зависимости ОКИ от времени для этого типа излучения обнаружено не было, поэтому наиболее наглядным является представление результатов в виде зависимости ОКИ от плотности потока мощности. Специфика проведения данного типа эксперимента для разных мощностей излучения требовала отбора разных контрольных образцов. В этом

случае ОКИ уже не является однозначным показателем наблюдаемых эффектов, и более информативным является отображение результатов в виде зависимости показателя ПРО (исходные данные ОКИ, по которым проводился пересчет в ПРО, не приведены, см. формулу для пересчета в разделе «материалы и методы»).

Как следует из Рис. 2, показатель ПРО демонстрирует одинаковый характер зависимости от мощности для всех времен экспозиции и для всех доноров, проявляющийся в виде начального роста а, затем, спада ПРО, достигающего экстремума в диапазоне плотностей потока мощности 2,5...10 мкВт/см²; при этом, согласно *t*-тесту, мощность 1,25 мкВт/см² является пороговой, начиная с которой эффект действия ЭМИ на проницаемость мембран приобретает статистическую значимость. Этот результат в целом согласуется с результатами предыдущего этапа эксперимента, на котором был обнаружен рост ОКИ при увеличении SAR телефона. В то же время в работе [9] пика грануляции гетерохроматина клеток буккального эпителия (КГГ) по мере увеличения плотности потока мощности в том же диапазоне обнаружено не было. По-видимому, здесь также имеет место эффект восстановления мембраны, обсужденный выше, и не проявляющийся на хроматине. Необходимо, однако, указать на результаты работы [14], в которой пик показателя КГГ был все же зафиксирован, однако при этом использовалось широкополосное импульсное излучение с мощностью, варьируемой от 10⁻⁶ до 10⁻² Вт/см² и временем облучения 10 секунд. Интерпретация этих данных в контексте полученных нами выше результатов в рамках настоящей работы не представляется возможной именно по причине различия характеристик использованного разными авторами ЭМИ.

В целом, как следует из Рисунков 1 и 2, характер реакции клетки на ЭМИ разных плотностей потока мощности оказывается качественно подобным при использовании в качестве источников мобильного телефона и волноводного излучения с частотой 3,7 ГГц. В то же время зависимость показателя ПРО для ЭМИ на частоте 3,7 ГГц (см. рис.2) не демонстрирует четкой тенденции с увеличением времени экспозиции для разных доноров, что не согласуется с полученными нами выше результатами по мобильному телефону (см. рис.1). Отметим, что аналогичная картина имела место и в работе [9] по отношению к КГГ клеток буккального эпителия. Этот результат не соответствует эмпирическому ожиданию и требует дополнительного изучения.

2.3 Роль воды в эффекте действия ЭМИ на клетки буккального эпителия

В рамках проведенного в настоящей работе исследования формирование какого-либо представления о механизме возникновения обнаруженных эффектов действия ЭМИ на клетки буккального эпителия не представляется возможным. Вместе с тем некоторую информацию о роли водной среды во взаимодействии ЭМИ и исследуемыми клетками можно получить. Основой для постановки такого вопроса является распространенное мнение о том, что ЭМИ может действовать не только непосредственно на сам биообъект, но и опосредованно через водную среду, его окружающую, например, путем изменения физических свойств воды [15], или ее дегазации [16]. Более того, поскольку в качестве маркера реакции клетки выступает стороннее соединение (индигокармин), вводимое в среду, можно предположить, что

наблюдаемые эффекты действия ЭМИ могут быть отчасти связаны с изменением, например, электронных свойств красителя в облученной водной среде.

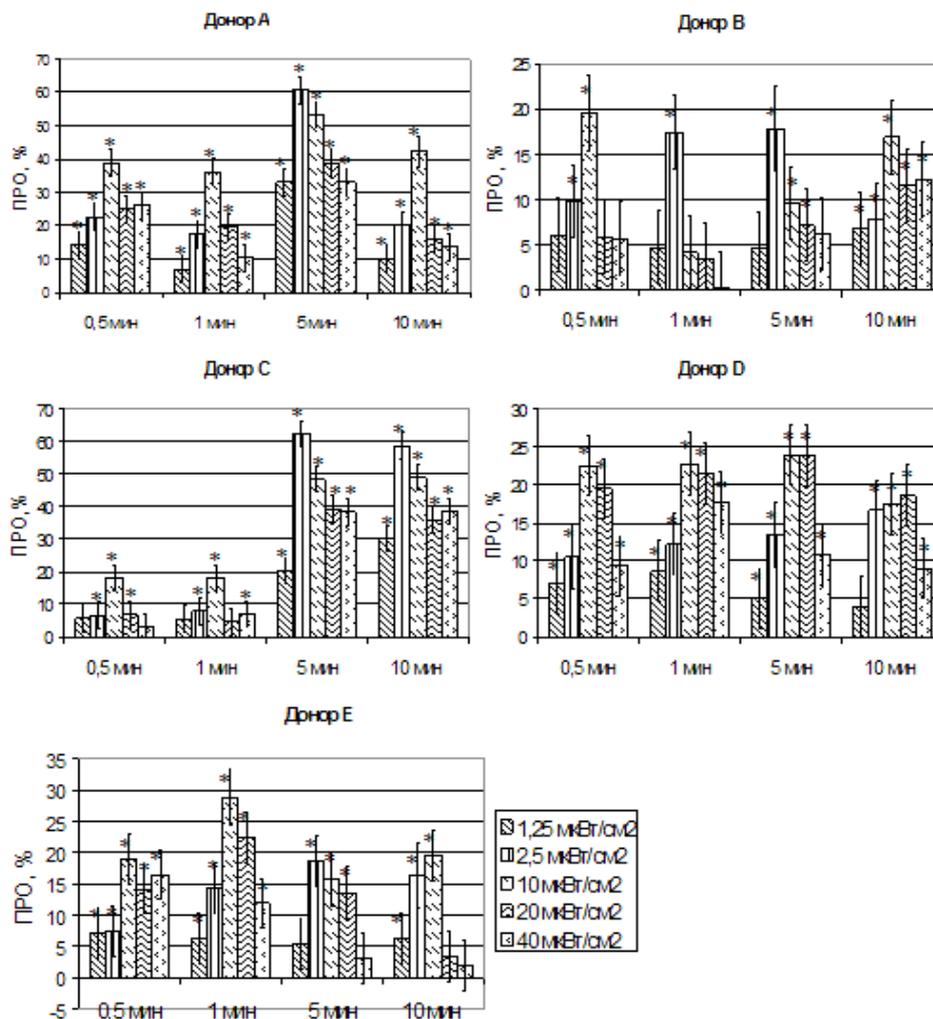


Рис. 2. Влияние излучения на частоте 3,7 ГГц на показатель роста окрашенности клеток индигокармином (ПРО) для доноров А – Е.

С целью выяснения роли воды в использованной в настоящей работе методики регистрации изменения проницаемости мембран, нами было проведено два дополнительных эксперимента.

Эксперимент 1. Буферный раствор помещался в пробирки типа эппендорф и подвергался облучению мобильного телефона со значением SAR 0,531 Вт/кг в течение часа с шагом 5 мин. В каждый образец добавлялся краситель индигокармин в концентрации 1 мМ. Затем снимался спектр индигокармина в облученном

растворе в ультрафиолетовой и видимой области и сравнивался со спектром контрольного необлученного образца. Статистически значимого изменения спектра индигокармина с увеличением времени экспозиции обнаружено не было. Это означает, что в рамках использованной методики эффект действия ЭМИ на систему «краситель-вода» отсутствует.

Эксперимент 2. Облучению мобильного телефона в течение 15, 30 и 45 минут подвергался фосфатный буфер. Далее клетки буккального эпителия помещались в облученный буфер. После этого следовала оценка показателя ОКИ по методике, описанной выше. В ходе данного эксперимента было обнаружено статистически значимое в рамках *t*-теста, увеличение показателя ОКИ относительно контрольного образца. Для времен экспозиции 15, 30 и 45 минут, показатель роста ОКИ составил 10%, 12% и 13% соответственно. Это позволяет предположить, что облученный буферный раствор дает вклад в обнаруженное в настоящей работе изменение проницаемости клеток буккального эпителия человека. Схожее явление наблюдалось в работе [17], где было показано, что буферный раствор, предварительно облученный ЭМИ частотой 42,2 Гц с плотностью потока мощности 2 мВт/см², оказывал влияние на активность Ca²⁺-активированных K⁺-каналов с низкой активностью и снижал активность каналов с высоким уровнем активности. Таким образом, роль водной среды как рецептора ЭМИ необходимо учитывать в исследованиях действия микроволнового излучения на клеточном уровне.

ВЫВОД

В настоящей работе обнаружено статистически значимое изменение проницаемости мембраны клеток буккального эпителия человека при их облучении микроволновым излучением низкой интенсивности на частотах мобильной связи и сети WiMAX. Установлен характер изменения проницаемости мембраны в зависимости от времени экспозиции и мощности излучения. Показано, что реакция клетки в виде изменения степени проницаемости мембраны на величину плотности потока мощности ЭМИ частотой 3,7 ГГц, характеризуется четким максимумом в диапазоне плотностей потока 2,5...10 мкВт/см², при этом мощность 1,25 мкВт/см² является пороговой, начиная с которой эффект действия ЭМИ на проницаемость мембран приобретает статистическую значимость.

Показано, что рецепция ЭМИ водной средой также дает вклад в обнаруженные эффекты действия ЭМИ на клетки человека.

В целом, проведенный в настоящей работе анализ с использованием маркера проницаемости клеточной мембраны - ОКИ, позволяет сделать вывод о близком соответствии полученных результатов с выводами работы [9], выполненной на тех же самых клеточных объектах и источниках ЭМИ, но с использованием другого маркера – количества гранул гетерохроматина КГГ. Это дает основание полагать, что оба маркера являются адекватным отражением изменения функциональной активности клетки под действием ЭМИ. В то же время полноценное описание реакции клеток буккального эпителия на ЭМИ требует дальнейшего фронтального исследования для различных параметров микроволнового излучения.

Список литературы

1. Garaj-Vrhovac V. The correlation between the frequency of micronuclei and specific chromosome aberrations in human lymphocytes exposed to microwaves / V. Garaj-Vrhovac, A. Fucic, D. Horvat // *Mutation Research*. – 1992. – Vol. 281. – P. 181–186.
2. Garaj-Vrhovac V. The relationship between colony-forming ability, chromosome aberrations and incidence of micronuclei in V79 Chinese hamster cells exposed to microwave radiation / V. Garaj-Vrhovac, D. Horvat, Z. Koren // *Mutat. Res.* – 1991. – Vol. 263, No 3. – P. 143–149.
3. Garaj-Vrhovac V. Micronucleus assay and lymphocyte mitotic activity in risk assessment of occupational exposure to microwave radiation. / V. Garaj-Vrhovac // *Chemosphre.* – 1999. – Vol. 39, No 13. – P. 2301–2312.
4. Measurement of DNA damage and apoptosis in Molt-4 cells after in vitro exposure to radiofrequency radiation / G.J. Hook, P. Zhang, I. Lagroye, Li L. [et al] // *Radiation Research*. – 2004. – Vol. 161. – P. 193–200.
5. Effect of high-frequency electromagnetic fields with a wide range of SARs on chromosomal aberrations in murine m5S cells / Y. Komatsubara, H. Hirose, T. Sakurai [et al] // *Mutation Research*. – 2005. – Vol. 587. – P.114–119.
6. Девятков Н.Д. Роль синхронизации в воздействии слабых сигналов миллиметрового диапазона на живые организмы / Н.Д. Девятков, М.Б. Голант, А.С. Тагер // *Эффекты нетеплового воздействия миллиметрового излучения на биологические объекты*. – М.: ИРЭ, 1983. – С. 7–17.
7. Шкорбатов Ю.Г. Влияние постоянного и вращающегося магнитных полей вихревого типа на проницаемость мембран клеток человека / Ю.Г. Шкорбатов, В.А. Грабина, В.Н. Пасюга // *Фотобиология та фотомедицина*. – 2009. – Vol. 4. – С 67–72.
8. Влияние циркулярно-поляризованного микроволнового излучения на свойства плазматической мембраны в клетках человека / Ю.Г. Шкорбатов, В.Н. Пасюга, В.А. Грабина [и др.] // *Матер. 18-й Международ. Крымской конф. “СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (CriMiCo’2008)”*, Севастополь, 2008. – С. 829–830.
9. Влияние микроволнового излучения на частотах мобильной связи и сети WiMAX на состояние хроматина клеток букального эпителия человека. / О.В. Бойко, А.О. Лантушенко, Г.А. Лукьянчук [и др.] // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия»*. – 2010. – Т.23 (62), № 4. – С. 56–65.
10. Тартаковский А.Д. Питательные среды для культивирования клеток млекопитающих. Методы культивирования клеток. / А.Д. Тартаковский. – Л.: Наука, 1988. – С.44–63.
11. Microwave irradiation influences on the state of human cell nuclei / Y.G. Shckorbatov, V.G. Shakhbazov, N.N. Grigoryeva [et al] // *Bioelectromagnetics*. – 1998. – Vol. 19. – P. 414–419.
12. On age-related changes of cell membrane permeability in human buccal epithelium cells / Yu.G. Shckorbatov, V.G. Shakhbazov, A.M. Bogoslavsky, A.O. Rudenko // *Mech. Ageing and Develop.* – 1995. – Vol.83, No 1. – P.87–90.
13. The process of recovery of cell membrane damage produced by the lowlevel microwave radiation V.N. Pasiuga, Yu.G. Shckorbatov, N.N. Kolchigin [et al.] // *International Conference on Antenna Theory and Techniques (ICATT)* – 2009. – P. 360–362.
14. Changes in the human nuclear chromatin induced by ultra wideband pulse irradiation / Y.G. Shckorbatov, V.N. Pasiuga, N.N. Kolchigin [et al.] // *Central European Journal of Biology*. – 2009. – Vol. 4, No 1. – P. 97–106.
15. Бессонова А.П. Влияние высокочастотного электромагнитного поля на физико-химические свойства воды и ее спектральные характеристики / А.П. Бессонова, И.Е. Стась // *Ползуновский вестник* – 2008. – Т.3. – С. 305–309.
16. Шаталов В.М. Дегазация биожидкостей как механизм биологического действия слабых электромагнитных полей / В.М. Шаталов // *Біофізичний вісник*. – 2009 – Вип. 23 (2). – С. 120–128.
17. Preliminary microwave irradiation of water solutions changes their channel modifying activity / E.E. Fesenko, V.I. Geletyuk, V.I. Kazachenko [et al.] // *FEBS Lett.* – 1995. – Vol. 366. – P.49–52.

Скамрова Г.Б. Вплив мікрохвильового випромінювання на частотах мобільного зв'язку та мережі WiMAX на проникність мембран клітин букального епітелію людини / Г.Б. Скамрова, М.П. Євстигнєєв, А.О. Лантушенко, Г.О. Лук'яничук, В.В. Саламатін, Ю.Г. Шкорбатів // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 282-291.

Досліджено вплив електромагнітного випромінювання різних інтенсивностей і часів експозицій на частотах мобільного зв'язку (900 МГц), а також мережі WiMAX - 3.7ГГц, на проникність мембран клітин букального епітелію людини. Оцінка проникності клітинних мембран проводилася шляхом фарбування клітин розчином індигокарміна. Виявлений статистично значимий ефект збільшення кількості забарвлених клітин залежно від часу опромінення та інтенсивності випромінювання джерела.

Ключові слова: мікрохвильове випромінювання, проникність мембрани, індигокармін, букальний епітелій.

Skamrova G.B. The effect of mobile phone and WiMAX network microwave radiation on membrane permeability of human buccal epithelium cells / G.B. Skamrova, M.P. Evstigneev, A.O. Lantushenko, G.A. Lukyanchuk, V.V. Salamatın, Y.G. Shckorbatov // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 282-291.

The effects of different intensities and exposure time of electromagnetic radiation of mobile phone (900 MHz) and WiMAX network (3.7 GHz) on human buccal epithelium cell membranes permeability was investigated. The cell membranes permeability was estimated by staining the cells with indigocarmin solution. The statistically meaningful effect of increase of the number of stained cells depending on the exposure time and intensity of the radiation source was observed.

Keywords: microwave radiation, membrane permeability, indigocarmin, buccal epithelium.

Поступила в редакцію 13.09.2011 г.

УДК 581.524.1

РОЗМІРНА СТРУКТУРА ДЕРЕВОСТАНІВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ В ЛІСАХ НОВГОРОД-СІВЕРСЬКОГО ПОЛІССЯ

Скляр В.Г.

*Сумський національний аграрний університет, Суми, Україна
E-mail: geminiz@ukr.net*

Здійснена оцінка величин розмірних параметрів дерев та розмірної структури деревостанів сосни звичайної в різних лісових фітоценозах Новгород-Сіверського Полісся. Розкриті особливості та закономірності формування розмірних ознак даної породи під впливом провідних екологічних чинників.

Ключевые слова: сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.), розмірна структура деревостана, екологічні чинники.

ВСТУП

Розмір рослинних організмів, значною мірою у зв'язку із прикріпленням способом життя, є їх надзвичайно важливою базовою характеристикою. З розміром тісно пов'язано багато властивостей рослин: тривалість життя, місце у біогеоценозі, що займає вид, роль у харчових ланцюгах екосистеми. Особини різного розміру роблять неоднаковий внесок в біопродукцію, відрізняються характером внутрішньоекосистемних зв'язків, мають неоднакову стійкість [1, 2]. Особливої значущості морфометричні дослідження набули після того, як була розроблена та знайшла широке застосування методологія віталітетного аналізу [3]. Він розглядає рослини як багатоознакові організми та дає можливість встановлювати для їх різних життєвих форм морфометричні параметри, які є найбільш інформативними з біологічної точки зору.

Аналіз літературних джерел свідчить: незважаючи на те, що вивчення розмірних характеристик рослин вже довготривалий час є однією із найважливіших складових окремих напрямків ботанічних досліджень [4, 5], а морфометричний аналіз застосовується при вивченні різних рівнів організації живого (особин, популяцій, фітоценозів), на фоні наявності дуже великої кількості робіт, в яких надається інформація про розмір об'єктів вивчення, частка розробок з даними про розмірну структуру тих чи інших сукупностей рослин є незначною. Однак, доцільність аналізу співвідношення в фітоценозах рослин різних розмірних груп, а також інформативність даного показника ще декілька десятиріч назад була доведена в класичних ботанічних працях [6–8]. Останнім часом данні про розмірну структуру ценопопуляцій рослин найчастіше наводяться в роботах, присвячених вивченню

конкурентних взаємовідносин [9], стану лісових фітоценозів та їх природного поновлення [10–13].

В даній роботі ми ставили за мету оцінити величини розмірних параметрів дерев і розмірну структуру деревостанів однієї з провідних лісоутворюючих порід Новгород-Сіверського Полісся – сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) та розкрити особливості, закономірності формування розмірних ознак цієї породи під впливом провідних екологічних чинників.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Дослідженням були охоплені лісові угруповання, типові для Новгород-Сіверського Полісся (табл. 1). В трьох групах асоціацій (*Tilieto-Querceta stellariosa*, *Betuleta caricosa*, *Populeta stellariosa*) частка *P. sylvestris* в деревостанах є незначною, а в інших – навпаки, її представленість сягає рівня домінанту чи співдомінанту. На період проведення обліків в усіх ценозах дерева *P. sylvestris* в своєму розвитку знаходились в генеративному онтогенетичному стані.

В кожному із угруповань у особин *P. sylvestris* вимірювали висоту (h) та діаметр стовбура на висоті 1,3 м (d), а також вираховували значення показника HDR, який свідчить про співвідношення між висотою та діаметром стовбура (h/d). З точки зору К.К. Висоцького [14] останній морфопараметр, поряд з двома першими, найбільш стисло і повно відображає зміну статички та динаміки деревостанів, добре характеризує зв'язок породи з середовищем, а також ступінь напруженості росту дерев. За результатами обліку для кожної з груп асоціацій були визначені середні значення вищевказаних морфопараметрів, а також, була оцінена розмірна структура сукупностей генеративних рослин *P. sylvestris*. Для встановлення ролі основних екологічних чинників у формуванні розмірних величин *P. sylvestris* застосовували кореляційний, регресійний, дисперсійний та градієнтний аналізи, а також класичні лісотипологічні підходи [15, 16].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

За результатами обліку розмірних величин особин *P. sylvestris* встановлено, що за групами асоціацій середні значення висоти дерев даної породи коливаються в межах 20,0 – 33,7 м (табл. 1). Найвищі показники притаманні групам асоціацій *Querceto – Pineta vacciniosa*, *Populeta stellariosa*, *Pineta coryloso – vacciniosa*, *Pineta asariosa* та *Pineta moliniosa*, а найнижчі – *Pineta sphagnosa*. Середня величина діаметру стовбура становить 19,1–42,3 см. Найбільші значення даного морфопараметру характерні для груп асоціацій *Pineta moliniosa* та *Populeta stellariosa*, а найменші – для групи асоціацій *Tilieto-Querceta stellariosa*. Середні показники HDR дорівнюють 0,693–1,419 м/см. Найвищою «напруженістю росту» вирізняється *P. sylvestris* з груп асоціацій *Betuleto – Pineta vacciniosa*, *Querceto – Pineta vacciniosa*, і, особливо, *Tilieto-Querceta stellariosa*, а найменшою – з *Betuleta caricosa*. За допомогою дисперсійного аналізу встановлено, що всі зареєстровані відмінності у величинах розмірних параметрів *P. sylvestris* за групами асоціацій є статистично достовірними ($p = 0,0000-0,0011$).

З числа екологічних чинників, які суттєво впливають на формування розмірних параметрів *P. sylvestris*, нами найбільш детально була вивчена дія трофності, вологості ґрунтів та зімкнутості деревостанів. Визначення ступенів градієнтів зазначених екологічних чинників здійснювалось з врахуванням лісотипологічних підходів В.М.Сукачова [15], П.С.Погребняка [16] та результатів власних спостережень.

Таблиця 1
Величини провідних морфометричних параметрів дерев *Pinus sylvestris* в різних групах асоціацій Новгород-Сіверського Полісся

№	Група асоціацій	Висота особин, м	Діаметр стовбура, см	HDR, м/см
		$X \pm Sx$	$X \pm Sx$	$X \pm Sx$
1	<i>Pineta (sylvestris) hylocomiosa</i>	23,9 ± 0,38	26,8 ± 0,64	0,924 ± 0,0143
2	<i>Pineta (sylvestris) calamagrostidosa (epigeioris)</i>	28,1 ± 0,78	33,2 ± 1,76	0,876 ± 0,0424
3	<i>Pineta (sylvestris) nardiosa (strictae)</i>	27,3 ± 0,36	35,8 ± 1,45	0,770 ± 0,0346
4	<i>Pineta (sylvestris) coryloso (avellanae) – vacciniosa (myrtilli)</i>	31,8 ± 1,11	35,4 ± 3,50	0,949 ± 0,0902
5	<i>Pineta (sylvestris) asariosa (europaei)</i>	31,0 ± 0,01	32,8 ± 1,94	0,951 ± 0,0558
6	<i>Pineta (sylvestris) franguloso (alni) - vacciniosa (myrtilli)</i>	28,9 ± 0,27	32,0 ± 1,03	0,939 ± 0,0395
7	<i>Pineta (sylvestris) vacciniosa (myrtilli)</i>	29,8 ± 0,75	32,3 ± 3,54	0,999 ± 0,1043
8	<i>Pineta (sylvestris) moliniosa (caeruleae)</i>	31,0 ± 0,58	42,3 ± 0,66	0,734 ± 0,0021
9	<i>Pineta (sylvestris) sphagnosa</i>	20,0 ± 2,42	26,1 ± 3,38	0,863 ± 0,1378
10	<i>Querceto (roboris) – Pineta (sylvestris) vacciniosa (myrtilli)</i>	33,7 ± 0,72	36,3 ± 3,60	1,096 ± 0,2196
11	<i>Querceto (roboris) – Pineta (sylvestris) coryloso (avellanae) nudum</i>	25,5 ± 1,19	26,9 ± 2,45	0,966 ± 0,0596
12	<i>Betuleto (penduli) – Pineta (sylvestris) vacciniosa (myrtilli)</i>	24,4 ± 1,38	24,2 ± 1,70	1,026 ± 0,0333
13	<i>Tiliето (cordatae) - Querceto (roboris) stellariosa (holosteae)</i>	27,0 ± 0,29	19,1 ± 0,18	1,419 ± 0,0033
14	<i>Betuleta (pendulae) caricosa (pilosae)</i>	23,0 ± 1,15	33,8 ± 3,49	0,693 ± 0,0375
15	<i>Populeta (tremulae) stellariosa (holosteae)</i>	33,0 ± 0,58	41,6 ± 2,59	0,798 ± 0,0419
	Загальне	25,9 ± 0,30	29,2 ± 0,51	0,932 ± 0,0145
	Довірчий рівень, p ¹	0,0000	0,0000	0,0011

Примітка: значення довірчого рівня (p) розраховані за результатами дисперсійного аналізу

При формуванні кожного градієнту дотримувались наступної принципової позиції: лісові угруповання та їх місцезростання, представлені на кожній із ступенів, повинні чітко відрізнятися за параметрами чинника, що досліджується, а за рядом інших екологічних характеристик бути як можна більш подібними.

В якості ступенів градієнта вологості ґрунтів (в напрямку її зростання) виступали наступні групи асоціацій: 1. *Pineta hylocomiosa*, 2. *Pineta vacciniosa*, 3. *Pineta franguloso - vacciniosa*, 4. *Pineta moliniosa*, 5. *Pineta sphagnosa*. Градієнт трофності репрезентували: 1. *Pineta hylocomiosa*, 2. *Pineta coryloso – vacciniosa*, 3. *Querceto – Pineta vacciniosa*. Ступеням градієнту зімкнутості відповідали місцезростання наступних груп асоціацій: 1. *Pineta calamagrostidosa* (зімкнутість 0,4), 2. *Pineta nardiosa* (зімкнутість 0,5), 3. *Pineta hylocomiosa* (зімкнутість 0,6), 4. *Betuleto – Pineta vacciniosa* (зімкнутість 0,7). Вплив зімкнутості також був розглянутий на прикладі місцезростань групи асоціацій *Pineta hylocomiosa*, які репрезентували ступені даного градієнта на рівні 0,4, 0,5, 0,6 та 0,7.

Встановлено, що за градієнтом вологості ґрунтів зміна значень морфопараметрів спочатку проявляється в збільшенні величин та досягненні ними максимальних показників, і після цього – в зменшенні (рис. 1). За градієнтом трофності у всіх досліджуваних морфопараметрів має місце збільшення середніх значень по мірі зростання родючості ґрунтів (рис. 2). При збільшенні зімкнутості деревостанів величини діаметру проявляють чітко виражену тенденцію до зменшення, а показники HDR, навпаки, - до збільшення. Останній факт свідчить про зростання «внеску» органічних речовин у ріст за висотою по мірі підсилення конкуренції дерев за світло. Зміна величин морфопараметрів *P. sylvestris* за градієнтами зазначених екологічних чинників є статистично достовірною ($p = 0,00000 - 0,00904$), а сила впливу факторів знаходиться в межах 18,3 - 62,0%. В цілому, відзначені тенденції реагування розмірних величин *P. sylvestris* на вплив провідних екологічних чинників узгоджуються з літературними даними щодо еколого-ценотичних властивостей даної породи [17]. Безумовно, досягнення *P. sylvestris* в конкретних місцезростаннях певних розмірних величин визначається не тільки прямим впливом кожного із вищезазначених чинників, а й їх взаємодією між собою та з іншими екологічними параметрами.

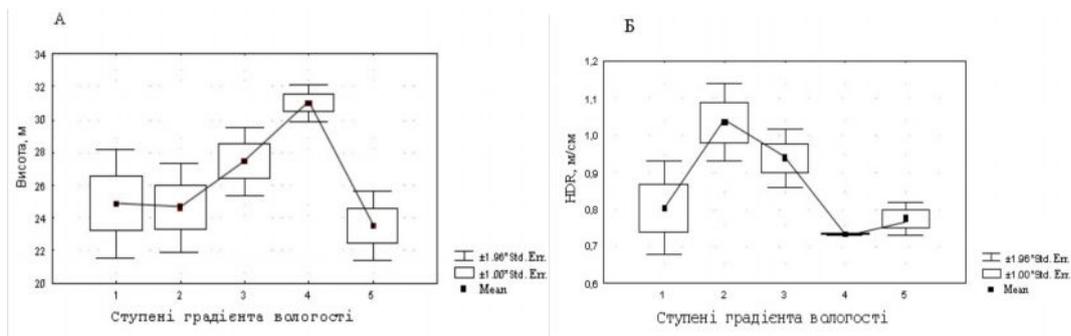


Рис. 1. Зміна висоти (А) та співвідношення між висотою та діаметром стовбура (Б) у особин *Pinus sylvestris* генеративного онтогенетичного стану за градієнтом вологості ґрунтів. Групи асоціацій, що репрезентують ступені даного градієнта: 1. *Pineta hylocomiosa*, 2. *Pineta (sylvestris) vacciniosa (myrtilli)*, 3. *Pineta (sylvestris) franguloso (alni) - vacciniosa (myrtilli)*, 4. *Pineta (sylvestris) moliniosa (caeruleae)*, 5. *Pineta (sylvestris) sphagnosa*.

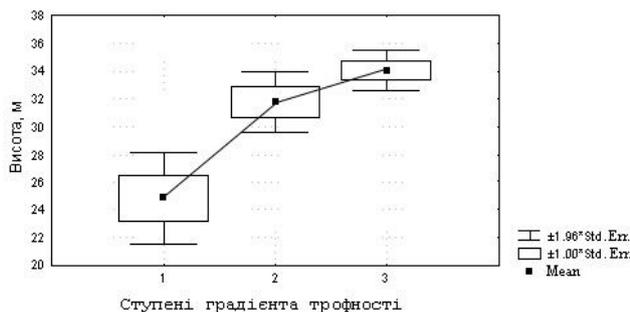


Рис. 2. Зміна висоти особин *Pinus sylvestris* генеративного онтогенетичного стану за градієнтом трофності. Групи асоціацій, що репрезентують ступені даного градієнта: 1. *Pineta hylocomiosa*, 2. *Pineta (sylvestris) coryloso (avellanae) – vacciniosa (myrtilli)*, 3. *Querceto (roboris) – Pineta (sylvestris) vacciniosa (myrtilli)*.

Результати проведених досліджень дозволяють зробити висновок проте, що *P. sylvestris* властива не тільки пластичність, яка проявляється у наявності відмінностей середніх значень морфопараметрів за різними місцезростаннями, а й мінливість – варіювання абсолютних значень розмірних характеристик в межах конкретної групи асоціацій. Про наявність у *P. sylvestris* в різних групах асоціацій внутрішньопопуляційного варіювання значень висоти, діаметра стовбура та HDR, зокрема, свідчать значення похибки середнього арифметичного, надані в таблиці 1, і рисунки «Ящиків з вусами» (див. рис. 1, 2).

Існування внутрішньопопуляційної мінливості вказує на доцільність більш детального вивчення розмірної різноманітності особин, які представлені в складі тієї чи іншої сукупності рослин. При цьому нами був використаний наступний методичний підхід:

1. Для всієї сукупності генеративних особин *P. sylvestris* визначені мінімальні та максимальні значення двох морфометричних параметрів: висоти та діаметра стовбура;
2. На підставі врахування найбільших і найменших значень, для кожного з морфопараметрів визначені класи розмірності;
3. Для сукупності двох морфопараметрів складена матриця класів розмірності;
4. З врахуванням абсолютних значень висоти та діаметра стовбура, було визначене місце кожної особини в полі матриці;
5. Розрахований відсоток особин, що репрезентують різні класи розмірності;
6. Складена підсумкова узагальнююча таблиця та на її основі розрахований коефіцієнт різноманітності розмірної структури (табл. 2).

Коефіцієнт різноманітності розмірної структури (*KRRS*) нами був розроблений як виражена у відсотках частка кількості виявлених в даній групі асоціацій варіантів сполучення різних розмірних класів висоти та діаметру стовбура (*Nf*) до загальної, теоретично розрахованої, кількості таких сполучень (*Nt*):

$$KRRS = (Nf / Nt) * 100\%$$

РОЗМІРНА СТРУКТУРА ДЕРЕВОСТАНІВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ...

У всієї обстеженої сукупності дерев *P. sylvestris* діапазон варіювання абсолютних значень висоти складав 9,0–36,5 м, а діаметра стовбура (на висоті 1,3 м) – 5,0–54,8 см. З врахуванням даної особливості, а також того, що частота трапляння дерев висотою більше ніж 35 м і діаметром менше ніж 10 см є вельми незначною, для генеративних особин *P. sylvestris* було виділено 5 основних розмірних класів висоти та діаметра стовбура, які охоплювали діапазон значень 10–35 м та 10–60 см відповідно. Для дерев висотою більше ніж 35 м виділений ще один додатковий клас – Ia, а для дерев висота та діаметр яких є меншими ніж 10 м і 10 см, відповідно, – клас Va. В цілому, теоретично виділена кількість сполучень різних класів розмірності (*Nt*) для генеративного онтогенетичного стану дорівнює 29 варіантам.

Таблиця 2

Представленість за групами асоціацій дерев *Pinus sylvestris* різних класів розмірності¹

Морфометричні параметри				Частка (%) особин різного розміру за групами асоціацій (нумерація груп асоціацій відповідає табл.1)														
висота		діаметр																
клас	амплітуда абсолютних значень, м	клас	амплітуда абсолютних значень, см	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	5 ¹
Ia	більше 35,0	I	50,0 – 60,0										8,2					
Ia	більше 35,0	III	30,0 – 40,0										27,4					
Ia	більше 35,0	IV	20,0 – 30,0				14,3											
I	30,0 – 35,0	II	40,0 – 50,0	2,3	11,6		28,2		6,1	11,7	51,4		23,1		4,9			66,6
I	30,0 – 35,0	III	30,0 – 40,0	4,1	5,9		28,5	66,6	9,1	24,8			11,8		11,8			33,4
I	30,0 – 35,0	IV	20,0 – 30,0	0,8	11,9			33,4		13,3			9,6		7,2			
I	30,0 – 35,0	V	10,0 – 20,0										9,4					
II	25,0 – 30,0	II	40,0 – 50,0	2,5		14,5						48,6						
II	25,0 – 30,0	III	30,0 – 40,0	13,9	29,4	71,4			21,2	12,9		9,4	10,5	37,6	6,1			
II	25,0 – 30,0	IV	20,0 – 30,0	17,4	23,5	14,1	29,0		45,5	25,2				42,3	17,7			
II	25,0 – 30,0	V	10,0 – 20,0						3,0							100		
III	20,0 – 25,0	II	40,0 – 50,0		1,3				12,1									
III	20,0 – 25,0	III	30,0 – 40,0		5				3,0				17,2					52,8
III	20,0 – 25,0	IV	20,0 – 30,0	27,3	17,7								21,6	20,1	6,3		47,2	
III	20,0 – 25,0	V	10,0 – 20,0	4,1						12,1					5,3			
IV	15,0 – 20,0	IV	20,0 – 30,0	8,1											5,4			
IV	15,0 – 20,0	V	10,0 – 20,0	11,6											35,3			
V	10,0 – 15,0	IV	20,0 – 30,0	0,4									32,1					
V	10,0 – 15,0	V	10,0 – 20,0	1,2														
Va	менше 10,0	Va	менше 10,0 см										19,7					
Коефіцієнт різноманітності розмірної структури (KRRS), %				48,3	20,7	10,3	13,8	6,9	24,1	20,7	6,9	17,2	24,1	10,3	31,0	3,4	6,9	6,9

Примітка: з таблиці виключені сполучення розмірних класів, яким в усіх групах асоціацій відповідала частка особин на рівні 0%

Дерева найвищого класу (Ia) розмірності висоти виявлені тільки в двох групах асоціацій: *Pineta coryloso – vacciniosa* та *Querceto – Pineta vacciniosa*. В першій з них найвищі дерева мали порівняно не значний діаметр (20,0-30,0 см), а в другій, більший – 30,0-55,0 см. Частка найвищих дерев в групі асоціацій *Pineta coryloso – vacciniosa* дорівнює 14,3%, а в групі асоціацій *Querceto – Pineta vacciniosa* - 35,6%.

В цих групах асоціацій 53,9-56,7% складають дерева висотою 30,0-35,0 м. Однак, вони суттєво різняться за діаметром: в групі асоціацій *Pineta coryloso – vacciniosa* представлені дерева діаметром 30,0–50,0 см, а в групі асоціацій *Querceto – Pineta vacciniosa* – діаметром від 10,0 до 50,0 см. Крім того, 29,0% та 10,5%, відповідно, в двох даних групах асоціацій становить частка дерев II класу висоти (25,0–30,0 м). Особливістю груп асоціацій *Pineta asariosa* та *Populeta stellariosa* є те, що в їх складі представлені генеративні дерева виключно першого класу висоти (30,0-35,0 м) і двох класів діаметру: III, IV та II, III, відповідно.

Таким чином, вище охарактеризована розмірна структура деревостанів *P. sylvestris* з чотирьох груп асоціацій (*Pineta coryloso – vacciniosa*, *Querceto – Pineta vacciniosa*, *Pineta asariosa*, *Populeta stellariosa*), в яких зафіксовані одні з найвищих середніх значень висоти та діаметру стовбура. Результати проведеного аналізу даних груп асоціацій і всіх інших, свідчать, що сукупності рослин, які мають близькі середні значення морфопараметрів можуть суттєво відрізнитись за розмірною структурою. В деревостанах, що характеризуються досить низькими середніми значеннями того чи іншого морфопараметру (як в групі асоціацій *Pineta sphagnosa*), цілком можлива присутність особин, які належать до одних з найвищих розмірних класів.

Розмірна структура кожної сукупності є специфічною як за розподілом дерев за класами розмірності, так і за ступенем різноманітності представленості різних класів розмірності. Наприклад, найбільш різноманітна розмірна структура властива групі асоціацій *Pineta hylocomiosa*: в ній виявлено чотирнадцять з двадцяти дев'яти (48,3%) виділених нами можливих варіантів сполучення різних розмірних класів висоти та діаметра стовбура. В групі асоціацій *Betuleto – Pineta vacciniosa* виявлено дев'ять (31,0%) варіантів сполучення різних розмірних класів. Тоді як в групі асоціацій *Tilieto-Querceto stellariosa* – тільки один. Останній факт є свідченням того, що *P. sylvestris* в деревостанах може існувати при найнижчих рівнях розмірної диференціації особин.

Розгляд зміни величини коефіцієнта різноманітності розмірної структури (*KRRS*) на вищезазначених градієнтах екологічних чинників засвідчив наявність тенденції до зменшення даної характеристики при зростанні вологості та родючості ґрунтів, і, навпаки, її збільшення при зростанні зімкнутості деревостанів. Значення коефіцієнту детермінації для зазначених взаємозв'язків знаходяться на рівні 0,30-0,51. Однак, найбільш суттєва і статистично достовірна залежність (при значеннях коефіцієнту кореляції +0,83 та коефіцієнту детермінації 0,69) має місце між коефіцієнтом різноманітності розмірної структури та кількістю дерев *P. sylvestris*, представлених в деревостані. В зв'язку з тим, що структурно неоднорідні деревостани є більш стійкими до екологічних стресів [12], в останньому випадку ми маємо прояв ефективної реалізації взаємозв'язку між кількісними та якісними параметрами лісових фітоценозів.

Аналіз спектрів, які відображують представленість в кожній групі асоціацій розмірних класів висоти та діаметру, засвідчив, що ці спектри в основному є континуальними (рис. 3), тоб-то в межах наявного діапазону показників вони включають дерева всіх розмірних класів. При цьому виключенням є спектри з групи асоціацій *Pineta sphagnosa* (рис. 3А). В ній у складі спектру розмірних класів діаметра представлені дерева III, IV та Va класів, а відсутні – V класу, а в складі спектру розмірних класів висоти наявні дерева II, III та V, Va класів, а відсутні – IV класу.

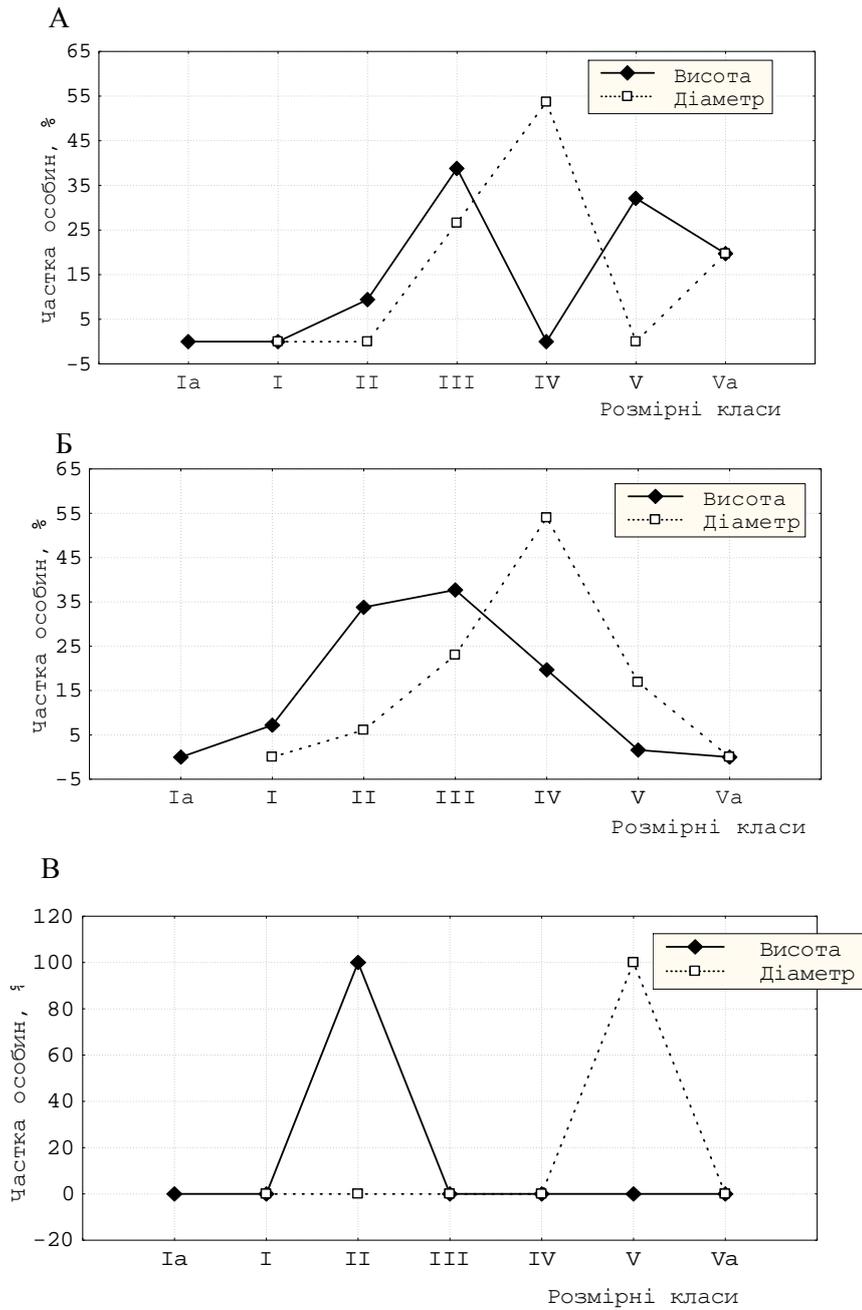


Рис.3. Розмірні спектри *Pinus sylvestris* в різних групах асоціацій (А – група асоціацій *Pineta sphagnosa*; Б – *Pineta hylocomiosa*, В – *Tilieta (cordatae) - Querceta (roboris) stellariosa (holosteae)*)

За виключенням груп асоціацій *Pineta hylocomiosa* (рис. 3Б), *Pineta sphagnosa*, *Betuleto – Pineta vacciniosa*, в усіх інших групах асоціацій в розмірних спектрах висоти представлені дерева не більше ніж трьох класів, а в групах асоціацій *Pineta nardiosa*, *Pineta asariosa*, *Tilieto-Querceta stellariosa* (рис. 3В), *Betuleta caricosa*, *Populeta stellariosa* - взагалі одного. Тоді як розмірні спектри діаметра в основному сформовані з 3 - 4 розмірних класів, і лише в групах асоціацій *Pineta moliniosa* та *Tilieto-Querceta stellariosa* розмір діаметра стовбура у дерев відповідає одному розмірному класу. В групах асоціацій розмірні спектри діаметра, порівняно зі спектрами висоти, переважно сформовані з більшої кількості класів. Для кожної групи асоціацій також було проведено порівняння представленості в розмірних спектрах найбільшої частки рослин того чи іншого класу. В основному у фітоценозах домінуючою є частка рослин однакових класів висоти та діаметра, або відмінних між собою на один клас. В групі ж асоціацій *Tilieto-Querceta stellariosa* така відмінність дорівнює двом класам розмірності, що може бути проявом як меншої скорельованості ростових процесів, так і специфічних особливостей формування морфоструктури дерев *P. sylvestris*. Останній аспект в даній групі асоціацій, зокрема, проявляється в найвищих, порівняно з усіма іншими групами асоціацій, середніх значеннях співвідношення між висотою та діаметром стовбура (HDR).

Розмірні показники та розмірна структура деревостанів *P. sylvestris*, є не тільки інтегральними ознаками щодо біологічних властивостей породи та еколого-ценотичних параметрів місцезростань, а й самі можуть впливати на процес існування лісів: ці ознаки є відображенням та складовими всієї системи прямих та зворотніх зв'язків, притаманних фітоценозам, і визначальних в аспекті забезпечення їх сталого існування. Однак, в лісах, які знаходяться в системі господарського користування, кількісні та якісні ознаки розмірної структури деревостанів суттєво залежать від впровадження лісгосподарських заходів, зокрема, освітлення, проріджування деревостанів, що, безумовно, накладає відбиток і на систему взаємозв'язків, які лежать в основі забезпечення стійкості лісових екосистем

ВИСНОВКИ

1. *P. sylvestris* є однією з основних лісоутворюючих порід Новгород-Сіверського Полісся. Вона представлена в складі деревостанів значної кількості фітоценозів, в яких має різний фітоценотичний статус. В різних місцезростаннях дерева *P. sylvestris* статистично достовірно відрізняються за середніми значеннями провідних морфопараметрів (висоти, діаметру стовбура, HDR), а деревостани цієї породи мають суттєві відмінності у розмірній структурі.
2. До числа екологічних чинників, які статистично достовірно впливають на розмірні характеристики *P. sylvestris*, належать вологість ґрунтів, їх трофність та зімкнутість деревостанів. Рівень різноманітності розмірної структури позитивним чином залежить від кількості дерев даної породи, представлених в складі конкретного фітоценозу.
3. Найвищий рівень різноманітності розмірної структури *P. sylvestris* притаманний групі асоціацій *Pineta hylocomiosa*. Це, в комплексі з континуальністю спектрів, є результатом і відображенням її значної поширеності в регіоні досліджень, а

також різноманітності еколого-ценотичних параметрів місцезростань, що відповідають даній групі асоціацій.

4. Представленість в деяких групах асоціацій (*Pineta asariosa*, *Pineta moliniosa*, *Tilieto-Querceta stellariosa*, *Betuleta caricosa*, *Populeta stellariosa*) дерев, параметри яких відповідають 1-2 класам розмірності є показником того, що в даних фітоценозах *P. sylvestris* існує в межах вузького діапазону екологічної ніші. В широколистяних лісах це, зокрема, може бути наслідком конкурентного тиску на *P. sylvestris* з боку порід-домінантів.

Список літератури

1. Marba N. Allometric scaling of plant history / N. Marba, C.M. Duarte, S. Agusti // Proc. Nation. Acad. Sci. USA. – 2007. – Vol. 104. – С. 15777–15780.
2. Злобин Ю.А. Популяционная экология растений: современное состояние, точки роста / Злобин Ю.А. – Сумы: Университетская книга, 2009. – 263 с.
3. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценотических популяций растений / Злобин Ю.А. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1989. – 146 с.
4. Карманова И.В. Математические методы изучения роста и продуктивности растений / Карманова И.В. – М.: Наука, 1976. – 222 с.
5. Hunt R. Plant growth analysis / Hunt R. – London, 1978. – 67 p.
6. Ипатов В.С. Деференциация древостоя. I. / В.С. Ипатов // Вестн. Ленингр. ун-та. Серия «Биология». – 1968. – № 21. – Вып.4. – С. 59–68.
7. Дыренков С.А. Структура и динамика таежных ельников / Дыренков С.А. – Л: Наука, 1984. – 174 с.
8. Weiner J. Size hierarchies in experimental populations of annual plants / Weiner J. // Ecology. – 1985. – Vol. 66. – № 3. – P. 743–752.
9. Котов С.Ф. Конкуренция и размерная структура ценопопуляций *Salicornia europaе* L. (Chenopodiaceae Vent.) / С.Ф. Котов // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология». – 2001. - Т. 14 (53). – №1. – С.43–49.
10. Бузун В.О. Структура сосновых насаждений, що надходять у лісовідновні рубки / В.О. Бузун, О.Г. Дмитренко, В.Д. Шкудор // Лісівництво і агролісомеліорація. – 2004. – Вип. 107. – С. 126–130.
11. Оскорбин П.А. Структура темнохвойных древостоев южной тайги Красноярского края / Оскорбин П.А. // Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Красноярск, 2007. – 17 с.
12. Лебков В.Ф. Закономерности и оценки структуры древостоев сосны / В.Ф. Лебков, Н.Ф. Каплина // Лесное хозяйство. - 2008. – № 3. – С. 39–41.
13. Лопатникова О.А. Естественное возобновление в коренных северотаежных сосновых лесах Карелии / О.А. Лопатникова, Е.В. Шорохова // Современные проблемы и перспективы рационального лесопользования в условиях рынка. – Санкт-Петербург, 2008. – С. 28–32.
14. Высоцкий К.К. Как прогнозировать рост и развитие древостоев / К.К. Высоцкий // Эколого-географические и генетические принципы изучения лесов. – Свердловск. – 1983. – С. 108–116.
15. Сукачев В.Н. Типы лесов и типы лесорастительных условий / Сукачев В.Н. – М.: Гослестехиздат, 1945. – 37 с.
16. Погребняк П.С. Основы лесной типологии / Погребняк П.С. – К.: Изд-во АН УССР, 1955. – 455 с.
17. Побединский А.В. Сосна / Ред. К.Б. Лосицкий. - М. : Лесная промышленность, 1979. – 125 с.

Скляр В.Г. Размерная структура древостоев сосны обыкновенной в лесах Новгород-Северского Полесья / В.Г. Скляр // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 292-302.

Проведена оценка величин размерных параметров деревьев и размерной структуры древостоев сосны обыкновенной в разных лесных фитоценозах Новгород-Северского Полесья. Раскрыты особенности и закономерности формирования размерных характеристик данной породы на фоне влияния ведущих экологических факторов.

Ключевые слова: сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), размерная структура древостоя, экологические факторы.

Skliar V.G. Size structure *Pinus sylvestris* in forests of the Novgorod –Sivers’k Polissya / V.G. Skliar // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No. 4. – P. 292-302.

Information about size and size structure *Pinus sylvestris* in forests of the Novgorod-Sivers’k Polissya are present. Peculiarity, regularity influence ecological factors on size and size structure are research.

Keywords: *Pinus sylvestris* L., size structure, ecological factors.

Поступила в редакцию 20.11.2011 г.

УДК 612.13+615.821

**РЕАКЦИИ РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ
НА ДЕЙСТВИЕ МИОВИСЦЕРАЛЬНОЙ РЕФЛЕКТОРНОЙ КОРРЕКЦИИ
ВЕСТИБУЛЯРНЫХ РЕАКЦИЙ С УЧЕТОМ ИСХОДНОГО ВЕГЕТАТИВНОГО
ТОНУСА**

Тарабрина Н.Ю.¹, Грабовская Е.Ю.²

¹Крымский юридический институт НЮАУ им.Я.Мудрого, Симферополь, Украина

*²Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: tarabrrina08@mail.ru*

Изучена возможность применения активной тракционно-ротационной миорелаксации, как средства коррекции негативного влияния вестибулярной нагрузки на показатели внешнего дыхания спортсменов с разным исходным вегетативным тонусом. Показано, что комбинированное воздействие активной тракционно-ротационной миорелаксации и вестибулярной нагрузки статистически значимо улучшает показатели внешнего дыхания спортсменов-единоборцев с различным исходным вегетативным тонусом.

Ключевые слова: респираторная система, вестибулярная нагрузка, мышечный тонус, вегетативный статус.

ВВЕДЕНИЕ

У спортсменов вследствие тренировок формируются различные адаптационные механизмы, позволяющие увеличивать специальную и общую выносливость, но при этом могут нарушаться функции некоторых систем, в частности, функция внешнего дыхания (ФВД), что ведет к снижению спортивных результатов. Кардиореспираторная система, будучи одной из наиболее физиологически значимых сфер, обеспечивает приспособляемость организма к многообразным воздействиям и отражает динамику восстановительных процессов [1–4]. Данная система является наиболее чутким индикатором физиологического состояния организма, и с ее изучения обычно начинаются исследования различных форм патологии и методов профилактики.

В условиях спортивных нагрузок кардиореспираторная система функционирует крайне напряженно. При этих обстоятельствах любой неблагоприятный фактор, включая вестибулярную нагрузку, способствует превышению вегетативных влияний на сердечнососудистую систему, в результате чего физиологические нервно-сосудистые и гормональные перестройки могут приводить к дисфункциональным состояниям. В связи с этим, учет исходного вегетативного тонуса спортсменов является крайне важным, так как изменения со стороны кардиореспираторной системы часто протекают латентно. По наблюдениям ряда авторов, хорошо сбалансированная вегетативная регуляция мышечной деятельности позволяет спортсмену при наличии должного уровня мотивации максимально

использовать свои функциональные возможности, обеспечивает необходимую экономизацию функций и определяет быстроту восстановительных процессов [5,6]. В то же время, нарушение вегетативной регуляции служит ранним признаком ухудшения адаптации к нагрузкам и влечет за собой снижение работоспособности.

В предыдущих исследованиях показано, что миотонические реакции спортсменов на ВН зависят от исходного тонуса ВНС [7]. При этом, существует ряд методов, направленных на миорелаксацию, которые способны вызывать активацию центров вегетативной нервной системы, подкорковых структур, повышают возбудимость коры головного мозга, стимулируют гипоталамо-гипофизарную систему. Данные методы основаны на рефлекторных вегетативных механизмах регуляции функций организма [8]. На основании вышеприведенных фактов можно полагать, что коррекция тонуса мышц в сегментах C_3 - Th_8 , являющихся кардио-респираторными проекциями Захарьина-Геда, может снизить негативные эффекты ВН.

Поэтому **целью** настоящего исследования явилось изучение эффективности применения активной тракционно-ротационной миорелаксации, как средства коррекции негативного влияния вестибулярной нагрузки на показатели внешнего дыхания спортсменов с разным исходным вегетативным тонусом.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 81 спортсмен-единоборец, имеющих квалификацию от 1 разряда до МСМК (средний возраст $19,41 \pm 3,66$ лет) условно здоровых, без признаков сердечнососудистой и дыхательной патологии. Все спортсмены были разделены на три группы, в зависимости от преобладания тонуса вегетативной нервной системы (ВНС), рассчитанного по формуле Кердо [9].

Первую группу ($n=36$) составили спортсмены, имеющие парасимпатикотонический тип ВНС, вторую группу ($n=22$) – симпатотонический тип ВНС, а третью группу ($n=23$) составили эутоники. Были проведены 2 серии обследований. В первой серии спортсмены выполняли вестибулярную нагрузку на кресле Барани по методике Воячека [10]. Во второй серии за 2-3 минуты перед вестибулярной нагрузкой (ВН) спортсмены выполняли комплекс физических упражнений, направленных на активную тракционно-ротационную миорелаксацию (АТРМ) мышц сегментов C_3 - Th_8 [11] в течение 10-15 мин.

В первой и второй серии обследований до и после воздействия ВН и комплекса АТРМ+ВН с помощью медицинского диагностического комплекса «Сфера-4» проводились спирографические исследования. Определялись следующие показатели: частота дыхания (ЧД), жизненная емкость легких (ЖЕЛ), дыхательный объем (ДО), минутный объем дыхания (МОД), резервный объем вдоха (РОВд), резервный объем выдоха (РОВвд); максимальная вентиляция легких (МВЛ), форсированная жизненная емкость легких (ФЖЕЛ) и объем форсированного выдоха за 1 сек (ОФВ1); индекс Тиффно (ИТ); РД – резерв дыхания; частота сердечных сокращений (ЧСС) и индекс Хильдебранта (ИХ).

Для сравнения показателей использовались методы вариационной статистики, включающие вычисление средней величины признака и ее ошибки, среднего

РЕАКЦИИ РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ...

квадратичного отклонения, показателя статистической значимости различий по Вилкоксоу.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для выявления особенностей реакций спортсменов на ВН и комбинацию АТРМ с ВН в зависимости от их исходного вегетативного тонуса нами проведен анализ данных, полученных по каждой из трех выделенных групп.

Таблица 1.

Изменения показателей спирометрии у спортсменов-ваготоников (n=36) при действии вестибулярной нагрузки ($\bar{x} \pm Sx$)

Показатели	исходный уровень	ВН	Δ %	P
ЧД (вдох/мин)	18.92±3.44	21.52±4.15	13.75	0.0001
ДО (мл)	840.75±368.84	794.97±306.43	-5.44	0.8676
МОД (мл/мин)	15221.03±7390.22	16234.69±6298.64	6.66	0.4047
РОВд (мл)	2137.64±478.41	2139.53±428.75	0.09	0.6171
РОВыд (мл)	773.08±404.53	702.19±371.49	-9.17	0.2433
ЖЕЛ (мл)	4319.83±585.82	4174.42±613.02	-3.37	0.4047
ФЖЕЛ (мл)	4355.56±1046.17	4164.64±703.32	-4.38	0.0910
ОФВ1 (мл)	3717.61±612.18	3595.67±459.71	-3.28	0.2433
ИТ (%)	85.92±11.41	85.97±13.44	0.06	1.0000
МВЛ (л/мин)	84.53±47.34	72.56±43.78	-14.16	0.1336
РД (%)	78.03±11.30	67.50±21.13	-13.49	0.0101
ЧСС (уд/мин)	59.14±5.97	55.31±2.45	-6.48	0.0425
ИХ (%)	3.24±0.72	2.66±0.51	-17.82	0.0000

Примечание: здесь и далее ВН – вестибулярная нагрузка; Δ % – разница между показателями до и после ВН, выраженная в процентах;

У испытуемых с ваготоническим тонусом ВНС под действием ВН происходят следующие изменения показателей: так ЧД возрастает на 13,8% ($p < 0,001$) по сравнению с исходным уровнем (табл.1)

Действие ВН на спортсменов-ваготоников проявлялось, также, в значимом снижении РД - на 13,5% ($p < 0,01$), ЧСС - на 6,5% ($p < 0,05$), ИХ - на 7,8% ($p < 0,001$).

Эффект комбинированного действия АТРМ с ВН у спортсменов-ваготоников проявился в значимом снижении по сравнению с исходным уровнем ЧД - на 14% ($p < 0,001$) (табл. 2). Данные изменения сопровождались повышением ДО на 18,5% ($p < 0,01$), ЖЕЛ - на 4,9% ($p < 0,01$), ФЖЕЛ – на 3,9% ($p < 0,001$), ОФВ1 – на 5,7% ($p < 0,05$), МВЛ – на 62,3% ($p < 0,001$), РД – на 17,0% ($p < 0,001$) и ИХ на 10,9% ($p < 0,05$).

Таблица 2.

Изменения показателей спирометрии у спортсменов-ваготоников (n=36) при влиянии комбинации активной тракционно-ротационной миорелаксации с вестибулярной нагрузкой ($\bar{x} \pm Sx$)

показатели	исходный уровень	АТРМ+ВН	Δ %	P
ЧД (вдох/мин)	20.42±0.80	17.57±0.56	-13.99	0.0001
ДО (мл)	801.58±60.08	950.19±62.50	18.54	0.0015
МОД (мл/мин)	15082.08±1078.29	15310.83±1070.23	1.52	0.8676
РОВд (мл)	2230.89±80.00	2276.64±86.22	2.05	0.0668
РОВыд (мл)	714.58±71.06	795.00±69.18	11.25	0.2433
ЖЕЛ (мл)	4291.78±115.88	4501.47±119.21	4.89	0.0015
ФЖЕЛ (мл)	4129.97±115.75	4289.86±123.73	3.87	0.0005
ОФВ1 (мл)	3521.25±89.98	3722.11±81.37	5.70	0.0303
ИТ (%)	83.06±2.03	83.42±1.30	0.43	0.3768
МВЛ (л/мин)	73.36±6.56	119.03±6.13	62.25	0.0000
РД (%)	73.33±2.09	85.81±1.18	17.01	0.0001
ЧСС (уд/мин)	61.81±1.16	60.33±0.93	-2.38	0.2812
ИХ (%)	3.20±0.14	3.55±0.12	10.88	0.0124

Примечание: здесь и далее АТРМ+ВН – комбинированное воздействие активной тракционно-ротационной миорелаксации с вестибулярной нагрузкой

Сравнительный анализ относительных значений показателей спирометрии у спортсменов-ваготоников при действии вестибулярной нагрузки (первая серия) и ее влиянии при комбинации с активной тракционно-ротационной миорелаксацией (вторая серия) по сравнению с исходным уровнем позволил выявить ряд статистически значимых различий в действии данных факторов.

Так, эффект комбинированного воздействия ВН с АТРМ проявился в нивелировании симпатического влияния и заключался в уменьшении ЧД на 26,4% ($p < 0,001$) (рис. 1). Наряду с этим наблюдалось увеличение ЖЕЛ на 8,0% ($p < 0,05$), ФЖЕЛ – на 6,9% ($p < 0,05$), МВЛ – более чем в 2 раза ($p < 0,001$), РД на 33,9% ($p < 0,001$), РД – на 33,9% ($p < 0,001$) и ИХ – на 30,6% ($p < 0,001$) (рис. 1).

У испытуемых с нормотоническим статусом ВНС выявлено, что при действии ВН увеличились показатели МОД - на 12,9% ($p < 0,05$) и ЧСС – на 6,8% ($p < 0,01$). Действие ВН на спортсменов-нормотоников проявлялось также в значимом увеличении - на 6,8% - ЧСС ($p < 0,01$) (табл. 3).

РЕАКЦИИ РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ...

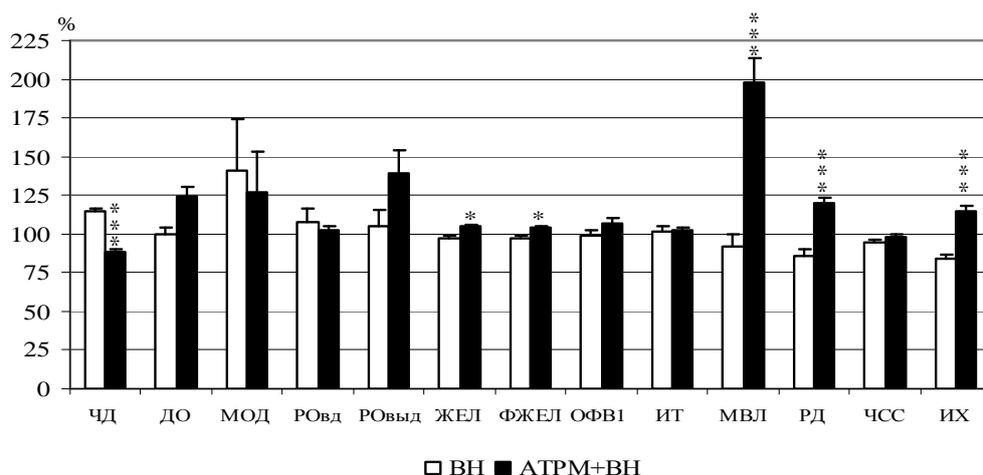


Рис. 1. Изменения показателей спирометрии (%) у спортсменов-ваготоников (n=36) при действии вестибулярной нагрузки (ВН) и ее влиянии при комбинации с активной тракционно-ротационной миорелаксацией (АТРМ+ВН) по сравнению с исходным уровнем.

Примечание: достоверность различий p<0,05, p<0,001 соответственно

Таблица 3.

Изменения показателей спирометрии у спортсменов-нормотоников (n=23) при действии вестибулярной нагрузки (x±Sx)

показатели	исходный уровень	ВН	Δ %	P
ЧД (вдох/мин)	17.64±2.19	18.41±1.55	4.35	0.2109
ДО (мл)	880.22±299.76	883.57±296.98	0.38	0.4042
МОД (мл/мин)	15285.57±4899.99	17252.78±6801.22	12.87	0.0123
РОвд (мл)	2053.17±768.26	2061.17±684.39	0.39	1.0000
РОвыд (мл)	839.52±409.07	743.61±360.73	-11.42	0.4042
ЖЕЛ (мл)	4339.39±547.89	4289.61±574.46	-1.15	1.0000
ФЖЕЛ (мл)	4401.30±1089.54	4222.91±595.64	-4.05	0.0953
ОФВ1 (мл)	3706.96±764.35	3711.04±768.07	0.11	0.4042
ИТ (%)	85.83±14.73	86.87±15.97	1.22	0.8312
МВЛ (л/мин)	60.30±31.32	57.83±31.72	-4.11	0.2109
РД (%)	69.57±15.25	64.83±16.77	-6.81	0.0371
ЧСС (уд/мин)	70.48±4.12	75.26±2.54	6.79	0.0023
ИХ (%)	4.06±0.62	4.12±0.47	1.47	0.6767

Примечание: обозначения такие же, что и в табл. 1.

Эффект сочетанной нагрузки АТРМ с ВН у спортсменов-нормотоников проявился в значимом снижении по сравнению с исходным уровнем ЧСС - на 5,2% (p<0,01) (табл. 4). Данные изменения сопровождались повышением ДО на 17,6% (p<0,01), ЖЕЛ - на 4,5% (p<0,05), МВЛ - на 74,5% (p<0,001) и РД - на 22,4% (p<0,05).

Сравнительный анализ относительных значений показателей спирометрии у спортсменов-нормотоников при действии ВН и ее влиянии при комбинации с АТРМ позволил обнаружить статистически значимые различия по следующим показателям. Эффект комбинированной нагрузки ВН с АТРМ проявился в уменьшении удельного веса ЧСС на 11,9% ($p < 0,001$) и МОД – на 13,9% ($p < 0,05$) (табл. 5).

Наряду с этим наблюдалось увеличение ДО на 19,6% ($p < 0,05$), РОвыд – на 15,5% ($p < 0,05$), ЖЕЛ - на 5,8% ($p < 0,05$), МВЛ – на 92,9% ($p < 0,001$) и РД - на 56,5% ($p < 0,01$) (рис. 2).

Действие ВН на испытуемых с симпатотоническим тонусом ВНС заключалось в изменениях на уровне тенденций. Так, отмечено увеличение ЧД на 12,3%, ($p = 0,055$), ЧСС – на 4,5% ($p = 0,055$), Ровд – на 10,2% ($p = 0,08$). Эффект сочетанной нагрузки АТРМ с ВН у спортсменов-симпатотоников проявился в значимом снижении по сравнению с исходным уровнем ИТ - на 6,3% ($p < 0,05$) и ЧСС на 5,0% ($p < 0,05$) (табл.6).

Таблица 4.

Изменения показателей спирометрии у спортсменов-нормотоников (n=23) при влиянии комбинации активной тракционно-ротационной миорелаксации с вестибулярной нагрузкой ($\bar{x} \pm Sx$)

Показатели	исходный уровень	АТРМ+ВН	Δ %	P
ЧД (вдох/мин)	18.24±0.65	17.75±0.22	-2.64	1.0000
ДО (мл)	962.87±77.00	1132.22±80.68	17.59	0.0035
МОД (мл/мин)	17381.09±1365.79	16195.83±991.50	-6.82	0.2109
Ровд (мл)	2127.48±115.77	2019.52±126.97	-5.07	0.4042
РОвыд (мл)	724.04±84.56	789.70±71.49	9.07	0.4042
ЖЕЛ (мл)	4328.65±123.02	4524.61±114.66	4.53	0.0123
ФЖЕЛ (мл)	4296.83±159.32	4456.13±137.57	3.71	0.0953
ОФВ1 (мл)	3843.83±141.17	4027.09±100.66	4.77	0.2109
ИТ (%)	89.30±2.60	89.17±4.09	-0.15	0.4042
МВЛ (л/мин)	59.74±5.51	104.22±10.12	74.45	0.0008
РД (%)	65.78±4.01	80.52±2.06	22.41	0.0190
ЧСС (уд/мин)	72.35±2.05	68.61±1.57	-5.17	0.0014
ИХ (%)	4.10±0.20	3.88±0.11	-5.29	1.0000

Примечание: обозначения такие же, что и в табл. 2.

Таблица 5.

Изменения показателей спирометрии у спортсменов-нормотоников (n=23) при действии вестибулярной нагрузки и при комбинации активной тракционно-ротационной миорелаксации с вестибулярной нагрузкой по сравнению с исходным уровнем ($\bar{x} \pm S_x$)

	ВН	АТРМ + ВН	Δ %	P
ЧД (вдох/мин)	105,28±2,25	100,15±3,81	-5,12	0,095293
ДО (мл)	102,60±4,36	122,17±5,39	19,58	0,012343
МОД (мл/мин)	112,53±4,54	98,60±5,05	-13,93	0,037056
РОВд (мл)	111,19±12,66	95,02±3,42	-16,17	0,404249
РОВыд (мл)	111,06±22,92	126,59±13,60	15,53	0,037056
ЖЕЛ (мл)	99,05±1,58	104,83±1,07	5,77	0,037056
ФЖЕЛ (мл)	97,92±2,28	106,11±5,14	8,19	0,404249
ОФВ1 (%)	101,49±3,63	107,30±4,89	5,81	1,000000
ИТ (%)	103,04±4,05	100,95±4,99	-2,09	0,676657
МВЛ (л/мин)	104,47±10,58	197,36±22,61	92,89	0,000849
РД (%)	95,23±5,46	151,77±28,38	56,54	0,003509
ЧСС (уд/мин)	107,17±1,63	95,28±1,06	-11,89	0,000004
ИХ (%)	103,12±3,25	98,40±4,27	-4,72	0,210903

Примечание: обозначения такие же, что и в табл. 2.

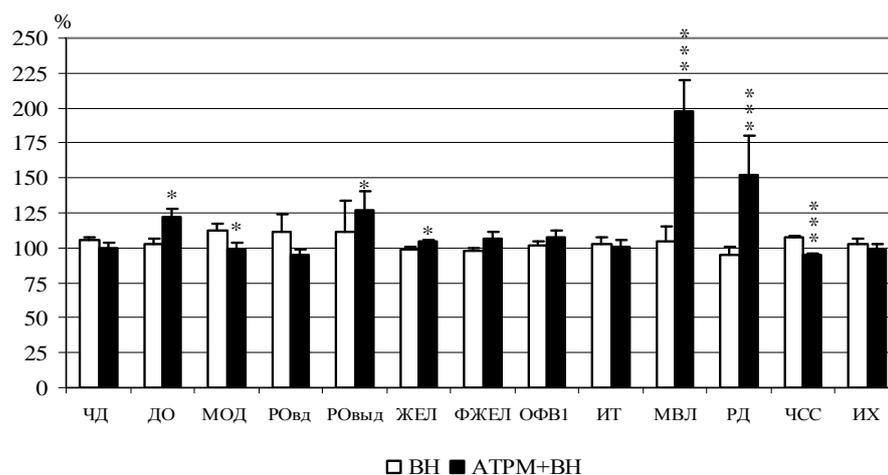


Рис. 2. Изменения показателей спирометрии (%) у спортсменов-нормотоников (n=23) при действии вестибулярной нагрузки (ВН) и ее влиянии при комбинации с активной тракционно-ротационной миорелаксацией (АТРМ + ВН) по сравнению с исходным уровнем.

Примечание: *,*** – достоверность различий $p < 0,05$, $p < 0,001$ соответственно

Таблица 6.

**Изменения показателей спирометрии у спортсменов-симпатотоников
(n=22) при действии вестибулярной нагрузки ($\bar{x} \pm Sx$)**

показатели	исходный уровень	ВН	Δ %	P
ЧД (вдох/мин)	17.34±2.80	19.47±3.88	12.25	0.0550
ДО (мл)	701.41±227.88	675.68±207.03	-3.67	0.8312
МОД (мл/мин)	12068.00±4426.68	13263.00±5612.33	9.90	0.2864
РОВд (мл)	1831.09±478.20	2017.05±491.62	10.16	0.0809
РОВвд (мл)	802.73±303.15	923.82±284.52	15.08	0.5224
ЖЕЛ (мл)	4030.68±592.43	4000.50±566.88	-0.75	0.5224
ФЖЕЛ (мл)	3771.09±621.58	3680.77±852.29	-2.40	0.8312
ОФВ1 (мл)	3571.23±514.69	3522.05±616.47	-1.38	0.8312
ИТ (%)	88.09±7.65	86.14±11.68	-2.22	0.8312
МВЛ (л/мин)	44.50±13.26	47.09±23.03	5.82	0.8231
РД (%)	69.77±16.86	65.27±20.07	-6.45	0.8231
ЧСС (уд/мин)	77.45±4.16	80.95±5.27	4.52	0.0550
ИХ (%)	4.57±0.70	4.33±0.95	-5.19	0.5224

Примечание: обозначения такие же, что и в табл. 1.

Данные изменения сопровождались повышением РО выд - на 11,1% ($p < 0,05$), ЖЕЛ - на 6,3% ($p < 0,001$).

В результате сравнения эффектов комбинированного действия АТРМ с ВН и ВН выявлено: уменьшение удельного веса ЧСС - на 9,5% ($p < 0,001$), ИТ - на 3,9% тенденции ($p < 0,05$) и увеличение показателя ЖЕЛ - на 6,8% ($p < 0,001$) и РД - на 23,9% ($p = 0,055$) (табл.7).

Наряду с этим наблюдалось увеличение ДО на 19,6% ($p < 0,05$), РОВвд - на 15,5% ($p < 0,05$), ЖЕЛ - на 5,8% ($p < 0,05$), МВЛ - на 92,9% ($p < 0,001$) и РД на 56,5% ($p < 0,01$).

Сравнительный анализ показателей спирометрии у спортсменов-симпатотоников при действии вестибулярной нагрузки (ВН) и ее влиянии при комбинации с активной тракционно-ротационной миорелаксацией (АТРМ + ВН) по сравнению с исходным уровнем позволил выявить ряд статистически значимых различий в действии данных факторов. Так, эффект комбинированного воздействия АТРМ с ВН проявился в нивелировании симпатического влияния и заключался в уменьшении ЧД на 26,4% ($p < 0,001$) (табл.8).

Наряду с этим наблюдалось увеличение ЖЕЛ на 8,0% ($p < 0,05$), ФЖЕЛ - на 6,9% ($p < 0,05$), МВЛ - более чем в 2 раза ($p < 0,001$), РД - на 33,9%, РД - на 33,9% ($p < 0,001$) и ИХ - на 30,6% ($p < 0,001$) (рис.3).

Таблица 7.

Изменения показателей спирометрии у спортсменов-симпатотоников (n=22) при влиянии комбинации активной тракционно-ротационной миорелаксации с вестибулярной нагрузкой ($\bar{x} \pm S_x$)

	исходный уровень	АТРМ + ВН	Δ %	P
ЧД (вдох/мин)	17.97 \pm 0.64	18.53 \pm 0.28	3.17	0.8312
ДО (мл)	661.91 \pm 43.14	696.91 \pm 47.78	5.29	0.1356
МОД (мл/мин)	11311.64 \pm 1004.12	10629.86 \pm 591.12	-6.03	0.5224
РОВд (мл)	1957.23 \pm 114.98	1982.32 \pm 130.28	1.28	0.5224
РОВыд (мл)	812.05 \pm 54.00	901.86 \pm 68.56	11.06	0.0190
ЖЕЛ (мл)	3928.05 \pm 109.10	4175.77 \pm 122.52	6.31	0.0001
ФЖЕЛ (мл)	3815.91 \pm 146.34	3792.09 \pm 149.87	-0.62	0.8312
ОФВ1 (мл)	3607.68 \pm 117.41	3589.73 \pm 122.42	-0.50	0.8312
ИТ (%)	91.95 \pm 2.12	86.18 \pm 1.57	-6.28	0.0190
МВЛ (л/мин)	47.95 \pm 3.05	53.14 \pm 3.20	10.81	0.3827
РД (%)	72.09 \pm 3.30	78.18 \pm 1.95	8.45	0.6625
ЧСС (уд/мин)	77.86 \pm 0.80	74.00 \pm 0.73	-4.96	0.0139
ИХ (%)	4.45 \pm 0.17	4.01 \pm 0.07	-9.96	0.2864

Примечание: обозначения такие же, что и в табл.2.

Анализ данных с учетом исходного уровня вегетативного тонуса позволил выявить ряд особенностей реагирования спортсменов как на ВН, так и на комбинированное действие АТРМ с ВН.

Обращает на себя внимание наиболее (по сравнению с другими группами) выраженная степень негативного действия ВН на ФВД спортсменов-ваготоников. Воздействие ВН, в данном случае, привело к явному рассогласованию в деятельности висцеральных систем, которое проявляется в значительном уменьшении ИХ. Очевидно, данное изменение является причиной снижения резервных возможностей дыхания (РД) и увеличения ЧД, которые сопровождались тенденцией к уменьшению ФЖЕЛ. Данные изменения негативно влияют на эффективность дыхания и, учитывая снижение ЧСС, являются результатом активации парасимпатического отдела ВНС [12].

Комбинированное действие АТРМ с ВН на ФВН спортсменов-ваготоников, в основном, проявляется противоположным образом. Следует отметить, что наблюдаемое существенное нивелирование ваготонических эффектов ВН проявлялось в улучшении согласованности отделов ВНС (рост ИХ), что сопровождалось стабильностью ЧСС. Очевидно, вследствие этого у спортсменов по сравнению с исходным уровнем, несмотря на действие ВН, происходило существенное снижение ЧД при практически неизменном уровне МОД. На рост эффективности ВД указывает, также, рост ЖЕЛ, ФЖЕЛ, МВЛ и РД [13].

Таблица 8.

Изменения показателей спирометрии у спортсменов-симпатотоников (n=22) при действии вестибулярной нагрузки (ВН) и ее влиянии при комбинации с активной тракционно-ротационной миорелаксацией (АТРМ+ВН) по сравнению с исходным уровнем (%)

	ВН	АТРМ+ВН	Δ %	P
ЧД (вдох/мин)	112,26±2,98	105,68±3,86	-6,58	0,2864
ДО (мл)	99,60±4,27	107,49±5,35	7,89	0,2864
МОД (мл/мин)	110,66±4,96	140,32±48,02	29,67	0,8312
Ровд (мл)	114,50±7,47	102,11±4,62	-12,39	0,8312
Ровыд (мл)	130,86±14,79	123,67±12,41	-7,19	0,8312
ЖЕЛ (мл)	99,56±1,60	106,31±1,29	6,75	0,0190
ФЖЕЛ (мл)	96,91±2,54	99,61±1,69	2,71	0,8312
ОФВ1 (%)	98,39±1,54	99,60±1,38	1,21	0,8312
ИТ (%)	98,18±2,91	94,23±1,73	-3,94	0,0550
МВЛ (л/мин)	114,00±14,68	122,53±10,84	8,53	1,0000
РД (%)	94,86±5,91	118,77±12,86	23,91	0,0550
ЧСС (уд/мин)	104,66±1,45	95,17±1,05	-9,50	0,0003
ИХ (%)	94,82±3,10	92,45±3,30	-2,37	0,5224

Примечание: обозначения такие же, что и в табл. 2.

В меньшей степени и качественно иное, чем у ваготоников, проявилось влияние ВН на спортсменов-нормотоников. Так, под действием ВН, в отличие от ваготоников, у них увеличивалась ЧСС. Неглубокое дыхание сопровождалось ростом показателя МОД (альвеолярная гиповентиляция) и снижением резервных возможностей дыхания (РД). В данном случае (исходя из динамики показателей) данную реакцию можно отнести к симпатотонической [14].

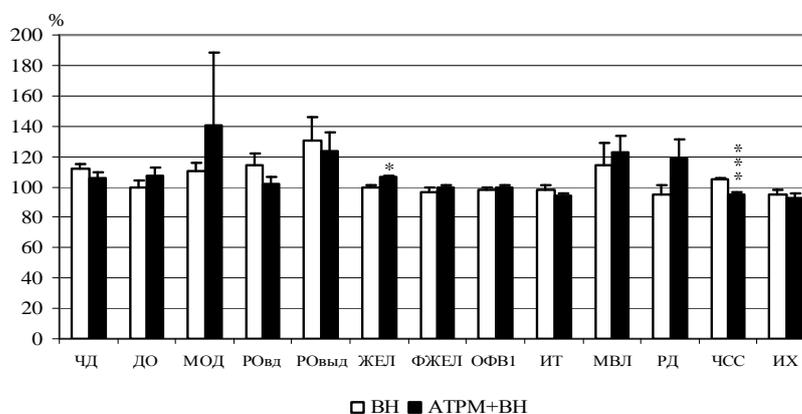


Рис.3. Изменения показателей спирометрии у спортсменов-симпатотоников (n=22) при действии вестибулярной нагрузки (ВН) и ее влиянии при комбинации с активной тракционно-ротационной миорелаксацией (АТРМ+ВН) по сравнению с исходным уровнем (%).

Примечание: *,*** – достоверность различий $p < 0,05$, $p < 0,001$ соответственно

Особенностью реакции аппарата ВД на комбинированное действие АТРМ и ВН у спортсменов-нормотоников явилась стабильность согласованности отделов ВНС. У спортсменов, по сравнению с исходным уровнем, несмотря на действие ВН происходило снижение ЧСС. Нивелирование ваготонических эффектов ВН проявлялось, также, в увеличении ЖЕЛ, ДО, МВЛ, РД, что указывает на рост эффективности ВД. Для группы нормотоников характерна сбалансированная вегетативная регуляция с относительно невысоким тонусом обоих отделов ВНС. При этом снижение вагусного тонуса у нормотоников происходит не столько за счет повышения симпатического тонуса, сколько за счет усиления напряжения интегративных регуляторных центров, которые, так же как и у симпатотоников, вовлекаются в процессы автономной саморегуляции. Такие особенности вегетативного реагирования обуславливают некоторое снижение функциональных резервов организма и повышенное напряжение регуляторных механизмов, что может несколько снизить адаптивные возможности организма [15].

Неожиданной явилась реакция аппарата ВД спортсменов-симпатотоников на ВН. Действие ВН проявлялось лишь в тенденциях к росту ЧСС, ЧД и Ровд. Данный факт следует рассматривать как специфическую особенность ФВД симпатотоников реагирования на стресс, связанный с ВН. При этом, наблюдаемую стабильность показателей ВД, по нашему мнению, не следует рассматривать как отсутствие негативного влияния ВН на работу ВНС и, соответственно, исключать необходимость коррекции ее функционирования. В пользу данного вывода указывает связанный с действием АТРМ рост эффективности газообмена и, в частности, улучшение возможностей дыхательных мышц и способности управления ими (судя по динамике показателей РОвыд, ЖЕЛ, ИТ), которые сопровождалась снижением ЧСС.

Наблюдаемая индифферентность симпатотоников по отношению к ВН, обусловлена, по нашему мнению, высоким уровнем активности симпатической нервной системы, который ведет к подавлению вагусных влияний. Более того, даже в состоянии покоя у симпатотоников в автономные процессы саморегуляции активно вовлечены высшие интегративные регуляторные центры – гипоталамус и кора больших полушарий [16]. В целом можно заключить, что для симпатотоников характерно состояние напряжения нейрогуморальных механизмов саморегуляции, сопровождающееся мобилизацией функциональных ресурсов и нестабильностью показателей гомеостаза, что приводит к снижению запаса функциональных резервов и существенно сужает диапазон возможных адаптивных реакций. Такие особенности вегетативного баланса в определенной степени обуславливают и особенности реакций на АТРМ.

Таким образом, направленность реагирования организма спортсменов на ВН определяется исходным состоянием нейровегетативной регуляции, в основе которой лежат характерные различия в состоянии ЦНС и нейрогуморальной регуляции, стрессактивирующих и стресслимитирующих систем, кислородтранспортной функции крови и принципиально разные «функционально-метаболические портреты».

ВЫВОДЫ

1. Вестибулярная нагрузка негативно влияет на эффективность внешнего дыхания спортсменов-единоборцев с различным исходным статусом вегетативной нервной системы. Это проявляется в увеличении МОД и ЧД, а так же снижением показателей ФЖЕЛ, МВЛ, РД и ИХ.
2. Наиболее выраженный эффект влияния вестибулярной нагрузки отмечается у спортсменов-ваготоников, наименее выраженный – у спортсменов-симпатотоников.
3. Комбинированное воздействие активной тракционно-ротационной миорелаксации и вестибулярной нагрузки статистически значимо улучшает показатели внешнего дыхания путем улучшения согласованности работы вегетативной нервной системы, что проявляется в снижении ЧД, сопровождающееся практически неизменным уровнем МОД, а так же ростом показателей ОФВ1, МВЛ и РД, ЖЕЛ, ФЖЕЛ.

Список литературы

1. Агаджанян Н.А. Основы физиологии человека / Агаджанян Н.А., Власова И.Г., Ермаков И.В., Торшин В.И. - М.: РУДН, 2001.- 408с.
2. Карпман В.Л. Тестирование в спортивной медицине / Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. - М.: Физкультура и спорт, 1988. - 208 с.
3. Дембо А.Г., Шапкайтц Ю.М. Заболевания и повреждения при занятиях спортом / А.Г. Дембо, Ю.М. Шапкайтц - Л.: Медицина, 1991. - 336 с.
4. Журавлева А.И. Спортивная медицина и лечебная физкультура: руководство для врачей / А.И. Журавлева, Н.Д. Граевская. - М.: Медицина, 1993. - 432 с.
5. Высочин Ю.В. Современные представления о физиологических механизмах срочной адаптации организма спортсменов к воздействиям физических нагрузок / Ю.В. Высочин, Ю.П. Денисенко // Теория и практика физической культуры. - 2002. - № 7. - С. 2-6.
6. Денисенко Ю.П. Миорелаксация в системе подготовки футболистов: Автореф. дис. На соискание степени д-ра биол. Наук: спец. 14.00.51. - М., 2007.- 48 с.
7. Мельниченко Е. В. Миовисцеральная рефлекторная коррекция вестибулярных реакций сердечнососудистой системы у спортсменов / Мельниченко Е.В., Тарабрина Н.Ю., Пархоменко А.И. // Таврический медико-биологический вестник. – 2010. – Т. 13, № 3(51). – С. 133–136.
8. Мишин Н.П. Рефлекторные эффекты миорелаксации у спортсменов и лиц, не занимающихся спортом / Мишин Н.П. // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. - Т.22(61), № 4. - С.95-105.
9. Вейн А.М. (ред). Вегетативные расстройства: клиника, диагностика, лечение./ Вейн А.М. – М.:ОО Медицинское информационное агентство, 2003. – С. 30.
10. Курашвили А.Е. Некоторые вопросы физиологии вестибулярного аппарата / А.Е. Курашвили, В.И. Бабияк // Вестник оториноларингологии – 1973. - №2. – С. 3-10.
11. А.с № 35011 от 16.09.2010 Мельниченко О.В., Тарабрина Н.Ю."Методика підвищення координаційних здатностей у спортсменів в умовах вестибулярних навантажень".
12. Ванюшин Ю.С., Ситдигов Ф.Г. Комплексная оценка сердечнососудистой и дыхательной систем при нагрузках повышающейся мощности / Ю.С. Ванюшин, Ф.Г. Ситдигов // Казан. мед. журнал. - 1999. - Т. 80, № 3. - С. 187-189.
13. Brandt T. Medical treatment of vestibular disorders / Brandt T., Zwergal A., Strupp M. // Expert Opinion on Pharmacotherapy. – 2009. - Vol. 10, No. 10 - P. 1537-1548.
14. Янов Ю.К. Методология теории самоорганизации в развитии представлений о физиологических механизмах вестибулярных реакций / Ю.К. Янов, К.В. Герасимов // Успехи физиологических наук. - 2000. - Т. 31 (2). - С. 79-88.

15. Клочков А.М. Вестибуло-сенсорная чувствительность и закономерности адаптации / А.М. Клочков, Л.А. Елкина, Л.А. Китаев-Смык / Соматосенсорная и кинестетическая чувствительность в норме и патологии: тезисы докл. - Иркутск, 1985. - С. 71-72.
16. Плеханов Г.Ф. Зависимость реакции биосистемы на раздражитель от ее исходного значения / Плеханов Г.Ф., Васильев Н.В., Козлова Т.И. // Бюл. Сиб. отд. АМН СССР. – 1989. – № 2. – С. 83–86.

Тарабріна Н.Ю. Реакції респіраторної системи спортсменів на дію міовісцеральної рефлексорної корекції вестибулярних реакцій з врахуванням вихідного вегетативного тону / Н.Ю. Тарабріна., О.Ю. Грабовська // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 303-315.

Вивчена можливість вживання активної тракційно-ротаційної міорелаксації, як засіб корекції негативного впливу вестибулярного навантаження на показники зовнішнього дихання спортсменів з різним вихідним вегетативним тонусом. Показано, що комбінована дія активної тракційно-ротаційної міорелаксації та вестибулярного навантаження статистично значимо покращує показники зовнішнього дихання спортсменів-сдиноборців з різним вихідним вегетативним тонусом.

Ключові слова: респіраторна система, вестибулярне навантаження, м'язовий тонус, вегетативний статус.

Tarabrina N.Yu. Respiratory system response to the miovisceral reflexive correction of vestibular reactions of the athletes considering initial vegetative tone / N.Yu. Tarabrina, E.Yu. Grabovskaya // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 303-315.

The possibility of the application of the active traction rotation miorelaxation as an instrument of correction of negative influence of the vestibular load on the characteristics of the external breathing of the athletes with different initial vegetative tone has been studied. It is shown that combined influence of active traction rotation miorelaxation and vestibular load as statistics show significantly improves characteristics of the external breathing of the wrestlers with different initial vegetative tone.

Keywords: respiratory system, vestibular load, muscle tone, vegetative status.

Поступила в редакцію 15.10.2011 г.

УДК 594:537.312.8

РЕАКЦИИ МОЛЛЮСКОВ *HELIX ALBESCENS* НА ДЕЙСТВИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Темурьянц Н.А., Чуян Е.Н., Костюк А.С., Туманянц К.Н., Туманянц Е.Н.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: timur328@gmail.com*

Исследовано влияние низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на параметры ноцицептивной чувствительности моллюсков *Helix albescens*. Показано, что ЭМИ КВЧ оказывает выраженное антиноцицептивное действие, в регуляции механизмов которого важное значение играет опиоидная система, роль которой на разных этапах воздействия ЭМИ КВЧ неодинакова.

Ключевые слова: электромагнитное излучение крайне высокой частоты, ноцицептивная чувствительность, опиоидная система, моллюски.

ВВЕДЕНИЕ

Низкоинтенсивное электромагнитное излучение (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ) все шире применяется для лечения различных заболеваний. Это связано с его выраженным противовоспалительным, антистрессорным, иммуномодифицирующим, анальгетическим и т.д. свойствами [1, 2]. Однако до сих пор плохо изученными остаются зависимость этих эффектов от параметров излучения, а также механизмы его действия.

Анальгетический эффект ЭМИ КВЧ отмечен практически во всех клинических наблюдениях [3–5]. В экспериментах на животных также была обнаружена способность ЭМИ КВЧ снижать острую и хроническую боль у мышей [6–8] после его однократного воздействия, а также при курсовом 10-тикратном применении [9]. При более длительных воздействиях исследований не проводилось. Между тем выяснения зависимости выраженности анальгетического эффекта ЭМИ КВЧ от продолжительности имеет важное значение для оптимизации его применения в клинике.

А.Н. Frey (1993) [10] впервые высказал предположение о том, что в реакцию организма на действие электромагнитных факторов вовлечена опиоидная система, активность которой адекватно характеризует состояние ноцицептивной чувствительности. Показано, что электромагнитное поле (ЭМП) может изменять как экзогенную опиоидную (морфининдуцированную), так и эндогенную (энкефалиновую) анальгезию у многих животных и у человека [2, 6, 11].

Однако способность этих излучений вызывать изменения ноцицептивной чувствительности у беспозвоночных, и в частности у моллюсков, не исследованы.

Между тем, использование беспозвоночных животных в экспериментах отвечает всем этическим требованиям и позволяет расширить представления о биологической активности различных факторов.

В связи с изложенным, целью исследования явилось изучение роли опиоидной системы в механизмах продолжительного действия ЭМИ КВЧ на моллюсках *Helix albescens*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты выполнены на наземных брюхоногих моллюсках *Helix albescens*, широко распространенных на территории Крымского полуострова и применяемых в экспериментах для выявления биологической активности разнообразных экологических факторов. В эксперименте использовались половозрелые животные, одинаковые по массе и размерам.

В первой серии экспериментов, проводимых с целью изучения влияния ЭМИ КВЧ на ноцицепцию, экспериментальных животных делили на три равноценные группы по 20 особей в каждой. Моллюски первой (контрольной) группы (К) находились в стандартных лабораторных условиях при температуре воздуха $22\pm 2^\circ\text{C}$ и продолжительности фаз свет-темнота (L:D) 1:23 ч. Вторая группа животных (КВЧ) ежедневно в течение 21 суток 30 минут подвергалась воздействию ЭМИ КВЧ. Моллюсков третьей группы подвергали «мнимому» воздействию ЭМИ КВЧ («плацебо») такой же продолжительности.

Во второй серии экспериментов изучалась роль опиоидной системы в механизмах действия ЭМИ КВЧ. В этой серии каждая из групп моллюсков была разделена на две подгруппы по 20 особей в каждой: животным одной подгруппы в переднюю долю нижней поверхности подошвы вводился антагонист опиоидных рецепторов – налоксон в дозе 5 мг/кг веса животного, второй – эквивалентный объем физиологического раствора (0,9% раствора NaCl). Налоксон и физиологический раствор вводились в одно и то же время за 15 минут до экспериментального воздействия.

Налоксон является (-)N-Аллил-14-оксинордигидроморфинон, или (-)-17-аллил-4,5-эпокси 3,14-дигидроксиморфинан-6-он гидрохлорида дигидратом, принадлежащим к группе неселективных блокаторов всех субтипов опиоидных рецепторов, устраняет центральное и периферическое действие опиоидов, включая эндогенные эндорфины, проникает через гематоэнцефалический и плацентарный барьеры. После парентерального введения налоксон быстро распределяется по организму, период его полувыведения во взрослом организме составляет от 30 до 81 минуты (в среднем 64 ± 12 минуты [12]).

В качестве источника ЭМИ КВЧ использовали генератор «Явь-1» (длина волны 7,1 мм; плотность потока мощности 10 мВт/см^2). Во время воздействия ЭМИ КВЧ моллюски находились в затемненных условиях в стеклянных аквариумах, к низу которых подводился рупор генератора, при этом животные находились в зоне рупора, то есть воздействие осуществлялось на всю подошву.

Все исследования были проведены с соблюдением принципов двойного слепого эксперимента.

О состоянии ноцицепции животных судили по порогу (П) и латентному периоду (ЛП) реакции избегания (РИ) в тесте «горячая пластинка». Подробное описание экспериментальной установки для определения параметров ноцицептивной чувствительности, используемой в настоящем исследовании, представлено в наших предыдущих работах [13]. Регистрацию показателей РИ проводили у каждого животного ежедневно после очередного воздействия электромагнитного фактора в интервале 11:00–13:00 ч в течение 21 дня.

Эффект воздействия ЭМИ КВЧ на параметры ноцицептивной чувствительности оценивался по коэффициенту эффективности ($K_{ЭМИ\ КВЧ}$) [14]. Каждое из измеряемых значений $K_{ЭМИ\ КВЧ}$ как в опыте ($K_{ЭМИ\ КВЧ}$), так и в контроле (K_K) являлось результатом усреднения данных измерения на 20 животных:

$$K_{ЭМИ\ КВЧ} = \frac{(K_{ЭМИ\ КВЧ} - K_K) \pm (\sigma_{ЭМИ\ КВЧ} + \sigma_K)}{(K_K \pm \sigma_K)} \cdot 100\% ,$$

где $K_{ЭМИ\ КВЧ}$ – коэффициент эффективности ЭМИ КВЧ, $K_{ЭМИ\ КВЧ}$ – параметры ноцицептивной чувствительности при действии ЭМИ КВЧ, K_K – параметры ноцицепции в контрольной группе животных, $\sigma_{ЭМИ\ КВЧ}$ и σ_K – среднеквадратические отклонения измерений в группе ЭМИ КВЧ и у интактных животных соответственно.

Таким образом, отрицательные значения $K_{ЭМИ\ КВЧ}$ свидетельствовали о развитии состояния относительной гипералгезии (значения П и ЛП ниже, чем в группе контроля), а положительные – о состоянии гипоалгезии.

Эффект влияния налоксона на параметры ноцицептивной чувствительности оценивался по коэффициенту эффективности налоксона ($K_{Эн}$). Каждое из измеряемых значений $K_{Эн}$ как в опыте (K_3), так и в контроле (K_K) являлось результатом усреднения данных измерения на 20 животных:

$$K_{Эн} = \frac{(K_3 - K_K) \pm (\sigma_3 + \sigma_K)}{(K_K \pm \sigma_K)} \cdot 100\% ,$$

где $K_{Эн}$ – коэффициент эффективности налоксона, K_3 – параметры ноцицептивной чувствительности в соответствующей экспериментальной группе при дополнительном введении налоксона, K_K – параметры ноцицепции в контрольной группе животных, σ_3 и σ_K – среднеквадратические отклонения измерений в опыте и контроле соответственно.

Для оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали *t*-критерий Стьюдента. Оценивалась достоверность различий показателей ноцицептивной чувствительности между группами (p_1), а также между исходными значениями и данными, полученными в каждом дне эксперимента в пределах групп (p_2). Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с

применением программы «Microsoft Excel» и программного пакета «STATISTICA – 6.0» [15, 16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ динамики параметров ноцицепции у интактных моллюсков *Helix albescens* выявил их нерезко выраженные колебания. П изменялся от $30,39 \pm 0,12^\circ\text{C}$ до $30,69 \pm 0,12^\circ\text{C}$; ЛП от $9,71 \pm 0,18$ с до $10,16 \pm 0,19$ с.

Изменения параметров ноцицептивной чувствительности моллюсков, подвергнутых 30-минутному действию ЭМИ КВЧ, существенно отличались от таковой в группах интактных животных и животных «плацебо». Показатели П и ЛП РИ в данной экспериментальной группе варьировали от $30,28^\circ\text{C}$ до $31,86^\circ\text{C}$ и от 9,53 с до 11,93 с соответственно.

В течение первых-третьих суток наблюдения П и ЛП РИ особей данной группы недостоверно снижался относительно исходного уровня данных, достигая минимального значения на второй-третий дни – $30,28 \pm 0,08^\circ\text{C}$ и $9,53 \pm 0,21$ с соответственно. $KЭ_{ЭМИ\ КВЧ}$ в этот период снижался до -3,47%, что соответствует развитию гипералгезии. Но уже после четвертого воздействия начинается прогрессирующее возрастание $KЭ_{ЭМИ\ КВЧ}$ до 17,38% на 16 сутки ($p_2 < 0,001$). Такая его динамика характеризует развитие гипоалгетического эффекта (рис. 1). На этом уровне он остается в различных сериях экспериментов в течение трех-четырех дней, а затем медленно снижается и на 20, 21 сутки практически не отличается от исходных значений.

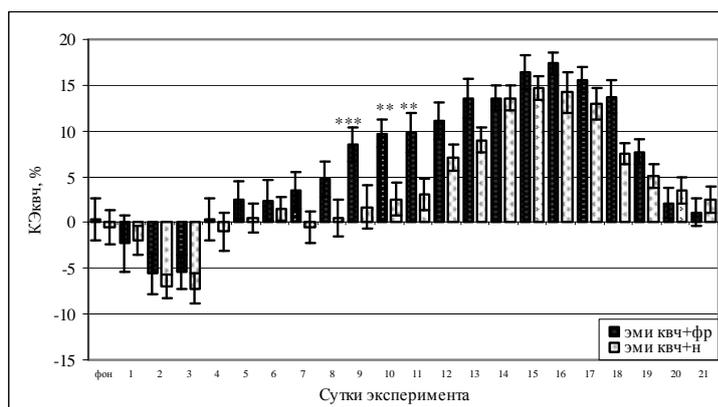


Рис. 1. Динамика ($\bar{x} \pm S\bar{x}$) коэффициента эффективности ЭМИ КВЧ при предварительном введении налоксона (ЭМИ КВЧ+н) или физиологического раствора (ЭМИ КВЧ+фр).

Примечание: * – достоверность различий между КЭ у моллюсков, подвергнутых действию ЭМИ КВЧ, при предварительном введении ФР и Н; ** – ($p_1 < 0,01$), *** – ($p_1 < 0,05$).

Таким образом, изменения ноцицепции при действии ЭМИ КВЧ носят фазный характер: первая кратковременная (первые-третьи сутки) фаза гипералгезии сменяется развитием гипоалгетического эффекта, который достигает максимума на 16 сутки, а затем параметры ноцицепции снижаются до исходного уровня. Начальное увеличение чувствительности к термическому стимулу под влиянием ЭМИ КВЧ обнаружено нами впервые. Как свидетельствуют данные литературы [14] и результаты собственных ранее проведенных исследований [17, 18], электромагнитные излучения и других частотных диапазонов после первых воздействий вызывают гипералгетический эффект. Наиболее ярко этот эффект выражен при электромагнитном экранировании [19]. Стадии гипералгезии при воздействии ЭМИ КВЧ, по-видимому, соответствует обострение болевого синдрома, имеющего место при КВЧ-терапии.

Как показали проведенные исследования, в механизмах этого действия важную роль играет опиоидная система.

Ежедневная инъекция налоксона интактным животным в течение 21-суточного эксперимента приводит к разнонаправленным изменениям в различные дни исследования показателей ноцицептивной чувствительности моллюсков относительно животных, которым вводился физиологический раствор в эквивалентном объеме (рис. 2). Однако эти изменения во все сроки наблюдения были недостоверны.

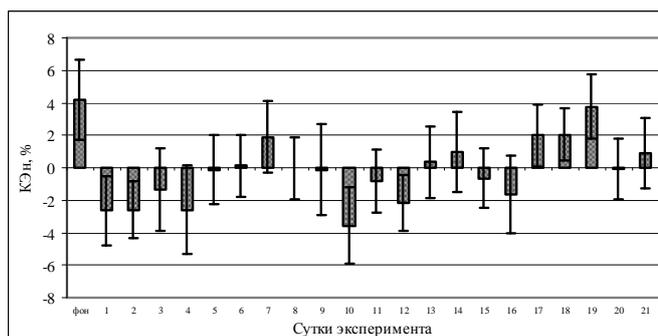


Рис. 2. Динамика ($\bar{x} \pm S\bar{x}$) коэффициента эффективности налоксона у интактных моллюсков.

У моллюсков, которым перед каждым воздействием ЭМИ КВЧ вводили неселективный блокатор опиоидных рецепторов налоксон, отмечены фазные изменения ноцицепции, но они были гораздо менее выражены по сравнению с изменениями, вызываемыми только ЭМИ КВЧ.

В течение первых-третьих суток эксперимента снижение $KЭ_{ЭМИ\ КВЧ+Н}$ у животных этой группы было выражено больше (до -6,1%), чем у интактных моллюсков и животных, которым вводился физиологический раствор, хотя эти изменения были недостоверны, т.е. начальная фаза гипералгезии при введении налоксона более выражена. В эту стадию зарегистрированы близкие к нулю $KЭ_n$ (рис. 3), т.е. гипералгетический эффект может быть связан не только с опиоидной системой.

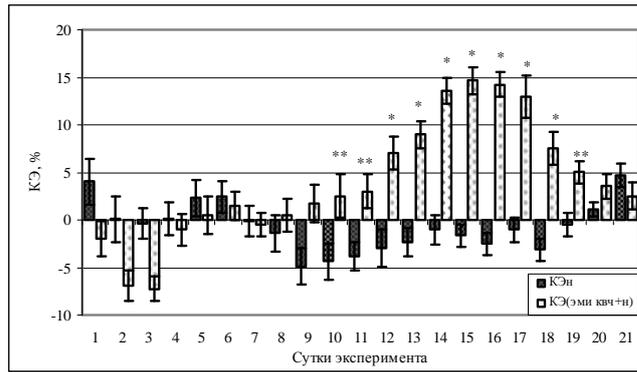


Рис 3. Динамика ($\bar{x} \pm S\bar{x}$) коэффициента эффективности (%) налоксона и коэффициента эффективности (%) ЭМИ КВЧ при предварительном введении налоксона ($KЭ_{эмн\ квч+н}$).

Примечание: * – достоверность различий между $KЭ_н$ и $KЭ_{эмн\ квч+н}$; * – ($p_1 < 0,001$), ** – ($p_1 < 0,01$), *** – ($p_1 < 0,05$).

С четвертых по восьмые сутки $KЭ_{эмн\ квч}$ постепенно нарастал, т.е. развивался гипоалгетический эффект, однако, введение налоксона полностью ингибировало этот процесс, что свидетельствует о полной опиоидобусловленности гипоалгетического эффекта ЭМИ КВЧ в этот период. С девятых суток эксперимента гипоалгетический эффект ЭМИ КВЧ под влиянием налоксона начинает только редуцироваться, а не аннулироваться. При постепенном возрастании этого эффекта до 16 суток $KЭ_н$ прогрессивно снижается, т.е. роль последнего в снижении гипоалгезии прогрессивно уменьшается, приближаясь к нулю, и, начиная с 14 суток, $KЭ_{эмн\ квч}$ сравниваемых групп не отличается друг от друга. Таким образом, в эти сроки опиоиды не участвуют в развитии гипоалгетического эффекта ЭМИ КВЧ.

Следовательно, степень снижения антиноцицептивного эффекта ЭМИ КВЧ налоксоном существенно зависит от продолжительности воздействия: с увеличением числа воздействий ЭМИ КВЧ налоксон оказывает все менее выраженное действие. Такое явление было обнаружено A.W. Thomas et al. (1997) [20] при изучении роли налоксона, а также специфических блокаторов опиоидных рецепторов в антиноцицептивном действии импульсного магнитного поля у моллюсков *Cerpeae nemoralis*. Этот феномен, по-видимому, связан с развитием толерантности опиоидной системы к действию ЭМИ.

Таким образом, опиоидная система участвует в развитии антиноцицептивного эффекта ЭМИ КВЧ. На разных этапах его продолжительного действия, роль этой системы в обеспечении гипоалгетического эффекта неодинакова. Обнаружено, что после 15-тикратного воздействия ЭМИ КВЧ гипоалгетический эффект лишь частично опиоидобусловлен, т.к. он редуцируется, но не аннулируется неспецифическим блокатором опиоидных рецепторов. Роль опиоидов уменьшается с увеличением числа воздействий, что связано с развитием толерантности опиоидной системы к действию ЭМИ КВЧ.

Результаты проведенных исследований согласуются с имеющимися литературными данными. Так, обнаружено, что однократное внутрибрюшинное введение налоксона приводит к уменьшению антиноцицептивного эффекта ЭМИ КВЧ при тонической (на 60,4%), висцеральной (на 39,7%) и острой термической (на 6,3%) боли [9].

Селективные блокаторы δ - и κ -опиоидных рецепторов у мышей с моделированной хронической не нейропатической болью, введенные перед однократным воздействием ЭМИ КВЧ, снимают антиноцицептивное действие ЭМИ КВЧ, тогда как применение блокаторов μ -рецепторов не влияет на выраженность антиноцицептивного действия ЭМИ КВЧ у мышей [6].

О вовлечении опиоидной системы в реализации эффектов, вызываемых ЭМИ КВЧ, свидетельствуют также данные о способности налоксона редуцировать эти эффекты. Например, введение налоксона нивелирует антистрессорное действие ЭМИ КВЧ [21, 22], его способность тормозить рост меланомы B16 F10 у мышей [23], увеличивать продолжительность анестезии, вызванной кетаминном или хлоралгидратом [8], способность ЭМИ КВЧ оказывать противозудное действие [24]. Применение селективных блокаторов опиоидных рецепторов свидетельствует о преимущественном участии в реакциях на действие ЭМП энкефалиновой системы [6, 20].

Неопиоидобусловленная магнитоиндуцированная аналгезия может быть вызвана изменением активности и других систем, обеспечивающих ноцицепцию. Сравнительный анализ аналгетической эффективности ЭМИ КВЧ при экспериментально вызванной тонической боли на фоне предварительного введения блокаторов всех субтипов опиоидных рецепторов, ингибитора синтеза серотонина, α - и β -адреноблокаторов, блокаторов дофаминовых и мелатониновых рецепторов, проведенный Е.Н. Чуян и др. (2006), позволил сделать вывод о том, что в зависимости от времени протекания болевой реакции аналгетическое действие ЭМИ КВЧ обеспечивается различными эндогенными системами. В ранней стадии ведущую роль в механизмах обезболивающего действия ЭМИ КВЧ играет опиоидная система, мелатонин, норадреналин, в более поздней – серотонин [9].

Таким образом, в антиноцицептивном действии ЭМИ КВЧ важную роль играет опиоидная система, степень участия которой на разных этапах воздействия ЭМИ КВЧ неодинакова. Кроме того, в реализации этого эффекта участвуют и другие системы, обеспечивающие ноцицепцию. Дальнейшие исследования позволят конкретизировать участие каждый из них в обеспечении антиноцицептивного действия ЭМИ КВЧ.

ВЫВОДЫ

1. Низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ вызывает выраженный гипоалгетический эффект у моллюсков *Helix albescens*.
2. В механизмах антиноцицептивного действия ЭМИ КВЧ важное значение имеет опиоидная система, роль которой на разных этапах воздействия ЭМИ КВЧ неодинакова.

Список литературы

1. Применение низкоинтенсивных электромагнитных миллиметровых волн в медицине / Н.Д. Девятков, Ю.Л. Арзуманов, О.В. Бецкий [и др.] // Сб. докл. 10-го Российского симпозиума с международным участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». – М.: ИРЭ РАН. – 1995. – С. 6–8.
2. Функциональная асимметрия у человека и животных: влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения миллиметрового диапазона / [Чуян Е.Н., Темуриянц Н.А., Пономарева В.П., Чирский Н.В.]. – Симферополь: ЧП «Эльфинь», 2004. – 440 с.
3. Кузьменко В.М. Роль мікрохвильової резонансної терапії в комплексному лікуванні хворих на церебральний атеросклероз / В.М. Кузьменко // Лікувальна справа. – 1998. – № 7. – С. 146–148.
4. Теппоне М.В. Крайне высокочастотная (КВЧ) - терапия в онкологии / М.В. Теппоне, Р.С. Авакяна // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2003. – № 1 (29). – С. 3–19.
5. Usichenko T.I. Treatment of chronic pain with millimetre wave therapy (MWT) in patients with diffuse connective tissue diseases: a pilot case series study / T.I. Usichenko, H.F. Herget // Eur. J. Pain. – 2003. – Vol. 7. – P. 289–294.
6. Electromagnetic millimeter wave induced hypoalgesia: frequency dependence and involvement of endogenous opioids / A.A. Radziewsky, O.V. Gordiienko, S. Alekseev [et al.] // Bioelectromagnetics. – 2008. – Vol. 29. – P.284–295.
7. Millimeter wave induced hypoalgesia in mice: Dependence on type of experimental pain / A.A. Radziewsky, O.V. Gordiienko, A. Cowan [et al.] // IEEE Trans Plasma Sci. – 2004. – Vol. 32. – P. 1634–1643.
8. Rojavin M.A. Electromagnetic millimeter waves increase the duration of anaesthesia caused by ketamine and chloral hydrate in mice / M.A. Rojavin, M.C. Ziskin // Int J Radiat Biol. – 1997. – Vol. 72. – P. 475–480.
9. Чуян Е.Н. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения / Е.Н. Чуян, Э.Р. Джелдубаева. – С.: «ДИАЙПИ», 2006. – 508 с.
10. Frey A.H. Electromagnetic field interactions with biological systems / A.H. Frey // FASEB J. – 1993. – Vol. 7 (2). – P. 272–281.
11. Kavaliers M. Environmental specificity of tolerance to morphine-induced analgesia in a terrestrial snail: generalization of the behavioral model of tolerance / M. Kavaliers, M. Hirst // Pharmacol. Biochem. Behav. – 1986. – Vol. 25. – P. 1201–1206.
12. Martin W.R. Naloxone / W.R. Martin // Ann. Intern. Med. – 1976. – Vol. 85 (6). – P. 765–768.
13. Вишнеvский В.Г. Установка для определения параметров болевой чувствительности наземных моллюсков / В.Г. Вишнеvский, А.С. Костюк, Н.А. Темуриянц // Физика живого. – 2009. – Т. 17(2). – С. 174–178.
14. Prato F.S. Extremely low frequency magnetic fields can either increase or decrease analgesia in the land snail depending on field and light conditions / F.S. Prato, M. Kavaliers, A.W. Thomas // Bioelectromagnetics. – 2000. – Vol. 21. – P. 287–301.
15. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд. / Боровиков В. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
16. Лапач С.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. – Киев: Модмон, 2000. – 319 с.
17. Костюк А.С., Туманянц К.Н. Динамика болевой чувствительности моллюсков *Helix albescens* при действии низкоинтенсивных электромагнитных излучений крайних частотных диапазонов // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2010, – Т. 23 (62), – №2, – С. 116–122.
18. Темуриянц Н.А. Влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты на болевую чувствительность моллюсков *Helix albescens* / Н.А. Темуриянц, А.С. Костюк, К.Н. Туманянц // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2010. – №1. – С. 39–45.
19. Костюк А.С. Динамика болевой чувствительности моллюсков *Helix albescens* в условиях продолжительного электромагнитного экранирования / А.С. Костюк, Н.А. Темуриянц // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61). – № 3. – С. 75–82.

20. Pulsed magnetic field induced "analgesia" in the land snail, *Cepaea nemoralis*, and the effects of μ , δ , and κ opioid receptor agonists/antagonists / A.W. Thomas, M. Kavaliers, F.S. Prato [et al.] // *Peptides*. – 1997. – Vol. 18. – P. 703–709.
21. Чуян Е.Н. Роль опиоидных пептидов в изменении концентрации цитокинов в плазме крови крыс при действии низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты / Е.Н. Чуян, М.М. Махонина // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия»*. – 2006. – Т. 19 (58), № 2. – С. 131–136.
22. Чуян Е.Н. Роль опиоидных пептидов в изменении функциональной активности нейтрофилов и лимфоцитов крови крыс при изолированном и комбинированном с гипокинезией воздействии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ / Е.Н. Чуян, М.М. Махонина // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, серия «Биология, химия»*. – 2005. – Т. 18 (57), № 2. – С. 169–177.
23. Millimeter wave-induced suppression of B16 F10 melanoma growth in mice: Involvement of endogenous opioids / A.A. Radziewsky, O.V. Gordienko, I. Szabo [et al.] // *Bioelectromagnetics*. – 2004. – Vol. 25. – P. 466–473.
24. Delta 1 and kappa-opioid receptor subtypes involved in the hypoalgesic effect of millimeter wave treatment / O. Gordienko, A. Radziewsky, A. Cowan [et al.] // *Abstract Juenty-Fourth Annual Meeting in Cooperation with the European Bioelectromagnetics Association*. – Canada. – 2002. – P. 27.

Темур'янц Н.А. Реакції молюсків *Helix albescens* на дію низкоінтенсивного електромагнітного випромінювання надвисокої частоти / Н.А. Темур'янц, О.М. Чуян, О.С. Костюк, К.М. Туманянц, О.М. Туманянц // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 316-324.

Досліджено вплив низкоінтенсивного ЕМВ НВЧ на параметри ноціцептивної чутливості молюсків *Helix albescens*. Показано, що ЕМВ НВЧ має виражену антиноціцептивну дію, у регуляції механізмів якої важливе значення відіграє опіоїдна система, роль якої на різних етапах впливу ЕМВ НВЧ неоднакова.

Ключові слова: електромагнітне випромінювання надвисокої частоти, ноціцептивна чутливість, опіоїдна система, молюски.

Temuryants N.A. Reaction of molluscs *Helix albescens* for low intensity electromagnetic radiation effects of extremely high frequency / N.A. Temuryants, E.N. Chuyan, A.S. Kostyuk, K.N. Tumanyants, E.N. Tumanyants // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 316-324.

The effect of low-intensity EMR EHF on the parameters of nociceptive sensitivity of molluscs *Helix albescens*. It is shown that EMR EHF has a pronounced antinociceptive effect in the regulation mechanisms of which the importance played by opioid system, whose role at different stages of the impact of EMR EHF varies.

Keywords: electromagnetic radiation of extremely high frequency, nociceptive sensitivity, opioid systems, mollusks.

Поступила в редакцію 17.09.2011 г.

УДК 581.135.5

**БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КУВШИНКИ БЕЛОЙ
(*NYMPHAEA ALBA* L.) В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ В ПРЕДГОРНОМ
КРЫМУ**

Халявина С.В.¹, Глумова Н.В.²

¹*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*

²*Институт эфиромасличных и лекарственных растений, Симферополь, Украина*

E-mail: se.wa@mail.ru

Выявлены некоторые биохимические особенности кувшинки белой (*Nymphaea alba* L.), в условиях интродукции в Предгорном Крыму, касающиеся накопления соединений, обуславливающих ее аромат. Приведены данные о содержании и составе экстрактивного масла, выделенного из цветков.

Ключевые слова: *Nymphaea alba* L., интродукция, цветки, ароматические соединения, экстрактивное масло, компонентный состав.

ВВЕДЕНИЕ

Ботанический сад Таврического национального университета (БС ТНУ) им. В.И. Вернадского был образован в 2004 году – это один из самых молодых ботанических садов в Украине. За время его существования созданы и принимают посетителей шесть экспозиций, каждая из которых уникальна по проектированию и подбору растительного ассортимента [1], и каждая имеет свой неповторимый аромат во время цветения основных культур. Иридарий, розарий, сирингарий, экспозиция цветочно-декоративных многолетников дарят посетителям чарующий цветочный аромат, связанный в сознании людей с памятью о времени, проведенном в ботаническом саду.

В коллекции водных и прибрежно-водных растений БС ТНУ, формирование которой было начато в 2009 году, также собраны виды растений, традиционно используемые в качестве эфиромасличных. В первую очередь – это аир болотный (*Acorus calamus* L.), эфирное масло которого получают из свежих и сухих корневищ способом отгонки с водяным паром (дистиляции). Способом дистиляции также получают эфирное масло из цветущих растений лабазника вязолистного (*Filipendula ulmaria* (L.) Maxim.) и мяты водной (*Mentha aquatica* L.) [2]. Некоторые, представленные на экспозиции виды и сорта кувшинок, имеют тонкий, изысканный аромат и могут быть интересны в плане изучения ароматических соединений, его обуславливающих.

Украинские кувшинковые (*Nymphaeaceae* Salib.) представлены родами кубышка (*Nuphar* Smith.) и кувшинка (*Nymphaea* L.), тремя видами – кубышка желтая (*Nuphar lutea* (L.) Smith.), кувшинка снежно-белая (*Nymphaea candida* J.Presl) и кувшинка

белая (*Nymphaea alba* L.) [3].

Род кувшинка является самым большим среди родов семейства, насчитывающим 60 – 80 видов, 90 сортов и гибридов [4].

Кувшинки делят на две эколого-географические группы: европейско-азиатские – произрастающие в умеренном климатическом поясе и африканские (тропические). К группе европейско-азиатских кувшинок относят кувшинку белую [5], которая в пределах своего ареала имеет три разновидности и шесть форм [3]. Кувшинка белая встречается в озерах Горного Крыма [6].

На мировом рынке косметической продукции в последнее время появился ряд изделий, относящихся к классу гигиенической косметики, которые содержат в своем составе масло кувшинки.

В литературе имеются сведения о способе выделения и количественном содержании абсолюта кувшинки лотус (*Nymphaea lotus* L.), приводятся результаты исследований его компонентного состава [7]. Вместе с тем, имеющаяся информация не может считаться полной, так как отсутствуют данные об основных компонентах, которые обуславливают аромат цветка.

Проведение исследований имело целью выявление особенностей накопления соединений, обуславливающих аромат цветков кувшинки белой, определение их количественного содержания и компонентного состава. Практической задачей исследований являлось выявление возможности и целесообразности использования кувшинки белой для расширения ассортимента отечественной эфиромасличной продукции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследования были взяты растения кувшинки белой (*N. alba* L.), представленной в коллекции водных и прибрежно-водных растений БС ТНУ им. В.И. Вернадского. Посадочный материал поступил в 2009 году из Ботанического сада им. А.В. Фомина Киевского национального университета им. Тараса Шевченко.

Исследования проводили в июне – августе 2011 года – в период массового цветения кувшинок; использовали цветки и их цветоносы во второй день цветения, срезанные в полуденные часы во время полного раскрытия цветков

Выделение экстракционного эфирного масла из растительного материала проводили на базе лаборатории биохимии Института эфиромасличных и лекарственных растений НААН Украины. Для выделения использовали способ экстракции углеводородным растворителем марки П163/75 («нефрас пищевой»), который широко используется в эфиромасличной промышленности для получения экстрактовых эфирных масел и в масложировой промышленности для получения растительных масел. Экстракцию проводили методом трехкратного настаивания с периодическим встряхиванием через каждые 5 мин при температуре 4 °С для исключения условий протекания побочных гидролитических процессов, отрицательно влияющих на органолептические показатели продукции. Общая продолжительность процесса экстракции составляла 45 мин. Объединенную углеводородную мисцеллу сушили с помощью обезвоживающих агентов, принятых

в эфиромасличной промышленности (безводный сульфат натрия). Растворитель удаляли способом вакуум-дистилляции при остаточном давлении 5,0 – 6,0 кПа и температуре 25 °С. Полученный экстракт-конкрет сушили при температуре 35 °С до постоянного веса, количественное его определение проводили гравиметрическим методом [8].

Для исследования компонентного состава полученные экстракты-конкреты перерастворяли в гексане («чда») и анализировали методом хроматомасс – спектрометрии на приборе HP Agilent 6890 & MSD 5893 (USA) в режиме программирования температуры от 70 °С до 200 °С со скоростью 3 °С в минуту. Колонки капиллярные кварцевые, НЖФ – Carbowax 20 М и SE - 30, газ носитель – гелий. Общее время анализа – 45 минут.

Идентификацию летучих ароматических соединений осуществляли по временам удерживания и в сравнении со справочной, информационной базой данных прибора HP Agilent 6890 & MSD 5893 (USA).

Обработку результатов исследований проводили на ПК с помощью стандартных программ EXEL 7.0 и др.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Экстрактовое эфирное масло из цветков кувшинки (экстракт-конкрет) представляет оранжево-желтую мазеобразную массу с тонким, приятным запахом в котором четко прослеживаются сладкие ноты с медовым оттенком. Выход экстракта составил 0,107% к массе свежих цветков.

Результаты определения компонентного состава летучих ароматических соединений кувшинки представлены на рисунке и в таблице. Хроматографический профиль экстракта цветков кувшинки белой представлен на рис. 1.

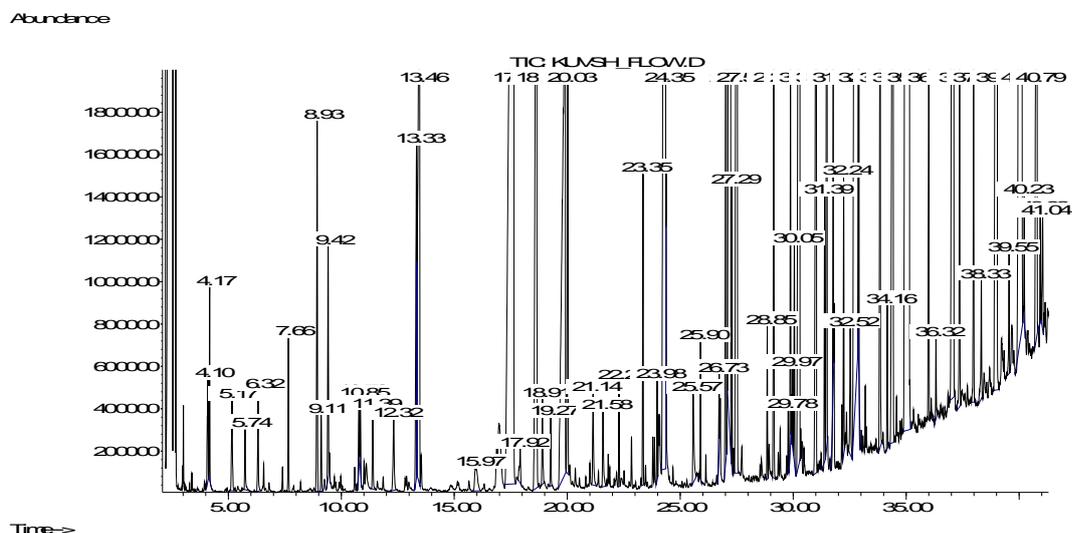


Рис.1. Хроматографический профиль экстракта из цветков кувшинки белой.

Идентификация компонентов экстрактивного масла, в том числе и летучих ароматических соединений, выделенных из цветков кувшинки, представлена в Таблице 1.

Таблица 1.
Идентификация компонентов экстрактивного масла, выделенного из цветков кувшинки белой

Порядковый номер	Времена удерживания, мин	Количественное содержание, % на хроматографируемую часть	Идентификация компонента
1	4.10	0.18	гексанол-3
2	4.17	0.217	гексанол-2
3	5.16	0.202	3-метилциклопентанол
4	5.74	0.109	гексанол
5	6.32	0.185	циклогексанол
6	7.66	0.244	α -пинен
7	8.93	0.683	сабинен
8	9.11	0.132	β -пинен
9	9.41	0.401	мирцен
10	10.78	0.127	2-этилгексанол
11	10.84	0.104	лимонен
12	11.39	0.151	цис-оцимен
13	12.31	0.205	транс-линалоолоксид
14	13.32	0.814	ундекан
15	13.46	2.281	линалоол
16	15.96	0.155	эпоксилин
17	17.63	8.418	альдегид сирени D
18	17.92	0.234	нерол
19	18.64	2.966	линалилацетат
20	18.90	0.165	анисовый альдегид
21	19.26	0.115	деканол
22	19.91	3.458	анисовый спирт
23	20.02	0.997	тридекан
24	21.14	0.207	8-оксилиналоол
25	21.58	0.166	1-оксилиналоол
26	22.29	0.144	тетрадекан
27	23.35	0.447	β -фарнезен
28	23.98	0.136	транс-7-пентадецен
29	24.34	6.513	пентадекан
30	25.57	0.239	2-окси-4-изопропил-2,4,6-циклопентатриен-1-он

БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КУВШИНКИ БЕЛОЙ...

Продолжение таблицы 1

31	25.89	0.173	гексадекан
32	26.72	0.127	3-оксо- α -ионон
33	27.03	1.538	6,9-гептадекадиен
34	27.22	5.532	транс-8-гептадецен
35	27.28	0.296	цис-8-гептадецен
36	27.52	3.812	гептадекан
37	28.85	0.199	октадекан
38	29.14	0.996	гексадеканаль
39	29.77	0.081	нонадекадиен
40	29.88	0.519	транс-5-нонадецен
41	29.97	0.140	цис-1-нонадецен
42	30.05	0.278	транс-1-нонадецен
43	30.28	4.523	нонадекан
44	31.39	0.350	9,12-октадекадиеналь
45	31.77	0.423	октадеканаль
46	32.23	0.403	хенейкозадиен
47	32.52	0.295	1-хенейкозен
48	32.83	9.576	хенейкозан
49	32.90	0.402	фитол
50	33.84	1.061	докозан
51	34.16	0.202	
52	35.09	10.948	трикозан
53	36.00	0.802	тетракозан
54	36.31	0.115	пентакозадиен
55	37.10	4.698	пентакозан
56	37.98	0.579	гексакозан
57	38.32	0.232	гептакозадиен
58	39.02	4.522	гептакозан
59	39.55	0.177	
60	40.11	7.402	сквален
61	40.22	0.152	
62	40.78	2.345	нонакозан
63	40.93	0.133	
64	41.04	0.220	

В составе экстракта из цветков кувшинки (экстрактовое масло) обнаружено 64 компонента, из них идентифицировано 59 компонентов. Значительную его часть составляют насыщенные алифатические углеводороды с числом углеродных атомов до 29 (их доля составляет 51,706 %), которые входят в состав растительных восков. Высокое содержание этих соединений является одной из особенностей кувшинки, как водного растения.

Содержание ненасыщенных углеводородов с числом углеродных атомов до 27

составляет 9,565%.

В составе терпеновых соединений обнаружены моно- сескви- и тритерпеновые соединения.

В составе монотерпеновых соединений – терпеновые углеводороды (α - и β -пинены, мирцен, сабинен, лимонен, цис-оцимен), спирты и их оксиды (линалоол, оксилалоол, эпоксилиналоол, нерол), альдегиды (альдегид сирени D, анисовый), кетоны (3-оксо – α -ионон), сложные эфиры (линалилацетат, нерилацетат). Сесквитерпеновые соединения представлены β - фарнезенем, его содержание в экстракте из цветков составляет 0,447%.

Общее содержание летучих ароматических соединений, обуславливающих аромат цветков кувшинки составляет 20,533%. Среди них наибольшее содержание отмечено для сиреневого альдегида (8,418%), анисового спирта (3,458%) линалоола (2,281%), линалилацетата (2,966%).

Тритерпеновые соединения представлены скваленом, его содержание составляет 7,402%. Высокое содержание сквалена в экстракте может быть отнесено к интересным биохимическим особенностям цветков кувшинки. В литературе отсутствуют данные о его идентификации в составе абсолюта кувшинки. Выявленная особенность представляет значительный интерес для производителей косметической продукции, так как биологическая активность сквалена очень высока и известна, а природных растительных источников сквалена известно очень мало. Одним из них является амарантовое масло, полученное экстракционным способом из семян амаранта. Содержание сквалена в нем зависит от вида и качества сырья, технологических режимов получения масла и составляет порядка 8% [9].

Экстрактовое эфирное масло из цветоносов кувшинки представляет бледно-желтую мазеобразную массу со слабо выраженным запахом, в котором преобладают оттенки свежести. Его выход составил 0,066 % к массе свежего растительного материала, среди компонентов экстракта преобладают насыщенные углеводороды, входящие в состав растительных восков. Летучие ароматические соединения представлены в основном монотерпеновыми углеводородами, доля кислородсодержащих летучих ароматических соединений незначительна, они не представляют интереса как ароматические соединения для косметической и тем более парфюмерной промышленности.

ВЫВОДЫ

1. Выявлены некоторые биохимические особенности кувшинки белой (*N. alba* L.) в условиях интродукции в Предгорном Крыму, касающиеся накопления соединений, обуславливающих ее аромат.
2. Определено содержание и компонентный состав экстрактивного масла, выделенного из цветков кувшинки белой. В составе экстрактивного масла обнаружено высокое содержание насыщенных углеводородов, летучих ароматических соединений терпеновой природы и соединений, обладающих высокой биологической активностью.
3. Экстрактивное масло кувшинки может представлять практический интерес для производителей косметической продукции.

Список литературы

1. Репецкая А.И. Образовательная, просветительская и воспитательная функция университетских ботанических садов. / А.И. Репецкая // Учебная и воспитательная роль ботанических садов и дендропарков Материалы международной научной конференции. – Симферополь: Таврический национальный университет, 2009. – С. 65–68
2. Дудченко Л. Ароматы здоровья. / Дудченко Л. – К.: «Глобус», 1997. – 150 с.
3. Макрофиты – индикаторы изменений природной среды. / [Д.В Дубына, С. Гейни, З. Глоудова и др.]. – К.: Наукова думка, 1993. – 434 с.
4. Мазур Т.П. Водойма у саду. / Мазур Т.П. // Квіти України, – К.:2000. – 53 с.
5. Баданова К.А. Опыт культуры нимфейных в Сочи. / К.А. Баданова // Сб.трудов по зеленому строительству. Вып. 2.: - М., Лесная промышленность, 1964 – С. 205–220.
6. Голубев В.Н. Биологическая флора Крыма. / Голубев В.Н. – Ялта, ГНБС, 1996. – 88 с.
7. Каталог эфирных масел [Электронный ресурс] / — Режим доступа <http://forum.aromarti.ru/archive/index.php/t-305.html>.
8. Инструкция по теххимическому контролю производства экстракционных эфирных масел. ИК 64-4-107-90. – Симферополь, 1990. – 35 с.
9. Амарантовое масло «Сквален» [Электронный ресурс] / — Режим доступа <http://sibhealth-by.com/node/202>

Халявіна С.В. Біохімічні особливості латаття білого (*Nymphaea alba* L.) в умовах інтродукції у Передгірному Криму / С.В.Халявіна, Н.В.Глумова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 325-331.

Виявлені деякі біохімічні особливості квіток латаття білого (*Nymphaea alba* L.), в умовах інтродукції в Передгірному Криму, що стосуються накопичення сполук, які обумовлюють їх аромат. Наведено дані про вміст і склад екстрактованої олії у квітках.

Ключові слова: *Nymphaea alba* L., інтродукція, квітки, ароматичні речовини, екстрактована олія, компонентний склад.

Khalyavina S.V. Biochemical features of the white water lily (*Nymphaea alba* L.) in the introduction in the foothills of Crimea / S.V. Khalyavina., N.V. Glumova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 325-331.

Some biochemical features, touching accumulations of aromatics of white water-lily (*Nymphaea alba* L.) in the conditions of introduction in Foothills of Crimea are exposed. There is information about maintenance and composition of the extract oil abstracted from flowers.

Keywords: *Nymphaea alba* L, introduction, flowers, aromatics, extract oil, component composition.

Поступила в редакцию 28.11.2011 г.

УДК 612.8+612.821.3+331.433

ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ПРОФЕСІЙНОЇ АДАПТАЦІЇ ЛЮДИНИ В ПРИРОДНИХ ТА ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ ПРАЦЕДІЯЛЬНОСТІ

Харковлюк-Балакіна Н.В.¹, Горго Ю.П.²

¹*ДУ «Інститут геронтології АМН України», Київ; Україна*

²*Національний технічний університет України «КПІ», Київ; Україна*

E-mail: kbalakine@hotmail.ru

В результаті проведення комплексної психофізіологічної діагностики функціонального стану організму в умовах впливу лімітуючих чинників робочого середовища і використання інформаційної оцінки психофізіологічних параметрів працездатності людей різних професійних груп були виявлені віко-стажові особливості прояву адаптаційних механізмів до умов трудової діяльності, які характеризують диференційні критерії професійної адаптації людини, а саме: функціональний вік і темп старіння людини, швидкість переробки інформації, психомоторна і розумова працездатність.

Ключевые слова: особливі умови трудової діяльності, психофізіологічні параметри працездатності, темп старіння людини, інформаційна оцінка професійної адаптації.

ВСТУП

Однією з актуальних задач фізіології праці залишається пошук прийомів об'єктивної оцінки і прогнозування стану психофізіологічних функцій людини від яких залежать надійність і ефективність виконуваної роботи та працездатність, зокрема в природних, штучно створених та екстремальних умовах працездатності. У свою чергу, професійна адаптація людини лімітується динамікою функціонального стану, природно пов'язаного з впливом різноманітних екзо- та ендогенних факторів. У повсякденному житті такими є метеорологічні та геліогеофізичні впливи, біоритми, фізичні та психічні навантаження, умови трудової діяльності, соціальні чинники [1].

В цілому, функціональний стан і його показники відображають взаємодію організму і оточуючого середовища, а також готовність до виконання професійних функцій [2, 3]. Серед екологічних впливів, як складових елементів робочого середовища, лімітуючі фактори мають комплексну дію на організм людини та передумовлюють фізіологічні механізми пристосування до умов працездатності. Мікроклімат робочих приміщень є важливим гігієнічним чинником зовнішнього середовища, вплив якого торкається, перш за все, адаптаційних резервів, опосередковано задіяних в забезпеченні працездатності людини. Численні праці присвячені вивченню терморегуляційних механізмів та впливам коливань зовнішньої температури на самопочуття та працездатність працюючої людини [4].

Доведені особливості адаптації організму людини мають широкий діапазоном толерантності до умов середовища, однак вивчення психофізіологічних механізмів професійної адаптації до умов працездатності залишається актуальним.

Науковий інтерес викликає й дослідження хаотичних наднизкочастотних коливань тиску (НКТ), що існують в природі і являють собою екологічним фактором впливу на психофізіологічні параметри людини. Це НКТ з хаотичними амплітудно-частотними характеристиками, в основному природного походження, рівень яких в природі дуже змінний і, як правило, перевищує пороги чутливості організму людини. Вони суттєво впливають на динаміку негативних психічних процесів, втому, дезорганізують розумову та поведінкову діяльність. Не відчутність НКТ, в поєднанні із прямими негативними впливами на психічну діяльність, робить впливи цього природного фактора досить небезпечним. Саме цим пояснюється зв'язок рівня хаотичних НКТ з кількістю нещасних випадків на виробництві, дорожньо-транспортних пригод, самогубств, тяжких правопорушень, що був знайдений при співставленні рівня НКТ із статистикою по Києву та Москві (Горго Ю.П., 1999). Ще раніше Чижевський А.Л. (1937) знайшов тісний кореляційний зв'язок між рівнем активності Сонця та збільшенням кількості революцій, демонстрацій, війн, збройних конфліктів, терористичних актів, катастроф, епідемій тощо. Стає дуже прозорим зв'язок між цими стихійними проявами та НКТ [1].

На сьогоднішній день в Україні радіаційний чинник, як наслідок аварії на ЧАЕС, також вимагає розширення спектру напрямів досліджень актуальність яких обумовлена пошуком прогностичної оцінки функціонального стану та працездатності людини в екстремальних умовах працездатності.

За підсумковими даними зарубіжних геронтологів максимальна розумова працездатність спостерігається у віці від 35 до 45 років, а до віку 50-60 років вона знижується на 20-40% [5]. Аналогічні підтвердження вітчизняних науковців доводять загальну динаміку вікової інволюції психофізіологічних функцій людини [3, 6]. Однак, згідно численних геронтологічних праць та власних досліджень, на тлі вікового сповільнення сенсомоторних реакції та погіршенні уваги та короткочасної пам'яті, можливе збереження професійної працездатності й після 45 років [7]. У контексті виявлених закономірностей російськими дослідниками (Якимович Н.В., 2002) були розроблені дві групи вікових норм психофізіологічної діагностики для осіб льотних професій, згідно яких для осіб до 50 років показники функціонального стану психічних функцій нижчі, ніж для працівників віком після 50 років, що дозволяє враховувати реальні психофізіологічні можливості професійної адаптації пілотів старшого віку.

У рамках психофізіологічного підходу доведено, що при об'єктивно однакових умовах діяльності кожен індивід характеризується деяким типовим для нього рівнем активації центральної нервової системи [1, 3]. Рівень активації, як детермінанта діяльності, залежить від індивідуально-типологічних властивостей суб'єкта, особливостей розв'язуваної задачі та умов професійної діяльності. Цілком достовірну інформацію про функціональний стан організму людини дають виміри окремих фізіологічних показників, альфа-ритму електроенцефалограми, часу

сенсомоторних реакцій на різні по силі подразники і ін. [8]. Водночас, сучасний рівень розвитку інформаційних технологій дозволяє отримання нової інформації про предмет дослідження.

Отже, використання психофізіологічної діагностики функціонального стану людини в реальних і екстремальних умовах трудової діяльності з метою виявлення об'єктивних методів інформаційної оцінки професійної адаптації людини в умовах впливу чинників робочого середовища для оптимізації його працездатності полягало в основі завдань нашої роботи.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

До дослідження були включені наступні обстежувані віком 21-59 років: 52 оператора енергостанції, працездальність яких проходить в умовах переважного нервово-емоційного напруження (група 1) та 40 працівників (сезонників) Української антарктичної станції "Академік Вернадський", розташованій в одному із найбільш метеорологічно активному районі Землі (група 2).

У якості контролю (група 3) були узяті результати психофізіологічної діагностики осіб розумової праці (усього 90 осіб), зокрема наукових співробітників, особливість працездальності яких полягає у творчому мисленні при помірному напруженні уваги та пам'яті та відрізняється нерівномірністю нервового напруження при виконанні роботи. Дослідження проводили за нормативними значеннями параметрів мікроклімату в умовах оптимального (температура приміщення, відносна вологість, швидкість руху повітря) та допустимого рівня мікроклімату (температура приміщення).

Аналіз віко-стажових особливостей проводили з розподілом обстежених осіб за двома віковими групами: першого періоду зрілого віку (21 - 35 років – жінки, 22 – 35 років – чоловіки) та другого періоду зрілого віку (35 - 54 років – жінки, 35 – 59 років – чоловіки).

Професійна діяльність моделювалася у вигляді розумового навантаження за допомогою двох послідовних комп'ютерних тестів, які є частиною автоматичної системи психофізіологічної діагностики операторської працездатності [9]. Психофізіологічну діагностику проводили за показниками психомоторики, сприйняття, уваги, пам'яті, швидкості переробки інформації, розумової працездатності.

Вегетативну регуляцію серцевого ритму в умовах професійної діяльності вивчали за допомогою автоматизованої системи реєстрації та аналізу кардіоінтервалів.

Інформаційну оцінку професійної адаптації людини проводили за допомогою інформаційного підходу (Ю.П.Горго, 1986, 1994), в основі якого полягає оцінка «організації» медико-фізіологічних даних з використанням гістограм розподілу характеристик різних фізіологічних сигналів (зокрема кардіоритмограми, сенсомоторних реакцій) засобом порівняння двох чи більше гістограм однієї особи, отриманих в різних його функціональних станах. Використання ентропійних оцінок дозволяє оцінити зовнішній вид гістограми не по суб'єктивному критерію "звуження – розширення", а в цифровому виді [8].

Для інформаційної оцінки темпу старіння обстежених використовували методику визначення функціонального віку людини, розроблену в ДУ „Інститут геронтології АМН України” [10]. Розрахунок показників проводився за допомогою формули множинної лінійної регресії, де залежною перемінною виступає календарний вік, а незалежною – ряд фізіологічних показників, підбір яких проводився при попередньому дослідженні популяційної вибірки осіб різного віку. Нормальному темпу старіння відповідають значення $1 \pm 0,1$; уповільненому – менші 0,9, прискореному – більші 1,1.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Дослідження віко-стажових особливостей психофізіологічного забезпечення працездатності в умовах змін лабораторного мікроклімату передбачало вивчення динаміки функціонального „робочого” стану наукових співробітників різного віку. В умовах мікроклімату оптимального рівня психофізіологічні параметри працездатності, як критерії оцінки професійної адаптації, відповідали межах вікової норми. Однак, в групі другого періоду зрілого віку осіб з прискореним темпом старіння було на 30% більше, ніж в молодшій за віком групі, на фоні збільшення функціонального віку над календарним, що дозволяє стверджувати про наявність віко-стажової тенденції до погіршення загального функціонального стану осіб після 35 років. При погіршенні мікроклімату до верхньої межі допустимого рівня (підвищення температури повітря до 28-30°C) спостерігалось наступне: в осіб другого зрілого віку зниження розумової працездатності до низького рівня, погіршення обсягу уваги на 25-30% та короткочасної пам’яті на 30-40%, на тлі стабілізації показника надійності.

Водночас, в науковців першого зрілого віку відбувалося зниження показника розумової працездатності до середнього рівня, погіршення уваги на 20-25%, зниження обсягу короткочасної пам’яті на 20-25% на тлі стабілізації швидкості переробки інформації. Аналіз даних моніторингу загального фізичного стану виявив погіршення показників певних фізіологічних систем, зокрема серцево-судинної та дихальної, в досліджуваних осіб обох вікових груп. У 35% жінок та 28% чоловіків групи другого зрілого віку показники артеріального тиску були вищі 150/95 мм.рт.ст., що свідчить про наявність тенденції до патологічного відхилення у функціональному стані системи кровообігу та може привести до небажаних ускладнень. Оскільки особливо чутливими до перепадів температур вважаються люди з судинними хворобами, а, серед них, хворі на гіпертонічну хворобу, виявлене вікове зниження стресостійкості серцево-судинної системи відображує специфіку механізму пристосування до підвищення температури повітря робочого приміщення.

При погіршенні мікроклімату до нижньої межі допустимого рівня (зниження температури повітря до 19-21°C) в осіб обох вікових груп відбувалися статистично значимі зміни показника сприйняття та уваги у бік погіршення на тлі стабілізації в межах вікової норми показників працездатності. У осіб другого зрілого віку також зафіксоване зниження швидкості переробки інформації на 20%. Разом з тим, за

фізіологічною оцінкою показників функціонального віку достовірної різниці не було виявлено, порівняно з моніторингом в умовах оптимального мікроклімату.

Таким чином, результати аналізу характеризують вікові особливості терморегуляційних механізмів адаптації організму людини в залежності від характеру термічних подразнень та підтверджують літературні дані стосовно того, що холодова рецепторна система провідною системою в терморегуляції. Водночас, результати аналізу доводять віко-стажові особливості прояву адаптаційних механізмів до змін умов мікроклімату, які характеризують диференційні параметри професійної адаптації в умовах допустимого мікроклімату, а саме надійність, продуктивність діяльності та швидкості переробки інформації.

Результати статистичного аналізу параметрів психофізіологічної діагностики обстежуваних осіб різних професійних груп, представленого у таблиці 1, свідчать про професійну однорідність досліджуваних груп, за відсутністю достовірних розбіжностей психофізіологічних показників професійної адаптації.

Таблиця 1
Параметри психофізіологічної діагностики осіб різних професійних груп

Психофізіологічні параметри працездатності людини	Група 1	Група 2	Група 3
Латентний період простої зорово-моторної реакції, мс	276±34	296±29	311±22
Надійність психомоторної діяльності, %	98,8±6,5	88,0±6,1	93,0±4,1
Латентний період складеної психомоторної реакції, мс	981,4±112	883,4±92	783,0±76
Психомоторна працездатність, у.о.	16±4,2*	14±4,3*	23±2,4
Швидкість переробки інформації, мс	1159±104	1091±117	1002±96
Увага, %	10±1,5	13±1,5	8±0,85
Короткочасна пам'ять, %	89±7,1	78±8,3	74±5,1
Розумова працездатність, у.о.	11,1±0,9*	9,1±1,3*	14,8±0,7
Кардіоінтервали, мс	0,771±0,024	0,722±0,037	0,754±0,014

Примітка: * - $p < 0,05$ по відношенню до осіб групи 3 (контроль).

Однак, за параметрами психомоторної та розумової працездатності виявлено статистично значимо менші її значення в осіб групи 1 та групи 2, порівняно з контрольною групою 3 (табл. 1), що дало підставу використання методів інформаційної оцінки для виявлення критеріїв професійної адаптації обстежуваних осіб різних професійних груп (табл. 2).

За даними таблиці 2 середньостатистичні значення темпу старіння в осіб групи 2 та групи 3 відповідають межах нормального, а в осіб групи 1 спостерігається прискорений темп старіння, що, на наш погляд, відображає вплив специфіки професійної діяльності операторів енергостанції на функціональні можливості

організму. Отже, подальший етап дослідження будувався на розрахунок інформаційних показників професійної адаптації людини, серед яких, окрім функціонального віку та темпу старіння були виділені показники відносної "організації" системи переробки інформації та системи вегетативної регуляції ритму серця (табл. 2).

Таблиця 2
Інформаційна оцінка професійної адаптації обстежуваних осіб різних професійних груп

Інформаційні критерії професійної адаптації людини	Група 1	Група 2	Група 3
Функціональний вік, роки	45,9±8,8	49,4±7,5	48,2±4,1
Темп старіння, у.о.	1,13±0,08	1,03±0,06	1,07±0,02
Відносна „організація” системи переробки інформації, у.о.	0,235±0,032	0,196±0,026*	0,273±0,017
Відносна „організація” системи вегетативної регуляції ритму серця, у.о.	0,392±0,034*	0,421±0,042	0,481±0,029

Примітка: * - $p < 0,05$ по відношенню до осіб групи 3 (контроль).

Аналіз характерного збільшення значень відносної "організації" системи переробки інформації та системи вегетативної регуляції ритму серця в осіб контрольної групи виявив їх відповідність функціональному стану «зосереджена праця» (табл. 2), відображенням якого виступали вищі, порівняно з іншими професійними групами досліджуваних, показники рівня психомоторної та розумової працездатності, (табл. 1) на тлі зменшення варіабельності значень кардіоінтервалів та звуження гістограми розподілу кардіоінтервалів.

В обстежуваних групи 1 було зафіксовано статистично значимо менші значення показника відносної "організації" системи вегетативної регуляції ритму серця, порівняно з групою контролю (табл. 2). Це свідчить про перехід системи кардіорегуляції в умовах розумового навантаження у менш детермінований стан, якому відповідає розширення гістограми масиву кардіоінтервалів, що відбувається внаслідок недостатнього рівня адаптації обстежуваних операторів до умов працездатності. Слід зауважити, що у обстежених усіх професійних груп не було виявлено достовірної різниці за середньо-статистичними значеннями кардіоінтервалів в процесі розумового навантаження, отже величина відносної "організації" системи вегетативної регуляції ритму серця є чутливим кількісним показником порівнюваного ступеня стиснення гістограми розподілу щодо її початкового значення.

Про погіршення професійної адаптації до умов працездатності, пов'язане зі зниженням детермінізму системи переробки інформації, свідчить статистично значимо зменшення значень показника відносної „організації” латентних періодів

сенсомоторних реакцій, яке було виявлено в досліджуваних осіб групи 2, порівняно з групою контролю (табл. 2), що відображує в сезонників наявність недостатньої мобілізації до умов працездатності та пояснює зниження рівня розумової та психомоторної працездатності (табл. 1).

Отриманий факт дав підставу для досконалого вивчення розподілу обстежених осіб за показниками темпу старіння у межах вікових та професійних груп, відповідно (табл. 3).

Таблиця 3

Питома частка обстежених осіб з прискореним, нормальним та уповільненим темпом старіння в досліджуваних професійних групах

ДОСЛІДЖУ- ВАНІ ПРОФЕСІЙНІ ГРУПИ	Темп старіння людини					
	Прискорений		Нормальний		Уповільнений	
	Особі першого періоду зрілого віку	Особі другого періоду зрілого віку	Особі першого періоду зрілого віку	Особі другого періоду зрілого віку	Особі першого періоду зрілого віку	Особі другого періоду зрілого віку
Група 1	20%	24%	75%	72%	5%	4%
Група 2	10%	15%	81%	81%	9%	4%
Група 3	6%	9%	79%	76%	15%	15%

Аналіз даних, представлених у таблиці 3 виявив, що у переважній більшості досліджених осіб різних професійних груп темп старіння відповідає нормальному. Однак, характер розподілу питомої частки осіб з відповідним значенням темпу старіння в межах кожного вікового періоду має певні віко-стажеві тенденції змін структури оцінки функціонального віку обстежених різних професійних груп.

У досліджуваних групи 3 кількість осіб з уповільненим темпом старіння перевищує кількість осіб з прискореним темпом старіння в 2,5 рази в групі першого періоду зрілого віку та в 1,5 рази - в групі другого періоду зрілого віку (табл. 3), хоча середньостатистичне значення темпу старіння у всій групі науковців відповідає нормальному.

У досліджуваних групи 2 виявлено зворотну тенденцію, однак в групі другого періоду зрілого віку, тобто питома частка осіб з прискореним темпом старіння перевищує в 4 рази частку осіб з уповільненим темпом старіння (табл. 3), що свідчить про віко-стажеву тенденцію до погіршення професійної адаптації в досліджуваних сезонників але середньостатистичне значення темпу старіння у групи сезонників відповідає нормальному. Разом з тим, в досліджуваних сезонників в умовах Антарктиди питома частка осіб з нормальним темпом старіння навіть перевищує 80 % в обох вікових періодах, що можна пов'язати з позитивним

впливом факторів професійного середовища на організм людини. Водночас, моніторинг професійної адаптації протягом антарктичної експедиції у сезонних робітників вказує на покращення наступних фізіологічних показників: артеріальний тиск та швидкість відновлення частоти серцевих скорочень після фізичного навантаження, що свідчить про покращення функціонального „робочого” стану та оптимізацію професійної працездатності.

Натомість, у досліджуваних групи 1 питома частка осіб першого періоду зрілого віку з прискореним темпом старіння перевищує у 5 разів відсоток осіб з уповільненим темпом старіння, в осіб другого періоду зрілого віку – навіть в 6 разів (табл. 3), що пояснює наявність прискореного темпу старіння за середньостатистичним показником у всій групі операторів енергостанції та відображає вплив специфіки їх професійної діяльності на погіршення професійної адаптації до умов середовища (табл. 2).

Проведений аналіз результатів масових досліджень осіб, працездальність яких обумовлена різними умовами середовища, доводить, що негативні ефекти впливу робочої середовища особливо помітні у людей після 35 років, а також в осіб з підвищеним рівнем розумових, психоемоційних або робочих навантажень, в операторів складних систем (наприклад атомних електростанцій), у військових операторів. Отримані дані переконали нас у тому, що з метою профілактики впливу вікового фактору на професійну адаптацію необхідним є пошук шляхів вирішення проблеми стабілізації та оптимізації працездатності в межах вікової норми.

Психофізіологічний контроль і корекція працездатності людини в складних операторських професіях допоможе підтримувати роботу операторів в оптимальному стані готовності до негайних дій. Особливо важливо виявляти та застосовувати оптимальний рівень НКТ в кабінах та салонах літаків, космічних апаратів, підводних та надводних суден, оскільки оптимальна та нормальна працездатність персоналу сильно залежить від цього раніше не врахованого фактору. Застосування фактору НКТ в промисловості дозволить оптимізувати працездатність персоналу, понизити аварійність та рівень браку. В операторській діяльності НКТ можуть бути використані як природний стимулятор, а також для зняття втоми і відновлення працездатності операторів. Використання комплексної психофізіологічної діагностики та методів інформаційної оцінки адаптації людини до умов працездальності та моніторинг НКТ допоможе попереджати осіб, що знаходяться в складних умовах роботи (наприклад, водіїв, льотчиків), про необхідність прийняття визначених захисних мір і зміну інтенсивності і напруженості роботи. В зв'язку з цим представляється необхідним створення спеціальних заходів корекції вікового зниження психічних функцій та оптимізації працездатності у працівників старше 35 років.

ВИСНОВКИ

1. Психофізіологічна діагностика осіб різного віку в умовах впливу лімітуючих факторів робочого середовища дозволила виявити вікові особливості прояву адаптаційних механізмів до змін умов працездальності, які характеризують диференційні параметри професійної адаптації, а саме функціональний вік та

- темп старіння людини, швидкість переробки інформації, психомоторна та розумова працездатність.
2. Запропонований спосіб інформаційної оцінки форми гістограми розподілу кардіоінтервалів та латентних періодів сенсомоторних реакцій дозволяє виявити та кількісно оцінити критерії професійної адаптації, які відображають ознаки дезінтегрованості основних контурів регуляторної системи організму та характеризуються наростаючими явищами десинхронозу, порушенням циркадіанних ритмів, погіршенням психофізіологічних функцій та працездатності.
 3. Вплив прискореного професійного старіння на звуження адаптаційних резервів організму осіб в особливих умовах працездатності відображає віко-стажева тенденція зміни структури оцінки функціонального віку обстежених: зменшення осіб з уповільненим темпом старіння відбувається на тлі збільшення осіб з прискореним темпом старіння.

Список літератури

1. Горго Ю.П. Психофізіологія (прикладні аспекти) / Ю.П. Горго. – К.: Вид-во МАУП, 1999.- 128 с.
2. Макаренко Н.В. Психофизиологические функции человека и операторский труд / Н.В. Макаренко. - К.: Наукова думка, 1991. – 216 с.
3. Навакатикян А.О. Возрастная работоспособность лиц умственного труда / А.О. Навакатикян, В.В. Крыжановская. – Киев: Здоров'я, 1979. – 208 с.
4. Кальниш В.В. Особенности умственной работоспособности у операторов тепловых электростанций / В.В. Кальниш, А.О. Навакатикян // Медицина труда и промышленная экология. – 2000. - № 2. – С. 39-44.
5. Whalley L. Cognitive reserve and the neurobiology of cognitive aging / L. Whalley; I. Deary; C. Appleton; J.Starr // Aging Research Reviews. – 2004. – Vol. 3. – P. 369-382.
6. Korobeynikov G. Aging peculiarities of informational processing organization / G. Korobeynikov // Studia Psychologica. – 2001. – Vol. 43. – P. 69-75.
7. Kharkovlyuk-Balakina N.V. Psychophysiological estimation of providing the mental capacity for people at different age / N.V. Kharkovlyuk-Balakina // International Journal of Psychophysiology.- Volume 77. - Issue 3, September 2010. – P. 262.
8. Горго Ю.П. Информационная оценка физиологических сигналов человека при изменении его психоэмоциональных состояний / Ю.П. Горго // Педагогика, психология, медико-биологические проблемы ФВиС. – 2007.- №6. – С. 82-86.
9. Автоматизация эксперимента во время психофизиологических исследований в физиологии труда / А.Л. Решетюк, А.Ю. Буров, А.А. Поляков [и др.] // Методические рекомендации. - К.: МЗ Украины, 1993. – 11 с.
10. Спосіб визначення функціонального віку організму людини // Патент № 14734, Україна, МПК А61 В5/02/. Інститут геронтології АМН України.-3 № 200512330; Заявл. 2005.12.21; Опубл. 2005.03.15.

Харковлюк-Балакіна Н.В. Інформаційний підхід к психофізіологічеській діагностиці професійної адаптації человека в естественних и екстремальних умовах труда / Н.В. Харковлюк-Балакіна, Ю.П. Горго // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 332-341.
В результаті проведення комплексної психофізіологічеської діагностики функціонального стану організму в умовах впливу лімітуючих факторів робочої середовища и використання інформаційної оцінки параметрів работоспособности людей різних професійних груп були виявлені віково-стажеві особливості проявлення адаптаційних механізмів к умовам трудової діяльності, которые характеризуют дифференціальні критерії професійної

адаптації людини, а саме: функціональний вік і темп старіння людини, швидкість обробки інформації, психомоторна і умовна здатність.

Ключові слова: екстремальні умови трудової середовища, психофізіологічні параметри здатності, темп старіння людини, інформаційна оцінка професійної адаптації.

Kharkovlyuk-Balakina N.V. Informative approach to psychophysiological diagnostics of professional adaptation of man in natural and extreme terms of activity / N.V. Kharkovlyuk-Balakina, Y.P. Gorgo // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No. 4. – P. 332-341.

As a result of application of complex psychophysiological diagnostics and informative estimation of professional adaptation of people at different age in the conditions of influence of limiting factors of working environment, it was found out that age features of display of adaptation mechanisms to the terms of activity, which characterize differential parameters of professional adaptation, namely functional age and rate of senescence of man, speed of processing of information, psychomotor and mental capacity.

Keywords: special terms of activity, psychophysiological parameters of capacity, rate of senescence of man, informative estimation of professional adaptation.

Поступила в редакцію 28.10.2011 г.

УДК 612.14

**ОСОБЕННОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА
У СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ В УСЛОВИЯХ РАВНИНЫ
ПОСЛЕ ПРЕБЫВАНИЯ В ГОРАХ НА ВЫСОТЕ 2100 М**

Черкес Л.И.

*Международный центр астрономических и медико-экологических исследований НАН
Украины, Киев, Украина
E-mail: vilyin@voliacable.com*

Проведен сравнительный анализ функционального состояния регуляторных систем организма у специализирующихся в скоростно-силовых видах легкой атлетики высококвалифицированных спортсменов после учебно-тренировочных сборов в условиях среднегорья и на уровне моря. Показано, что горная подготовка вызывает положительные эффекты, проявляющиеся в улучшении функционального состояния спортсменов, смещении вегетативного баланса в область преобладания вагусных влияний и повышении устойчивости к функциональным нагрузкам, которое сохраняется и на 25 сутки после возвращения с гор.

Ключевые слова: среднегорье, кардиоритмография, вегетативный гомеостаз, функциональные нагрузки.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время показано, что анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) является высокоэффективным методом оценки функционального состояния организма человека, который позволяет прогнозировать общие тенденции в развитии различных процессов в организме, в том числе адаптационного к различным факторам внешней среды, а также риск развития патологического и компенсаторного процессов [1–7]. Исследования ВСР находят широкое применение и при контроле состояния здоровья и тренированности людей, ведущих активный образ жизни, а также в спорте высших достижений при оценке эффективности различных систем подготовки спортсменов, в том числе и горной [6].

Известно, что положительные эффекты горной подготовки проявляются не сразу после возвращения с гор. Требуется определенный период реакклиматизации, продолжительность которого зависит от индивидуальных особенностей организма спортсмена. Примерно 50-60% спортсменов в первые несколько дней способны показать высокие результаты и продемонстрировать высокую работоспособность в специальных тестах. После этого может наступить достаточно продолжительная фаза (5-6 дней) снижения функциональных возможностей организма спортсменов. У остальных 40-50% спортсменов эта фаза наступает сразу после возвращения в равнинные условия, которая может продолжаться до 6-8 дней и более [8, 9]. После окончания фазы пониженных функциональных возможностей проявляется

отставленный эффект горной подготовки, который по отношению к важнейшим компонентам функциональной подготовленности спортсмена может развиваться в течение последующих 8-12 дней. Максимальные величины потребления кислорода обычно регистрируются через 3-4 недели после возвращения в равнинные условия [10].

Цель работы. Провести сравнительный анализ функционального состояния регуляторных систем организма у высококвалифицированных спортсменов после учебно-тренировочных сборов в условиях среднегорья и на уровне моря.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В условиях равнины в г. Киеве 7 спортсменов после трехнедельного пребывания в условиях средне- (высота 2100 м) и низкогорья (900-1000м) и 7 спортсменов после учебно-тренировочного сбора на уровне моря в г. Ялте, проходили обследования на экспериментальной базе Государственного Научно-исследовательского института физической культуры и спорта Украины на 25 сутки после завершения учебно-тренировочных сборов. Обследованные спортсмены имели квалификацию мастер спорта и мастер спорта международного класса и являлись членами сборной Украины, специализирующихся в легкоатлетическом спринте на 400 и 800 м. Средний возраст обследованных спортсменов составлял $26,7 \pm 2,95$ лет. Все спортсмены участвовали в кардиоритмографическом обследовании в состоянии покоя лежа и при проведении активной ортостатической пробы (АОП).

В соответствии с «Международным стандартом» [11] в исследованиях продолжительность записи КРГ составляла 5 минут (300 с). Рассчитывались статистические характеристики динамического ряда кардиоинтервалов: количество кардиоинтервалов (N); математическое ожидание динамического ряда (RRNN); стандартное отклонение нормальных величин R-R интервалов (SDNN); коэффициент вариации ($CV=100 \times SDNN/RRNN$); доля последовательных R-R интервалов, различие между которыми превышает 50 мс (pNN50, %). Числовыми характеристиками вариационной пульсограммы являются: "Мода" (Mo), "Амплитуда моды" (AMo), "Индекс напряженности" (ИН), "Индекс вегетативной регуляции" (ИВР), "Вегетативный показатель ритма" (ВПР), "Показатель адекватности процессов регуляции" (ПАПР).

Спектральный анализ производился по методу быстрого преобразования Фурье. Определялись все спектральные максимумы и мощности спектра в $мс^2$ в следующих диапазонах; сверхмедленный диапазон (VLF)– от 0,003 Гц до 0,04 Гц; диапазон медленных волн (LF) – от 0,04 до 15 Гц; диапазон высокочастотных (дыхательных) волн (HF) – от 0,15 до 0,40 Гц; диапазон сверхвысокочастотных волн (VHF) – от 0,40 до 1,00 Гц, общая мощность спектра ($TP_{0-0,40}$) в диапазоне от 0,003 Гц до 0,40 Гц.

Для анализа и оценки полученных данных применялись методы параметрической и непараметрической статистики и факторного анализа [12].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В Табл. 1 приведены результаты математического анализа ВСР в состоянии относительного покоя у 7 спортсменов, проводивших учебно-тренировочный сбор в горах, и 7 спортсменов, проводивших учебно-тренировочный сбор на уровне моря.

При сравнении с группой спортсменов, тренировавшихся на уровне моря, в первую очередь, обращает на себя достоверно более низкие значения показателей вариационной пульсометрии RRNN, Mo, SDNN, AMo, ΔR-R, CV, pNN50, pNN50, ИИ, ИВР, ПАПР, ВПР, ПАРС и спектрального анализа HF, HFnu и LF/HF у спортсменов, прошедших учебно-тренировочный сбор в условиях среднегорья. Это указывает на меньшую у них напряженность регуляторных процессов в организме и преобладание в вегетативном балансе вагусных влияний. Показатели спектрального анализа ВСР также указывают на лучшее функциональное состояние организма у спортсменов после пребывания в горах. Это подтверждается достоверно ($p < 0,001$) более низкими значениями мощности низкочастотного (LF) и сверхвысокочастотного (VHF) компонентов ($p < 0,05$).

Таблица 1

Средние значения показателей математического анализа variability ритма сердца в состоянии относительного покоя у спортсменов, прошедших учебно-тренировочный сбор в условиях среднегорья и на уровне моря

Показатели	Уровень моря (n=7)	Среднегорье (n=7)
RRNN, мс	944±16,4	1211±19,1*
Mo, мс	950±18,8	1200±19,7*
SDNN, мс	35,8±6,0	85,5±5,7**
AMo, %	42±2,0	24,2±2,0*
ΔR-R, мс	181±45,2	483±70,0**
CV, %	3,7±0,69	30,6±0,67***
pNN50, %	3,5±1,73	15,7±4,52**
ИИ	122±27,1	21±6,9***
ИВР	211±35,4	50±4,3**
ПАПР	44±3,6	20±1,4*
ВПР	5,8±0,66	1,7±0,45**
VLF, мс ² /Гц	6153±340,3	4413±136,8***
LF, мс ² /Гц	6555±300,5	5572±250,2***
HF, мс ² /Гц	4577±340,9	7275±400,3**
VHF, мс ² /Гц	1084±370,6	485±262,2*
TP _{0-0,40} , мс ² /Гц	17231±720,0	17205±672,0
LF nu	37,9±2,03	9,1±1,66***
HF nu	26,5±2,03	88,5±1,66**
LF/HF	1,42±0,169	0,75±0,056***
ПАРС	3±0,2	2±0,2*

Примечание: среднее значение ± стандартная ошибка; * отличие от контрольной группы на уровне $p < 0,05$; ** - $p < 0,01$; *** $p < 0,001$

ОСОБЕННОСТИ ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА...

В Табл. 2 приведены средние показатели вариационного и спектрального анализа ВСР, полученные при проведении активной ортостатической пробы у спортсменов после проведения учебно-тренировочных сборов на уровне моря и в горах.

На основе сравнительного анализа данных, приведенных в таблице 2, можно прийти к выводу, что в целом у спортсменов обеих групп наблюдается адекватная реакция сердечно-сосудистой системы на данную функциональную пробу. Однако у спортсменов, прошедших учебно-тренировочный сбор на уровне моря, при проведении активной ортопробы наблюдается несколько большее напряжение регуляторных систем организма. На это указывают достоверно ($p < 0,05$) более высокие значения ИН. Более высокое напряжение функциональных систем данных спортсменов может быть обусловлено избыточной активацией симпатического отдела вегетативной нервной системы, что подтверждают высокие значения АМо и LF, а также достоверно ($p < 0,05$) более высокие мощности сверхвысокочастотной компоненты (VHF) в спектре ВСР.

Таблица 2

Показатели ВСР при проведении активной ортопробы у спортсменов, прошедших учебно-тренировочные сборы на уровне моря и в горах

Показатели	На уровне моря (n=7)	Среднегорье (n=7)
RRNN, мс	806±28,4	797±26,8
Мо, мс	774±29,1	758±27,7
SDNN, мс	51,7±8,77	66,8±7,51
АМо, %	48±2,8*	40±2,6
ΔR-R, мс	329±36,3	416±47,8
CV, %	6,2±0,97	8,6±0,97
PNN50, %	13,3±2,11	18,5±2,13
ИН	164±26,2*	113±21,4
ИВР	232±37,0	168±31,4
ПАПР	67±5,7	55±3,8
ВПР	5,9±0,67	4,6±0,58
VLF, мс ² /Гц	6548±455,7*	5523±348,9
LF, мс ² /Гц	7603±833,2*	6453±338,5
HF, мс ² /Гц	1411±228,4***	4439±329,7
VHF, мс ² /Гц	2342±351,4***	1204±240,8
TP _{0-0.40} , мс ² /Гц	18010±752,5*	17735±102,4
LF/HF	5,27±1,075***	1,48±0,086
ПАРС	4±0,3*	3±0,3

Примечание: среднее значение ± стандартная ошибка; * отличие от группы спортсменов без СКС на уровне $p < 0,05$

Для выявления удельного веса факторов, которые определяют распределение кардиоинтервалов у спортсменов, проводивших учебно-тренировочный сборы в горах и на уровне моря, факторному анализу подвергали массивы, состоящие из 9 первичных показателей (RRNN, Mo, SDNN, AMo, ΔR-R, VLF, LF, HF, VHF), которые описывают распределение кардиоинтервалов, состояние регуляторных систем и вегетативный баланс.

Проведенный факторный анализ позволил выделить на уровне значимости >0,70 три фактора, которые описывают 85,6% изменений в распределениях кардиоинтервалов у спортсменов, проводивших учебно-тренировочный сбор в горах (рис. 1).

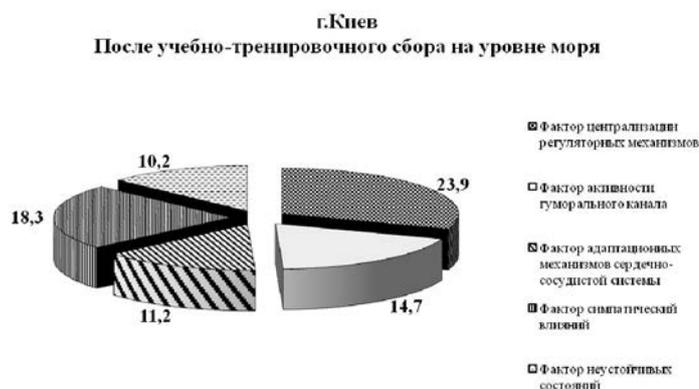
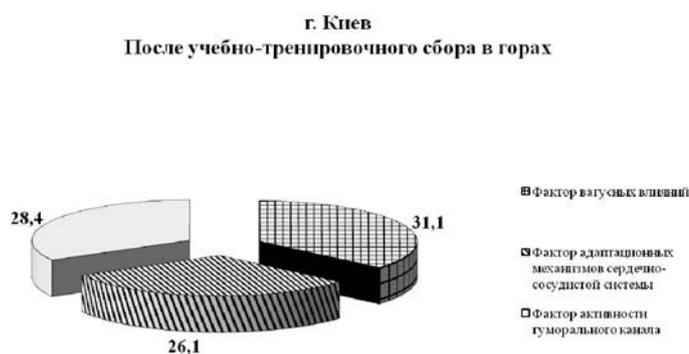


Рис. 1 Удельный вес факторов, которые определяют состояние регуляторных систем организма у спортсменов в состоянии относительного покоя и при проведении активной ортопробы в условиях равнины (г. Киев)

По показателям, обладающим наибольшим весом, каждому фактору, характеризующему изменения распределения кардиоинтервалов и волновой структуры сердечного ритма в условиях равнины, можно придать определенный физиологический смысл.

Самый большой вес имеет фактор вагусных влияний, содержащий показатели SDNN, $\Delta R-R$ и HF, отражающие активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. На втором месте фактор активности гуморального канала входят RRNN и Mo, характеризующие уровень функционирования синусового узла. На третьем месте фактор низкочастотных или медленных волн, в который входит LF, отражающие активность адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы, т.е фактор адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы.

По сравнению с конечным этапом пребывания в горах у спортсменов в определении функционального состояния регуляторных механизмов отсутствует фактор централизации регуляторных механизмов и симпатических влияний. Это свидетельствует о том, что на 25 день после возвращения с гор вегетативный баланс у спортсменов сместился в область преобладания вагусных влияний. Этот вывод подтверждают и данные, приведенные в таблице 1. У спортсменов средняя по группе величина LF/HF составляет $0,75 \pm 0,056$.

У спортсменов, прошедших учебно-тренировочный сбор на уровне моря, проведенный факторный анализ массива данных позволил выделить на уровне значимости $>0,70$ пять факторов, описывающих 78,3% изменений в распределениях кардиоинтервалов (рис. 1).

В состав имеющего наибольший вес первого фактора - фактора централизации регуляторных механизмов входит VLF. Эти показатели отражают соответственно активность центрального контура регуляции и церебральных эрготропных влияний. Второй фактор - фактор симпатических влияний на сердечный ритм входит только AMo, который характеризует активность симпатического отдела вегетативной нервной системы. Третий фактор - фактор активности гуморального канала содержит RRNN и Mo, характеризующие уровень функционирования синусового узла и его отклонение от нормы покоя. Четвертый фактор - фактор адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы содержит LF, отражающий активность адаптационных механизмов сердечно-сосудистой системы, которые обеспечивают локальное и общее приспособление сосудистой системы к изменениям ударного и минутного объема крови [6]. Пятый фактор – фактор неустойчивых состояний, содержащий VHF. Он отражает активность высших отделов нервной системы при возникновении неустойчивых состояний организма [13, 14].

Анализ данных позволяет сделать вывод, что у спортсменов после тренировок на уровне моря в состоянии относительного покоя и при функциональных нагрузках факторы центральных и симпатических влияний играют большую роль. Кроме того, у данных спортсменов при формировании реакции организма на нагрузку появляется фактор неустойчивых состояний, в то время как у спортсменов после тренировок в горах этот фактор отсутствует (рис. 1).

ВЫВОДЫ

1. У спортсменов, прошедших учебно-тренировочный сбор в условиях среднегорья, по сравнению со спортсменами, тренировавшимися на уровне моря, в покое наблюдается более низкая напряженность регуляторных процессов в организме и преобладание в вегетативном балансе вагусных влияний.
2. В условиях равнины у спортсменов после проведения учебно-тренировочных сборов на уровне моря и в горах наблюдается адекватная реакция сердечно-сосудистой системы на активную ортопробу. Однако у спортсменов, прошедших учебно-тренировочный сбор на уровне моря, при проведении активной ортопробы наблюдается несколько большее напряжение регуляторных систем организма.
3. Проведение учебно-тренировочного сбора в горах вызывает положительные эффекты, проявляющиеся в улучшении функционального состояния спортсменов, смещении вегетативного баланса в область преобладания вагусных влияний и повышении устойчивости к функциональным нагрузкам, которое сохраняется и на 25 сутки после возвращения с гор.

Список литературы

1. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии / Р.М.Баевский. – М.: Мир, 1979. – 295 с.
2. Жемайтите Д.И. Возможности клинического применения и автоматического анализа ритмограмм: Автореф. дисс... д-ра мед. наук: 00.06 / Каунасский мед. ин-т. – Каунас, 1972. – 51 с.
3. Жемайтите Д. Автономный контроль сердечного ритма у больных ИБС в зависимости от сопутствующей патологии и осложнений / Д.Жемайтите, Г.Варонескас, Г.Жилюкас // Физиология человека. – 1999. – 25, № 3. – С. 56-65.
4. Ильин В.Н. Ритмокардиографические методы оценки функционального состояния организма человека / В.Н.Ильин, Л.М.Батырбекова, М.Х.Курданова, Х.А.Курданов. – М.: Илекса; Ставрополь: Сервисшкола, 2003. – 80с.
5. Миронов В.А. Клинический анализ волновой структуры сердечного ритма при гипертонической болезни. – Автореф. дисс... доктора мед. наук. – Оренбург. – 1999. - 36 с.
6. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метод / В.М.Михайлов. – Иваново: Иван. Гос. Мед. Академия, 2002. – 290 с.
7. Saltin B. Exercise and the Environment: Focus on Altitude / B.Saltin // Res. Quarterly Exerc. Sport. – 1996. – Vol. 67. – P. 1-10.
8. Суслов Ф.П. Тренировка в условиях среднегорья как средство повышения спортивного мастерства: Автореф. дисс... д-ра пед. наук. – М., 1985. – 48 с.
9. Суслов Ф.П. Соревновательная подготовка и календарь соревнований / Ф.П.Суслов // Современная система спортивной подготовки. – М.: СААМ, 1995. – С. 73-79.
10. Суслов Ф.П. Тренировка в среднегорье в системе подготовки спортсменов / Ф.П.Суслов, М.М.Булатова, А.К.Красильщиков // Лекция для студентов институтов физической культуры и слушателей факультетов повышения квалификации. К.: КГИФК, 1987. – 20 с.
11. Task Force of the European of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standarts of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use// Circulation. –1996. – 93.–P. 1043-1065.
12. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных / М.Ю. Антомонов. – К., 2006. – 558 с.
13. Ефанова Ю.К. Классификация функциональных состояний организма квалифицированных гребцов методом структурно-лингвистического анализа вариабельности сердечного ритма /

Ю.К.Ефанова, В.Н. Ильин // Мат. IX міжнародного наук. конгресу "Олімпійський спорт і спорт для всіх", Київ, Україна, 20-23 вересня, 2005 р. – С. 662.

14. Ильин В.Н. Применение теории ультрастабильных систем для оценки функционального состояния организма человека / В.Н. Ильин // УСиМ. – 2000. – N1. – С.14–19.

Черкес Л.І. Особливості варіабельності серцевого ритму у спортсменів вищої кваліфікації в умовах рівнини після перебування в горах на висоті 2100 / Л.І. Черкес // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 342-349.

Проведено порівняльний аналіз функціонального стану регуляторних систем організму у спортсменів вищої кваліфікації, які спеціалізуються у швидкісно-силових видах легкої атлетики, після учбово-тренувальних зборів в умовах середньогір'я і на рівні моря. Показано, що горна підготовка викликає позитивні ефекти, що виявляють себе у зміщенні вегетативного балансу в напрямку переважання вагусних впливів і підвищення стійкості до функціональних навантажень, котрі зберігаються і на 25 добу після повернення з гір.

Ключові слова: середньогір'я, кардіоритмографія, вегетативний гомеостаз, функціональні навантаження.

Cherkes L.I. Key characteristics of cardiac rhythm variability in highly qualified athletes after return from the altitude of 2100 meters / L.I. Cherkes // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 342-349.

We have studied a group of athletes who compete in speed-power disciplines. The athletes spent a period of time at the altitude of 2100 meters and the state of their regulatory systems was measured on their return to normal conditions. We have shown that training at the altitude improves the functional state, shifts the vegetative balance towards the prevalence of vagus influences, and improves stamina. The positive effects remain as long as 25 days after return from the altitude.

Keywords: vegetative homeostasis, functional loads, mid-range altitude, cardiac rhythms.

Поступила в редакцію 12.09.2011 г.

УДК 612.135:528.811+537-96

ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КОЖИ ЧЕЛОВЕКА И ИХ РОЛЬ В МОДУЛЯЦИИ ТКАНЕВОГО КРОВОТОКА НИЗКОИНТЕНСИВНЫМ МИЛЛИМЕТРОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Чуян Е.Н., Ананченко М.Н.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: elena-chuyan@rambler.ru*

Методом лазерной доплеровской флоуметрии выявлены типологические различия показателей микроциркуляции испытуемых, на основе которых выделены аperiodический тип ЛДФ-грамм, монотонный с низкой и высокой перфузией. Показано, что низкоинтенсивное мм излучение оказывает эффективное корректирующее дифференцированное влияние на показатели периферической микрогемодинамики, вызывая компенсаторно-приспособительные реакции у испытуемых с разными типологическими особенностями микроциркуляторных процессов. При этом низкоинтенсивное мм излучение привело к нивелированию межгрупповых различий и приближению значений показателей микроциркуляции у испытуемых с монотонными типами микроциркуляции к наиболее сбалансированному в функциональном отношении аperiodическому, что свидетельствует о его гомеостатическом действии.

Ключевые слова: низкоинтенсивное электромагнитное излучение миллиметрового диапазона, микроциркуляция крови, метод лазерной доплеровской флоуметрии, функциональные пробы, нормо-, гипо-, гиперемический типы микроциркуляции.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных проблем современной физиологии является исследование микроциркуляции крови. Известно, что в микроциркуляторном русле, помимо обеспечения транскапиллярного обмена, реализуется и его реакция на воздействие факторов внешней и внутренней среды, в том числе электромагнитной природы [1, 2]. Среди электромагнитных факторов низкой интенсивности в настоящее время широко исследуются биологические эффекты низкоинтенсивного ЭМИ миллиметрового (мм), или крайневисокочастотного (КВЧ), диапазона. Вместе с тем, сведения, представленные в литературе по влиянию ЭМИ на процессы микроциркуляции весьма немногочисленны и крайне противоречивы даже при условии совпадения используемых методов воздействия, регистрируемых параметров и схем проведения исследований, что, возможно, обусловлено различным исходным состоянием микроциркуляторного русла, которое в проводимых исследованиях чаще всего не учитывается.

В связи с этим целью нашей работы явилось выявление типологических особенностей микроциркуляции кожи человека и их роли в модуляции тканевого кровотока низкоинтенсивным миллиметровым излучением.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проведены на 89 студентах-волонтерах женского пола в межменструальном периоде без патологии сердечно-сосудистой системы в возрасте 18-23 лет, давших добровольное согласие на проведение исследований.

Проведены две экспериментальные серии. *В первой серии экспериментов* с помощью метода лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ), позволяющего не только оценить общий уровень периферической перфузии, но и выявить особенности состояния и регуляции кровотока в микроциркуляторном русле [3], проводилось исследование исходной кожной микроциркуляции испытуемых.

ЛДФ-метрию осуществляли лазерным анализатором кровотока «ЛАКК-02» (производство НПП «Лазма», Россия) с источником лазерного излучения, работающим на длине волны 0,8 мкм. Головка оптического зонда фиксировалась на волярной поверхности 2-го пальца правой руки. Эта зона наиболее богатая вегетативными и сенсорными нервными волокнами, поэтому служит лучшим объектом для исследования нейрогенной регуляции сосудов [3]. Все исследования проводились в утреннее время суток в условиях физического и психического покоя после предварительной адаптации испытуемых к температуре помещения 23⁰С в положении лежа на спине.

В качестве параметров, анализируемых при измерении тканевого кровотока методом ЛДФ, рассматривали неосцилляторные показатели базального кровотока: показатель перфузии (ПМ, перф.ед.), среднее квадратичное отклонение (СКО, перф.ед.), коэффициент вариации (Кв, %) [3, 4].

Это позволило выделить три типа ЛДФ-грамм: аperiодический, монотонный с низкой и высокой перфузией, в соответствии с которыми испытуемые были разделены на три группы (n=33, n=29, n=27 соответственно).

У испытуемых выделенных групп с помощью вейвлет-анализа определяли амплитуды колебаний кровотока разных частотных диапазонов: эндотелиального (Аэ), нейрогенного (Ан), миогенного (Ам) ритма, являющихся активными составляющими регуляции микрокровотока, непосредственно воздействующими на систему микроциркуляции, а также дыхательного (Ад) и пульсового (Ас) ритмов, являющихся пассивными факторами регуляции, действующими вне системы микроциркуляции [5]. Также рассчитывался индекс эффективности микроциркуляции (ИЭМ) [3], оценивался нейрогенный (НТ) и миогенный тонусы (МТ) микрососудов [4]. Расчетными методами определяли общий объемный кровоток (ООК, перф.ед./мм рт.ст.), объемный нутритивный кровоток (ОНК, перф.ед./мм рт.ст.), объемный шунтовой кровоток (ОШК, перф.ед./мм рт.ст.) [6].

Для оценки состояния механизмов регуляции тканевого кровотока, а также общего функционального состояния микроциркуляторного русла применяли функциональные пробы, представляющие искусственно вызванную нагрузку на сосуды: дыхательная, постуральная, окклюзионная и фармакологическая. При дыхательной пробе оценивались исходный НТ в покое и относительная величине снижения ПМ (ΔПМд), позволяющие определять рефлекторную активность симпатических волокон. При постуральной пробе использовался показатель ΔПМп, отражающий активность миогенных механизмов и реактивность

венулоартериолярных реакций. При окклюзионной пробе определяли резерв кожного кровотока (РККо, %), период полувосстановления кровотока после окклюзии ($T_{1/2}$, с), $A_э$ и A_m , позволяющие судить о функциональных резервах капиллярного русла и реактивности гладкомышечных клеток прекапиллярного звена. Проведение фармакологической пробы реализовывалось с помощью блока для организации функциональных проб «ЛАКК-ТЕСТ» (Россия, «Лазма») с использованием ионофоретического пробника. При поочередном введении АХ и НП оценивалась реакция кожного кровотока (РКК), функциональная активность эндотелия (ФАЭ) и амплитуда эндотелиальных колебаний ($A_э$) [3, 4].

Методики определения параметров микроциркуляции в состоянии покоя и при функциональных пробах подробно описаны в наших предыдущих статьях [7–9].

Во второй серии экспериментов каждая из трех групп испытуемых была разделена на контрольную и экспериментальную. Испытуемые экспериментальной группы ($n=59$) подвергались действию низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ, а волонтеры контрольной ($n=30$) – ложному воздействию данного физического фактора (плацебо).

Воздействие ЭМИ КВЧ осуществлялось на протяжении 10-ти дней, ежедневно, в утреннее время суток на 7-миканальном аппарате «РАМЕД. ЭКСПЕРТ-04» (длина волны – 7,1 мм, плотность потока мощности – $0,1 \text{ мВт/см}^2$) с экспозицией 30 минут на биологически активные симметричные точки E-34, RP-6 и GI-4 и GI-15 правого плечевого сустава, которые являются общеукрепляющими, их стимуляция регулирует работу сердечно-сосудистой, центральной и вегетативной нервных систем [10].

ЛДФ-исследование проводили до (контрольное измерение), а также на 3, 5, 7, 10-е сутки эксперимента сразу после КВЧ-воздействия, функциональные пробы повторяли после 5 и 10-го воздействий.

Статистическая обработка материала проводилась путем вычисления среднего значения исследуемых величин (M) и его ошибки (m). Оценка достоверности внутригрупповых различий полученных данных проводилась с использованием критерия Вилкоксона (Wilcoxon matched pairs test), межгрупповых различий – с помощью U-теста Манна-Уитни (Mann-Whitney U Test) [11].

Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Microsoft Excell и программного пакета «STATISTICA – 8.0».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Типологические особенности микроциркуляции кожи испытуемых. ЛДФ-метрия выявила определенные типологические отличия показателей микроциркуляции испытуемых, на основе которых было выявлено три типа ЛДФ-грамм: аperiодический (37,08% испытуемых), монотонный с низкой (32,58% испытуемых) и высокой перфузией (30,34% испытуемых).

Аperiодический тип ЛДФ-граммы характеризовался высокими значениями перфузии (табл. 1) и показателей объемного кровотока (рис. 1), что свидетельствует о высокой интенсивности тканевого кровотока; высокими значениями СКО, Кв, отражающих высокую активность колебательных процессов тканевого кровотока, а также ИЭМ (см. табл. 1; рис. 2-А). Для испытуемых данной группы были

характерны относительно высокие значения Аэ, Ан, Ам на фоне низких Ад и Ап (см. табл. 1; рис. 2-А).

Таблица 1.

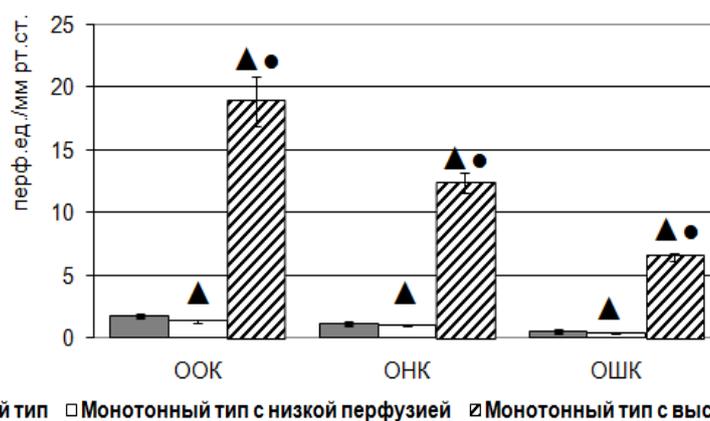
Значения показателей микроциркуляции и их различий (в % относительно значений показателей у испытуемых с аperiодическим типом, принятых за 100%) у испытуемых с различными типами ЛДФ-грамм

Показатели	Типы ЛДФ-грамм		
	Аperiодический (n=33)	Монотонный с низкой перфузией (n=29)	Монотонный с высокой перфузией (n=27)
ПМ, перф.ед.	26,64±1,01	16,58±1,35; ↓(-37,70%)	36,34±1,19; ↑+36,41%)
СКО, перф.ед.	4,49±0,11	2,91±0,40; ↓-35,28%)	2,26±0,29; ↓-49,70%)
Кв, %	15,88±0,58	18,52±0,72; ↑+16,60%)	6,45±0,96; ↓-59,40%)
Аэ, перф.ед.	13,81±0,60	12,44±0,60; ↓(-10,23%)	16,00±0,43; ↑+15,70%)
Ан, перф.ед.	14,08±1,65	11,15±0,72; ↓-20,82%)	18,64±0,92; ↑+32,33%)
НТ	2,44±0,15	2,88±0,11; ↑+17,81%)	1,82±0,09; ↓-25,40%)
Ам, перф.ед.	9,70±1,21	8,33±0,97; ↓(-14,30%)	15,98±0,57; ↑+64,85%)
МТ	3,35±0,17	3,98±0,18; ↑+18,75%)	2,79±0,11; ↓(-16,90%)
Ад, перф.ед.	3,78±0,63	2,42±0,28; ↓-36,04%)	6,13±0,77; ↑+62,00%)
Ас, перф.ед.	1,97±0,25	1,87±0,16; ↓(-5,01%)	4,78±0,45; ↑+142,72%)
ИЭМ	2,50±0,15	2,01±0,16; ↓-19,67%)	1,70±0,05; ↓-31,90%)

Примечания: ↓ – достоверные увеличения/снижения ($p \leq 0,05$) значений показателей микроциркуляции у испытуемых с монотонными типами ЛДФ-грамм по отношению к таковым у испытуемых с аperiодическим типом; ↑ – тенденция к увеличению/снижению ($p \geq 0,05$) значений показателей микроциркуляции у испытуемых с монотонными типами ЛДФ-грамм по отношению к таковым у испытуемых с аperiодическим типом, принятых за 100%; остальные обозначения указаны в тексте.

Известно, что эндотелиальные колебания в диапазоне 0,01 Гц обусловлены выбросом вазодилатора оксида азота (NO), участвующего в регуляции тонуса гладких мышц сосудов [12]. Нейрогенные колебания в диапазоне 0,02-0,05 Гц указывают на влияние со стороны адренергических волокон симпатической нервной системы на гладкомышечные клетки резистивных микрососудов, а миогенные отображают функциональную активность миоцитов и прекапиллярного звена микроциркуляторного русла [13, 14]. Согласно литературным данным [15], такое распределение гемодинамических осцилляций отражает высокую сбалансированность пре- и посткапиллярных влияний на модуляцию тканевого кровотока и свидетельствует об адекватном притоке со стороны артериол и своевременном оттоке периферической крови со стороны венул.

Результаты функциональных проб (табл. 2; рис. 2-А) свидетельствуют об оптимальном уровне взаимодействия эндотелий-зависимого, эндотелий-независимого и нейрогенного компонентов регуляции процессов микроциркуляции.



■ Апериодический тип □ Монотонный тип с низкой перфузией ▨ Монотонный тип с высокой перфузией

Рис.1. Показатели объемного кровотока: ООК– общий объемный кровоток, ОНК – объемный нутритивный кровоток, ОШК– объемный шунтовой кровоток (перф. ед./мм рт.ст.) у испытуемых с различными типами ЛДФ-грамм.

Примечания: ▲ - достоверность отличий по критерию Манна-Уитни относительно значений у испытуемых с апериодическим типом ЛДФ-грамм ($p \leq 0,05$); ● - достоверность отличий по критерию Манна-Уитни относительно значений у испытуемых с монотонным типом и низкой перфузией ($p \leq 0,05$).

Следовательно, данный тип ЛДФ-граммы, согласно нашим и литературным данным [16–19], можно отнести к нормоемическому гемодинамическому типу.

Для испытуемых с **монотонным типом ЛДФ-граммы и низкой перфузией** характерна малая кровенаполняемость микрососудов, что отражено в достоверно более низких по сравнению с испытуемыми с апериодическим типом ЛДФ-граммы значениях показателей объемного кровотока (см. рис. 1), ПМ, ИЭМ и СКО (см. табл. 1; рис. 2-А), что обуславливает монотонный характер ЛДФ-граммы. Такие особенности связаны с высокой активностью симпатических адренергических волокон, о чем свидетельствуют низкие Аэ и Ад на фоне повышенного НТ (см. табл. 1), что приводит к некоторому спазму микрососудов, а следовательно повышению МТ (см. табл. 1) резистивных сосудов [13]. Низкие вазомоторные амплитуды (см. табл. 1) тканевого кровотока свидетельствуют об увеличенной жесткости сосудистой стенки и, следовательно, повышенном периферическом сопротивлении, результатом чего является низкая перфузируемость микрососудов, а также слабая модуляция тканевого кровотока. О чрезмерной активности нейрогенного компонента у испытуемых данной группы свидетельствует также высокая реактивность сосудов при стимулированной модуляции кровотока, выявленная в результате проведения дыхательной и окклюзионной проб, что отражается в низких значениях Δ ПМд, а также коротком периоде полувосстановления (см. табл. 2) тканевого кровотока после окклюзии [3, 13]. Так, согласно нашим и литературным данным [16-19] данный тип ЛДФ-граммы можно отнести к гипоемическому, или спастическому, типу микрогемодинамики.

Таблица 2.

Значения показателей функциональных проб и их различий (в % относительно значений показателей у испытуемых с аperiодическим типом, принятых за 100%) у испытуемых с различными типами ЛДФ-грамм

Пробы	Показатели	Типы ЛДФ-грамм			
		Аperiодический (n=33)	Монотонный с низкой перфузией (n=29)	Монотонный с высокой перфузией (n=27)	
Постуральная	ΔПМп, %	36,57±2,56	38,35±2,67; ↓ (-4,64%)	26,78±2,10; ↓ (-26,77%)	
	ΔПМд, %	35,21±2,51	25,77±1,47; ↓ (-26,81%)	42,54±2,49; ↑ (+20,82%)	
Дыхательная	НТ, усл. ед.	2,44±0,15	2,88±0,11; ↑ (+18,03%)	2,15±0,18; ↓ (-11,89%)	
	Окклюзионная	ПМисх, ерф.ед. РККо, % Т1/2, с Аэ, перф. ед. Ам, перф. ед.	23,38±1,96 151,91±3,45 27,45±2,03 16,30±0,80 15,97±0,64	16,67±1,28; ↓ (-28,70%) 222,07±7,01; ↑ (+46,19%) 13,99±1,15; ↓ (-49,03%) 17,56±0,67; ↑ (+21,78%) 13,69±0,80; ↓ (-14,28%)	32,16±0,92; ↑ (+37,55%) 129,73±7,06; ↓ (-14,60%) 40,48±2,67; ↑ (+47,47%) 16,65±0,66; ↓ (-4,78%) 19,48±0,82; ↑ (+21,98%)
Фармакологическая	РКК(АХ), % РКК(НП), % ФАЭ, %	212,71±8,23	401,15±16,8; ↑ (+88,59%)	181,53±8,96; ↓ (-14,66%)	
		181,23±11,2	213,30±17,58; ↑ (+17,7%)	168,30±19,87; ↓ (-7,13%)	
		19,43±2,00	96,77±6,92; ↑ (+398,04%)	11,64±1,06; ↓ (-40,09%)	
	Пспи	Аэ(АХ), перф. ед.	14,64±0,67	19,96±0,64; ↑ (+36,33%)	12,13±0,73; ↓ (-17,14%)
		Аэ(НП), перф. ед.	12,83±0,57	15,55±1,46; ↑ (+21,2%)	11,13±1,42; ↓ (-13,25%)
		ΔАэ(АХ/НП), %	12,83±0,57	33,20±2,31; ↑ (+30,83%)	9,03±0,45; ↓ (-81,06%)
Пв	Аэ(АХ), перф. ед.	16,41±0,65	21,47±1,36; ↑ (+107,63%)	13,53±0,79; ↓ (-17,55%)	
	Аэ(НП), перф. ед.	13,01±0,61	12,66±0,95; ↓ (-2,69%)	16,60±0,96; ↑ (+27,6%)	
	ΔАэ(АХ/НП), %	13,01±0,61	35,80±1,64; ↑ (+54,31%)	18,75±1,01; ↓ (-16,34%)	

Примечание: обозначения те же, что и в табл.1. Пв - период восстановления; Пспи - период собственно проведения ионофореза; остальные обозначения указаны в тексте.

Третий **монотонный тип ЛДФ-граммы с высокой перфузией** характеризовался высокой кровенаполняемостью, что отражено в высоких значениях ПМ (см. табл. 1) и объемного кровотока (см. рис. 1) [5]. Характер колебаний тканевого кровотока также был монотонным, что обусловило достоверно более низкие значения СКО и Кв (см. табл. 1), чем у испытуемых предыдущих групп [20, 21]. Высокие значения амплитуд всех ритмов (см. табл. 1; рис. 2-А) свидетельствует об угнетении вазомоторного механизма в регуляции микрокровоотока, что приводит к выраженной вазодилатации резистивных микрососудов, прекапиллярных сфинктеров, снижению периферического сопротивления, а, следовательно, способствует обильной перфузируемости сосудов,

следствием чего и является повышенный приток крови со стороны артериол и затрудненный отток со стороны венул [17]. Результаты функциональных проб также указывают на сниженные влияния миогенного эндотелий-независимого компонента, что проявилось в слабой реактивности веноулоартериолярных реакций [3, 5] при постуральной и окклюзионной пробах (см. табл. 2; рис. 2-А). Следовательно, исходя из наших и литературных данных [16–19], данный тип ЛДФ-граммы можно отнести к гиперемическому типу микрогемодинамики.

Таким образом, в результате исследования выделено три типа ЛДФ-грамм (апериодический, монотонный с низкой и высокой перфузией), характерных для здоровых испытуемых, которые соответствуют определенным гемодинамическим типам: нормо-, гипо- и гиперемическому.

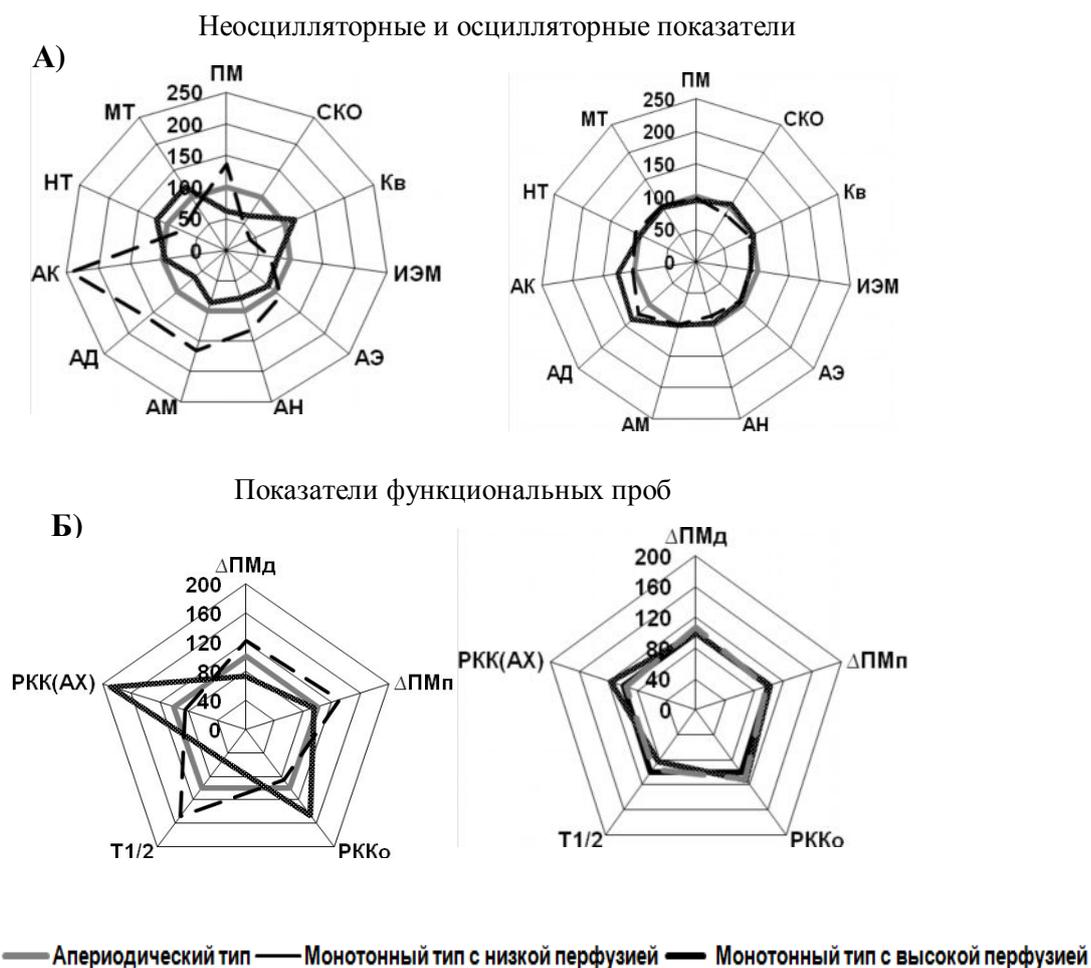


Рис. 2. Значения показателей микроциркуляции у испытуемых с разными типами ЛДФ-грамм до (А) и после (Б) курсового КВЧ-воздействия (в % относительно значений показателей у испытуемых с апериодическим типом, принятых за 100%).

Примечание: обозначения указаны в тексте.

Влияние низкоинтенсивного миллиметрового излучения на микроциркуляцию крови у испытуемых с разными гемодинамическими типами.

При курсовом воздействии ЭМИ КВЧ у испытуемых с *апериодической ЛДФ-граммой, или нормоемическим типом микроциркуляции* зарегистрировано достоверное повышение Аэ (на 9,70%; $p \leq 0,05$) и Ан (на 25,85%; $p \leq 0,05$) (рис. 3) на фоне снижения НТ (на 16,80%; $p \leq 0,05$) и МТ (на 3,58%; $p \leq 0,05$), а также увеличение ООК (на 71,00%; $p \leq 0,01$) и ОНК (на 64,44%; $p \leq 0,01$), что привело к повышению ИЭМ (на 12,80%; $p \leq 0,05$) (см. рис. 2-Б).

Увеличение Аэ (см. рис. 3-А), указывает на увеличение базального уровня секреции NO, способствующего вазорелаксации, что, вероятно, также явилось причиной снижения МТ у испытуемых данной группы [22]. Следствием явилась дилатация гладкомышечных прекапилляров и, соответственно, увеличение нутритивного кровотока. Увеличение Ан (см. рис. 3-Б) наряду с понижением НТ отражает снижение активности симпатической нервной системы на микрососуды и, следовательно, увеличение вазодилатации на путях притока крови в систему микроциркуляции [23], что является причиной увеличения ООК.

В механизмах действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на микроциркуляторные процессы у испытуемых с нормоемическим типом микроциркуляции основную роль играет эндотелий-зависимый компонент регуляции тканевого кровотока, в пользу чего свидетельствует увеличение Аэ базального кровотока (см. рис. 3-А) и стимулированной NO-синтазной активности (увеличение РКК(АХ) на 19,34%; $p \leq 0,05$) при фармакологической пробе (см. рис. 2-Б).

У испытуемых с *монотонным типом ЛДФ-граммы и низкой перфузией, или гипоемическим типом микроциркуляции*, в результате КВЧ-воздействия также происходило увеличение ПМ (на 63,93%; $p \leq 0,01$) (рис. 4), ООК на 119,40% ($p \leq 0,01$), ОНК и ОШК на 78,35% и 256,94% соответственно ($p \leq 0,01$), что свидетельствует о вазодилатации микрососудов и увеличении артериального притока крови, причиной чего является повышение Ан (на 54,71%; $p \leq 0,05$) и Ам (на 31,57%; $p \leq 0,05$) (см. рис. 3) на фоне снижения НТ (на 30,56%; $p \leq 0,05$) и МТ (на 20,30%; $p \leq 0,05$), аналогично тому, как это происходило у испытуемых с нормоемическим типом микроциркуляции. Однако данные изменения проявились в более ранние сроки и были выражены в большей степени.

В механизмах действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на микроциркуляторные процессы у испытуемых с гипоемическим типом микрогемодинамики ведущую роль играет нейрогенный компонент, о чем свидетельствует снижение тонических симпатических адренергических влияний (увеличение Ан базального кровотока (см. рис. 3-А), снижение НТ, а также фазической рефлекторной активности нейрогенного компонента при дыхательных пробах (увеличение ΔПМд на 42,92% ($p \leq 0,05$)) (см. рис. 2-Б).

Уменьшение спастических явлений способствовало увеличению локальной фракции сердечного выброса и притока артериальной крови, приносящей пульсовую волну, что проявилось в возрастании Ас (на 45,63%; $p \leq 0,05$), а также к увеличению Ад (на 51,65%; $p \leq 0,05$), указывающего на снижение венозного

сопротивления периферических сосудов [14, 22, 23]. Такое перераспределение гемодинамических осцилляций привело к повышению ИЭМ на 24,38% ($p \leq 0,05$) (см. рис. 2-Б).

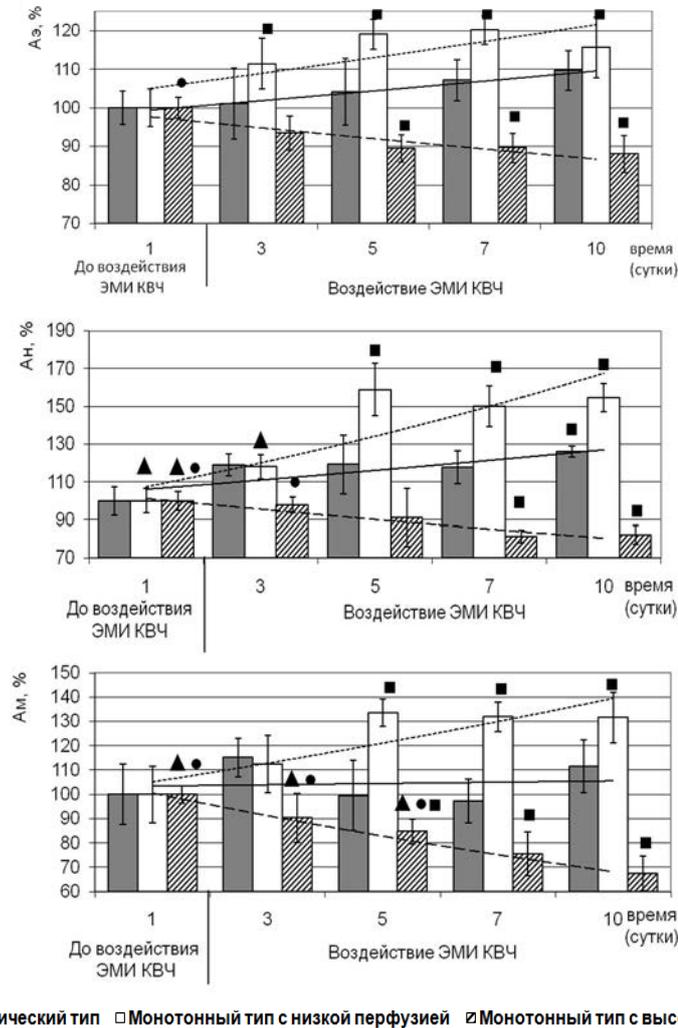


Рис. 3. Динамика амплитуд низкочастотных ритмов ЛДФ-граммы: А – эндотелиального, Б – нейрогенного, В – миогенного у испытуемых с различными типами ЛДФ-грамм под влиянием ЭМИ КВЧ (в % относительно исходных значений, принятых за 100%).

Примечания: ▲ - достоверность отличий по критерию Манна-Уитни относительно значений испытуемых с аперiodическим типом ЛДФ-грамм ($p \leq 0,05$); ● - достоверность отличий по критерию Манна-Уитни относительно значений испытуемых с монотонным типом и низкой перфузией ($p \leq 0,05$); ■ - достоверность по критерию Вилкоксона по отношению к исходным значениям ($p \leq 0,05$).

У испытуемых с *монотонным типом ЛДФ-граммы, или гиперемическим типом микроциркуляции*, в результате курсового воздействия мм излучения в отличие от испытуемых других групп отмечались противоположные изменения изученных показателей: снижение ПМ (на 21,78%; $p \leq 0,05$) (см. рис. 4), ООК (на 76,60%; $p \leq 0,01$), ОНК и ОШК (на 80,00% и 83,70% соответственно), снижение Ан (на 17,86%; $p \leq 0,05$) и Ам (на 32,60%; $p \leq 0,05$) (см. рис. 3) на фоне повышения НТ и МТ (на 19,78% и 18,28% соответственно; $p \leq 0,05$), СКО (на 78,76%; $p \leq 0,01$), результатом чего явилось повышение ИЭМ (на 47,60%; $p \leq 0,05$) (см. рис. 2-Б). Снижение Ам (см. рис. 3-В) указывает на повышение миогенной активности в регуляции микрососудов, что свидетельствует об увеличении эластичности стенки периферических сосудов, а, соответственно, повышении периферического сопротивления преимущественно в области резистивных микрососудов и, как следствие, уменьшении притока крови в микроциркуляторное русло [24]. Динамика осцилляций активных компонентов регуляции микрокровотока, способствующих снижению вазодилатации происходила наряду с понижением Ад (на 46,00%; $p \leq 0,05$) колебаний, что, вероятно, связано с интенсификацией веноулярного оттока из-за увеличения градиента артерио-венозного давления [13] и Ас (49,50%; $p \leq 0,05$) (см. рис. 2-Б), отражающего уменьшение притока артериальной крови, модулированной пульсовой волной [3, 13].

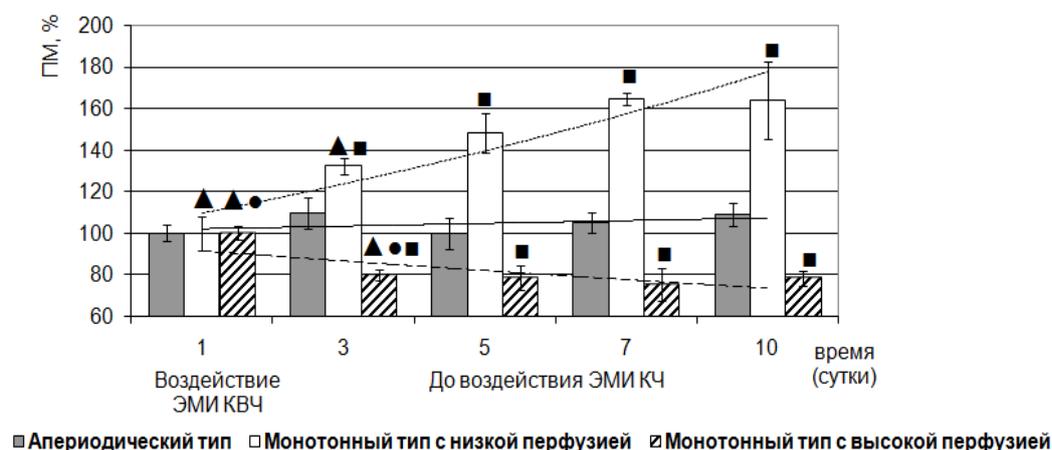


Рис. 4. Динамика показателя перфузии у испытуемых с разными типами ЛДФ-грамм под влиянием ЭМИ КВЧ (в % относительно значений, принятых за 100%)
Примечание: обозначения те же, что и на рис. 3.

В механизмах действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на микроциркуляторные процессы у испытуемых с гиперемическим типом микрогемодинамики основную роль играет миогенный эндотелий-независимый механизм регуляции микроциркуляторных процессов, в пользу чего свидетельствует увеличение МТ в покое (на 18,2%; $p \leq 0,05$), Δ ПМп (на 20,68%; $p \leq 0,05$), РККо (на 27,90%; $p \leq 0,05$) и сокращение T1/2 (на 25,65%; $p \leq 0,05$) при регистрации постокклюзионной реактивной гиперемии, отражающих уменьшение количества исходно функционирующих капилляров в результате

вазоконстрикции прекапилляров, а также повышение миогенной реактивности микрососудов при экспериментально моделируемом увеличении потока крови.

Таким образом, выявлены типологические реакции микроциркуляторных процессов на действие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ: наименее выраженные изменения изученных показателей отмечены у испытуемых, имеющих наиболее сбалансированный нормоемический тип микроциркуляции (апериодическую ЛДФ-грамму), максимально выраженный вазотропный, однако разнонаправленный эффект наблюдался у испытуемых с исходно выраженными отклонениями показателей микрогемодинамики, то есть, имеющих монотонные типы ЛДФ-граммы (гипо- и гиперемический типы микроциркуляции). В механизмах действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на микрогемодинамику кожи человека основную роль играют эндотелий-зависимый, миогенный эндотелий-независимый и нейрогенный компоненты регуляции тканевого кровотока, однако их выраженность также зависит от типологических особенностей микроциркуляторных процессов испытуемых.

Кроме того, полученные данные свидетельствуют о том, что в результате курсового воздействия ЭМИ КВЧ произошла эффективная модуляция тканевого кровотока, что проявилось в отсутствии статистически значимых межгрупповых различий и приближении значений показателей у испытуемых с гипо- и гиперемическим типами микроциркуляции к наиболее сбалансированному в функциональном отношении нормоемическому типу микроциркуляции (см. рис. 2-Б). Следовательно, ЭМИ КВЧ обладает избирательным действием на показатели микроциркуляции, оказывая влияние преимущественно на исходно измененные без влияния на исходно нормальные, что свидетельствует о гомеостатическом действии этого физического фактора.

ВЫВОДЫ

1. На основе анализа параметров базального кровотока у здоровых испытуемых выделены три типа ЛДФ-грамм: апериодический (37,08% испытуемых), монотонный с низкой (32,58% испытуемых) и высокой (30,34% испытуемых) перфузией.
2. Выявлены типологические реакции микроциркуляторных процессов на действие низкоинтенсивного мм излучения: наименее выраженные изменения изученных показателей отмечены у испытуемых, имеющих наиболее сбалансированный нормоемический тип микроциркуляции (апериодическую ЛДФ-грамму); максимально выраженный вазотропный, однако разнонаправленный, эффект наблюдался у испытуемых с исходно выраженными отклонениями показателей микрогемодинамики, то есть, имеющих монотонные типы ЛДФ-граммы, что привело у испытуемых с гипоемическим типом к вазодилатации микрососудов и увеличению артериального притока крови, а у испытуемых с гиперемическим типом к повышению миогенной активности микрососудов, а, следовательно, снижению артериального притока и облегчению венозного оттока крови.
3. В механизмах действия низкоинтенсивного мм излучения на микрогемодинамику кожи человека основную роль играют: эндотелий-зависимый, миогенный эндотелий-независимый, нейрогенный компоненты

регуляции тканевого кровотока. Однако их выраженность зависит от типологических особенностей микроциркуляторных процессов испытуемых.

4. Низкоинтенсивное миллиметровое излучение оказывает эффективное корректирующее дифференцированное влияние на показатели кожной микрогемодинамики, оказывая влияние преимущественно на исходно измененные показатели микроциркуляции без влияния на исходно нормальные, что приводит к нивелированию межгрупповых различий и приближению значений показателей микроциркуляции у испытуемых с гипо- и гиперемическими типами к наиболее сбалансированному в функциональном отношении нормоемическому, что свидетельствует о гомеостатическом действии этого физического фактора.

Список литературы

1. Чернух А.М. Микроциркуляция / Чернух А.М., Александров П.Н., Алексеев О.В. – 2-е изд. – М. : Медицина, 1984. – 459 с.
2. Мчедлишвили Г.И. Микроциркуляция крови : общие закономерности регулирования и нарушений / Мчедлишвили Г.И. – Л. : Наука, 1989. – 296 с.
3. Крупаткин А.И. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови / А.И. Крупаткин, В.В. Сидоров. – М. : Медицина, 2005. – 254 с.
4. Козлов В.И. Метод лазерной доплеровской флоуметрии: пособие для врачей / Козлов В.И. – М., 2001. – 22 с.
5. Hoffman U. The frequency histogram – A new method for the evaluation of Laser Doppler Flux. Motion/ U. Hoffman, A. Yanar, A. Bolinger // *Microvascul. Res.* – 1990. – Vol. 40. – P. 293–301.
6. Крупаткин А.И. Оценка объемных параметров общего, нутритивного и шунтового кровотока микрососудистого русла кожи с помощью лазерной доплеровской флоуметрии / А.И. Крупаткин // *Физиология человека.* – 2005. – Том 3, №1. – С. 114–119.
7. Чуян Е.Н. Индивидуально-типологические особенности процессов микроциркуляции: влияние низкоинтенсивного миллиметрового излучения / Е.Н. Чуян, М.Н. Ананченко // *Учёные записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия».* – 2009. – Т. 22 (61), № 4. – С. 236–254.
8. Ананченко М.Н. Показатели объемного кровотока у испытуемых с разными микроциркуляторными типами в условиях воздействия низкоинтенсивного миллиметрового излучения / М.Н. Ананченко, Е.Н. Чуян // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия».* – 2010. – Т. 23 (62), № 4. – С. 13–24.
9. Ананченко М.Н. Кожная микроциркуляция в условиях функциональной нагрузки у испытуемых с различными типологическими особенностями под влиянием низкоинтенсивного миллиметрового излучения / М.Н. Ананченко, Е.Н. Чуян // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия».* – 2011. – Т. 24 (63), № 2. – С. 30–49.
10. Мачерет Е.Л. Руководство по рефлексотерапии / Е.Л. Мачерет, И.З. Самосюк. – Киев: Вища шк., 1982. – 302 с.
11. Боровиков В.П. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере / Боровиков В.П. – СПб.: Питер, 200. – 656 с.
12. Савельев В.С. Исследование микроциркуляции при хронической венозной недостаточности нижних конечностей : методическое пособие для врачей / Савельев В.С. – М., 2006. – 25 с.
13. Synergetic interpretation of patterned vasomotor activity in microvascular perfusion: discrete effects of myogenic and neurogenic vasoconstriction as well as arterial and venous pressure fluctuations / H. Schmid-Schonbein, S. Ziege, R. Grebe [et al.] // *Int. J. Microcir.* – 1997. – № 17. – P. 346–359.
14. Stefanovska A. Physics of the human cardiovascular system / A. Stefanovska, M. Bracic // *Contemporary Physics.* – 1999. – Vol. 40, № 1. – P. 31–35.
15. Fagrell B. Problems using laser Doppler on the skin in clinical practice, Laser Doppler / B. Fagrell // *Nicosia.* – London, 1994. – P. 127–134.
16. Маколкин В.И. Микроциркуляция в кардиологии / В.И. Маколкин. – М. : Визарт, 2004. – 135 С.

17. Козлов В.И. Система микроциркуляции крови: клинико–морфологические аспекты изучения / В.И. Козлов // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2006. – Т. 5, № 1. – С. 84–101.
18. Литвин Ф.Б. Возрастные и индивидуально–типологические особенности микроциркуляции у мальчиков, подростков и юношей / Ф.Б. Литвин // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2006. – № 1(17). – С. 44–50.
19. Станишевская Т.И. Индивидуально–типологические особенности микроциркуляции крови у девушек–студенток с разным соматотипом : автореф. дис. ... канд. биол. наук : спец. 03.00.13 / Т.И. Станишевская. – Мелитополь, Москва, 2006 г. – 174 с.
20. Физические основы метода лазерной доплеровской флоуметрии и его применение в неврологической практике / В.В. Сидоров, М.А. Ронкин, И.М. Максименко [и др.] // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2003. – № 12. – С. 26–35.
21. Regulation of human cutaneous circulation evaluated by laser Doppler flowmetry, iontophoresis, and spectral analysis: importance of nitric oxide and prostaglandines / P. Kvandal, A. Stefanovska, M. Veber [et al.] // Microvascular Research. – 2003. – № 65. – P. 160–171.
22. Jauchem J.R. Exposure to extremely-low-frequency electromagnetic fields and radiofrequency radiation: cardiovascular effects in humans / J.R. Jauchem // Int. Arch. Occup. Environ. Health. – 1997. – № 70(1). – P. 9–21.
23. Skin temperature changes induced by strong static magnetic field exposure / S. Ichioka, M. Minegishi, M. Iwasaka [et al.] // Bioelectromagnetics. – 2003. – № 24. – P. 380–386.
24. Pressure and risk of preeclampsia: a prospective study / R. Thadhani, J.L. Ecker, E. Kettyle [et al.] // Obstet. Gynecol. – 2001. – Vol. 97. – № 4. – P. 515–520.

Чуян О.М. Типологічні особливості мікроциркуляції шкіри людини та їх роль у модуляції тканинного кровотоку низькоінтенсивним міліметровим випромінюванням / О.М. Чуян, М.М. Ананченко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 350–362.

Методом лазерної доплеровської флоуметрії виявлені типологічні відмінності показників мікроциркуляції піддослідних, на основі яких були виділені аперіодичний тип ЛДФ–грам, монотонний із низькою та високою перфузією. Показано, що низькоінтенсивне мм випромінювання надає ефективний корегуючий диференційований вплив на показники периферичної мікрогемодинаміки, викликаючи компенсаторно–приспосувальні реакції у випробовуваних із різними типологічними особливостями мікроциркуляторних процесів. При цьому низькоінтенсивне мм випромінювання призвело до нівелювання міжгрупових відмінностей і наближенню значень показників мікроциркуляції у випробовуваних з монотонними типами мікроциркуляції до найбільш збалансованого у функціональному відношенні аперіодичного, що свідчить про його гомеостатичну дію.

Ключові слова: низькоінтенсивне електромагнітне випромінювання міліметрового діапазону, лазерна доплеровська флоуметрія, мікроциркуляція крові.

Chuyan E.N. Typological features of the microcirculation of human skin and their role in the modulation of tissue blood flow low-power millimeter waves / E.N. Chuyan, M.N. Ananchenko // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 350–362.

By means of laser Doppler flowmetry typological differences of subjects' microcirculation indicators were revealed, on the basis of which the aperiodic type of LDF-gram, monotonous with low and high perfusion was concluded. The study showed that low-intensity radiation has an effectively correcting differentiated impact on the indicators of peripheral microhemodynamics, causing a compensatory-adaptive reactions in subjects with different individual-typological peculiarities of microcirculatory processes. Mm radiation has a selective effect on the parameters of microcirculation, affecting mainly the initially modified without affecting the normal baseline, which leads to a leveling of intergroup differences and bring the values of indicators of microcirculation in subjects with hypo- and hyperemic types of the most balanced functionally normoemical, indicating that of the homeostatic effect of this physical factor.

Keywords: low-intensity electromagnetic radiation of millimeter range, blood microcirculation, laser Doppler flowmetry.

Поступила в редакцію 22.11.2011 г.

УДК 616.12.-008.318:613.614.2

ОСОБЕННОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ИСПЫТУЕМЫХ С РАЗНЫМ ТИПОМ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Чуян Е.Н., Никифоров И.Р., Бирюкова Е.А., Чуян Е.В.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: nikiforoir@mail.ru*

Исследованы изменения показателей variability сердечного ритма (ВСР) у испытуемых с разным типом вегетативной регуляции под действием 10-тикратного электромагнитного излучения (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ). Показано, что у испытуемых с нормотоническим и симпатотоническим типами вегетативной регуляции курсовое воздействие ЭМИ КВЧ приводит к значительному снижению индекса напряженности и увеличению мощности спектральных компонентов сердечного ритма (СР). Кроме того, в результате курсового КВЧ-воздействия происходит эффективная модуляция механизмов регулирующих СР испытуемых, что связано с уменьшением межгрупповых различий и приближением значений изученных показателей у испытуемых с нормо- и симпатотоническим типами регуляции СР к ваготоническому типу вегетативной регуляции.

Ключевые слова: variability сердечного ритма, электромагнитное излучение крайне высокой частоты, ваготоники, нормотоники, симпатотоники, вегетативная нервная система.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время показано, что variability сердечного ритма (ВСР) является эффективным методом оценки функционального состояния организма человека, который позволяет прогнозировать развитие адаптационных процессов к различным факторам внешней среды [1-4], в том числе к факторам электромагнитной природы. Так, в наших предыдущих исследованиях было показано [5], что под воздействием электромагнитного излучения (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ), у испытуемых с нормотоническим типом вегетативной регуляции происходило значительное изменение ВСР, выраженное в снижении напряженности регуляторных систем организма и повышении активности автономного контура регуляции сердечного ритма (СР).

Однако влияние ЭМИ КВЧ на изменение ВСР у испытуемых с разным типом вегетативной регуляции остается не изученным.

В связи с этим, целью настоящего исследования является оценка изменения показателей ВСР у испытуемых с разным типом вегетативной регуляции под действием 10-тикратного ЭМИ КВЧ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 52 условно-здоровых студента-волонтера женского пола в возрасте 18-23 лет.

В качестве методов оценки влияния ЭМИ КВЧ на организм испытуемых были использованы методы спектрального анализа ВСР (HF, LF, VLF, TP; в системе оценок, рекомендуемых стандартами Европейского кардиологического общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии [6]), а также метод вариационной пульсометрии по Р.М. Баевскому [7]. Используемые методы подробно описаны в наших предыдущих исследованиях [9].

Проведение предварительной записи ВСР с помощью программно-аппаратного комплекса «Омега-М» (производство научно-исследовательской лаборатории «Динамика», г. Санкт-Петербург) позволило выявить типологические отличия ВСР испытуемых, связанные, в частности, со значениями индекса напряженности (ИН). Согласно классификации Р.М. Баевского [7], ИН отражает активность вегетативной нервной системы: испытуемых с низкими значениями ($ИН \leq 50$ усл.ед.) относят к ваготоникам, средними ($50 \leq ИН \leq 200$ усл.ед.) – к нормотоникам и высокими ($ИН \geq 200$ усл.ед.) – к симпатотоникам. В соответствии с этим все испытуемые были разделены на 3 группы: I – с низкими значениями ИН – 23% (n=14), II – со средними значениями ИН – 45% (n=20); и III – с высокими значениями ИН – 32% (n=18).

Воздействие ЭМИ КВЧ осуществлялось ежедневно, на протяжении 10 дней в утреннее время суток с помощью 7-миканального аппарата «РАМЕД. ЭКСПЕРТ-04» (производство научно-исследовательской лаборатории «Рамед», г. Днепропетровск; регистрационное свидетельство МЗ №783/99 от 14.07.99, выданное КНМТ МОЗ Украины о праве на применение в медицинской практике в Украине). Технические характеристики генератора: длина волны = 7,1 мм, частота излучения 42,4 ГГц, плотность потока мощности – 0,1 мВт/см². Воздействие осуществлялось в течение 30 минут на области биологически активных точек: GI-15 правого плечевого сустава, на симметричные E-34, RP-6 и GI-4. Выбор этих точек обусловлен их рефлексогенным общеукрепляющим и стимулирующим действием на организм испытуемых [8].

Запись ВСР проводилась в положении лежа, ежедневно в течение 5-ти минут после КВЧ воздействия и через 7 дней после окончания курса ЭМИ КВЧ (17 день эксперимента) для регистрации эффекта последствия.

Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью программы «Статистика 6.0» с использованием критериев Манна-Уитни и Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проведение предварительной записи ВСР позволило выявить типологические различия испытуемых выделенных групп, выраженные в различных значениях как ИН, так и спектральных показателей ВСР. Так, максимальные значения показателей спектрального анализа ВСР и наиболее низкие значения ИН были зарегистрированы у испытуемых I группы (рис. 1-А), что может свидетельствовать о наиболее оптимальном уровне функционального состояния и минимальном напряжении регуляторных систем организма этих испытуемых.

Вместе с тем, у испытуемых III-ей группы были зарегистрированы минимальные значения спектральных показателей (HF – на 71%, $p \leq 0,001$; LF – на 53%, $p \leq 0,01$; и TP – на 67%, $p \leq 0,001$ соответственно меньше значений этих показателей у испытуемых I группы) и наиболее высокие значения ИН (на 628%; $p \leq 0,001$ больше, чем испытуемых I группы), что свидетельствует о значительном снижении функционального состояния и чрезмерном напряжении регуляторных систем организма у этих испытуемых.

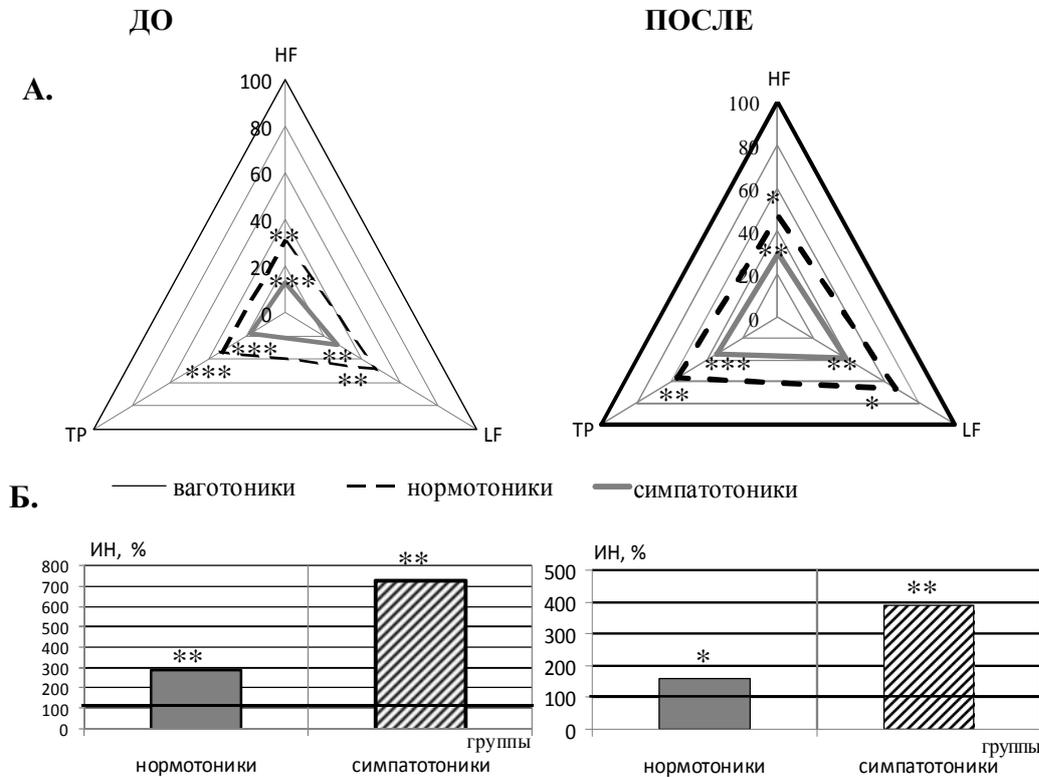


Рис. 1. Значения показателей спектрального анализа СР (А) и ИН (Б) у испытуемых с нормотоническим и симпатотоническим типами вегетативной регуляции в % по отношению к значениям, полученным у испытуемых с ваготоническим типом, принятым за 100%:

Примечание: ДО – значения исследуемых показателей в первые сутки исследования до воздействия ЭМИ КВЧ; ПОСЛЕ – на 10-е сутки исследования после воздействия ЭМИ КВЧ; * – достоверность различий по сравнению со значениями у испытуемых I-группы, по критерию Манна-Уитни: * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$, *** – $p \leq 0,001$.

Полученные данные согласуются с нашими предыдущими исследованиями [9, 10], которые свидетельствуют о значительных типологических различиях ВСР у волонтеров с различными значениями ИН, выраженных в разном типе как вегетативной, так и нейрогуморальной регуляции системы вегетативного управления сердцем этих испытуемых.

Основываясь на полученных данных, можно предположить наличие у испытуемых с разным типом вегетативной регуляции разных величине реакций на одно и то же воздействие, в частности, низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ.

В связи с этим, на следующем этапе исследования была проведена оценка изменения показателей ВСР у испытуемых с разным типом вегетативной регуляции под действием 10-тикратного ЭМИ КВЧ. Так, у испытуемых II-ой и III-ей групп к 10-м суткам исследования, курсовое КВЧ-воздействие привело к снижению ИН на 38% и 41% ($p \leq 0,01$) соответственно по отношению к исходным значениям. У испытуемых I-ой группы достоверных изменений ИН не было зарегистрировано (рис. 2-А).

Как известно [11-13], ИН характеризует степень преобладания симпатических влияний над парасимпатическими, а также уровень напряженности регуляторных систем организма. Поэтому снижение значений данного показателя у нормо- и симпатотоников под воздействием курсового ЭМИ КВЧ свидетельствует об увеличении вагусных влияний на СР и снижении уровня напряженности регуляторных систем организма испытуемых.

Полученные результаты подтверждаются и данными спектрального анализа волновых характеристик СР, с помощью которого были зарегистрированы достоверные изменения как показателя суммарной мощности спектра СР (TP), так и ее составляющих – HF и LF, отображающих автономный и сегментарный уровни регуляции СР. Достоверных изменений VLF-компоненты за 17 дней исследования у испытуемых выделенных групп зарегистрировано не было. Так, у испытуемых I-ой группы на 10-е сутки исследования было зарегистрировано увеличение значений HF, LF и TP на 22%, 26% и 20% ($p < 0,05$) соответственно, относительно фоновых значений (рис. 2Б-Г). У испытуемых II-ой группы под воздействием ЭМИ КВЧ также было отмечено увеличение спектральных характеристик СР (HF, LF и TP на 95%, 76% и 101% ($p < 0,01$) соответственно; рис. 2Б-Г). Однако максимальные изменения были зарегистрированы у испытуемых III-ей группы (HF увеличился на 183% ($p < 0,001$), LF – на 178% ($p < 0,01$) и TP – на 124% ($p < 0,001$) относительно исходных значений; рис. 2, Б-Г).

В настоящее время считается установленным, что HF-компонента спектра отражает вагусный контроль СР, тогда как LF-составляющая характеризует состояние симпатического отдела вегетативной нервной системы (ВНС) [14]. Кроме того, некоторыми авторами показано, что увеличение мощности LF-компоненты СР свидетельствует об улучшении барорефлекторной регуляции гемодинамики [15]. В свою очередь TP отражает суммарную активность вегетативных воздействий на СР. Вагусная активация обычно сопровождается увеличением TP, в то время как при повышении активности симпатического отдела ВНС значения этого показателя снижаются [6].

Следовательно, полученные нами данные об увеличении мощности как отдельных компонент (LF и HF), так и общей мощности спектра СР (TP) у испытуемых под воздействием ЭМИ КВЧ могут свидетельствовать о повышении адаптационного потенциала организма испытуемых посредством увеличения вагусных воздействий и нормализации барорефлекторной регуляции сердечно-сосудистой системы испытуемых.

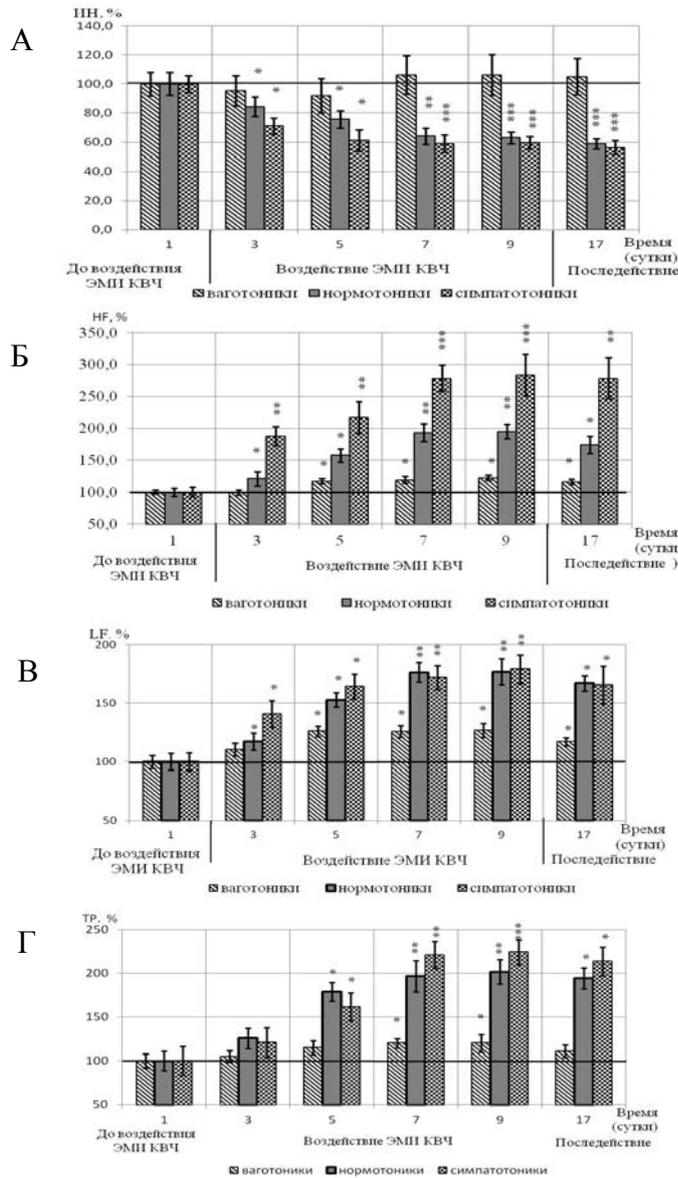


Рис. 2. Изменение значений изученных показателей variability сердечного ритма под влиянием ЭМИ КВЧ у испытуемых в разные сроки эксперимента, по отношению к значениям фоновой записи, принятых за 100%.

Примечание: А – изменение значений ИН, Б – изменение значений HF, В – изменение значений LF, Г – изменение значений TP; * – достоверность различий относительно значений фоновой записи по критерию Вилкоксона: * – $p \leq 0,05$, ** – $p \leq 0,01$, *** – $p \leq 0,001$.

Также следует отметить, что у испытуемых всех трех групп была зарегистрирована зависимость изменения изученных показателей ВСР от

продолжительности курса ЭМИ КВЧ. Так, достоверные изменения значений изученных показателей наблюдались после 3-кратного воздействия ЭМИ КВЧ. Следует отметить, что у испытуемых II-ой и III-ей группы к 5-7-м суткам воздействия ЭМИ КВЧ значения ИН выходили на «плато» и дальше не изменялись, в то время как максимальное увеличение спектральных характеристик СР было зарегистрировано к 9-10-м суткам исследования (рис. 2). Кроме того, через семь суток после завершения курса ЭМИ КВЧ биологические ответы на данное воздействие у испытуемых всех трех групп достоверно отличались от исходных значений (рис. 2). Таким образом, существенные изменения ВСР вследствие курсового КВЧ-воздействия сохраняются достаточно длительный период, что согласуется с нашими предыдущими исследованиями [5] и свидетельствует о выраженном последствии курса этого физического фактора.

Особое внимание обращает на себя тот факт, что курсовое КВЧ-воздействие приводит к различным по силе изменениям ВСР у испытуемых выделенных групп. Так, максимальное снижение ИН и увеличение спектральных компонент СР (рис. 2) происходило у испытуемых с симпатотоническим типом вегетативной регуляции, исходно имеющих наибольшие отклонения значений исследуемых показателей от нормы. При этом у испытуемых с ваготоническим типом вегетативной регуляции, характеризующихся наиболее оптимальными показателями ВСР, были зарегистрированы минимальные изменения спектральных показателей СР и отсутствие достоверных изменений ИН. Кроме того, следует отметить значительное уменьшение межгрупповых различий в показателях ВСР (рис. 1 – Б) и приближение их у испытуемых II-ой и III-ей групп к значениям, полученным в I-ой группе испытуемых. Полученные данные, по-видимому, можно объяснить законом «начальных значений» Вильдера-Лейтеса, основной смысл которого состоит в «стягивании исходно различных значений показателя к единому уровню» [16].

Таким образом, в результате курсового КВЧ-воздействия произошла эффективная модуляция механизмов, регулирующих СР испытуемых, что связано с уменьшением межгрупповых различий и приближением значений изученных показателей у испытуемых с нормо- и симпатотоническими типами регуляции СР к наиболее оптимальному в функциональном отношении [4, 13, 17] ваготоническому типу вегетативной регуляции.

Следовательно, многократное ЭМИ КВЧ является эффективным способом изменения не только ВСР испытуемых, но и всего организма в целом, что позволяет рекомендовать этот метод для коррекции функционального состояния организма испытуемых с разным типом вегетативной регуляции.

ВЫВОДЫ

1. Курсовое воздействие ЭМИ КВЧ приводит к достоверному изменению показателей variability сердечного ритма у испытуемых всех трех групп, при этом наибольшие изменения зарегистрированы у испытуемых с симпатотоническим типом вегетативной регуляции, а наименьшие у испытуемых с ваготоническим типом вегетативной регуляции.

2. Под влиянием ЭМИ КВЧ у испытуемых II-ой и III-ей групп произошло значительное снижение индекса напряженности (на 38% и 41% соответственно) по отношению к исходным значениям, что свидетельствует об увеличении вагусных влияний на сердечный ритм и уменьшении напряжения регуляторных систем.
3. Достоверное увеличение значений спектральных показателей под влиянием курсового КВЧ-воздействия у испытуемых выделенных группы свидетельствует об увеличении адаптационного потенциала организма испытуемых посредством увеличения вагусных воздействий и нормализации барорефлекторной регуляции сердечно-сосудистой системы испытуемых.
4. 10-тикратное КВЧ-воздействие приводит к нивелированию межгрупповых различий и приближению значений показателей вариационного и спектрального анализа сердечного ритма у испытуемых со средними и высокими значениями индекса напряженности к ваготоническому типу вегетативной регуляции.
5. Изменение показателей variability сердечного ритма испытуемых зависят от длительности курса КВЧ-воздействия: достоверные изменения изучаемых параметров наблюдались уже после 3-х сеансов ЭМИ КВЧ, а максимальные эффекты происходили на 9-10-е сутки.
6. Курсовое КВЧ-воздействие имеет выраженный эффект последствия, о чем свидетельствует достоверное изменение показателей variability сердечного ритма на протяжении последующих 7-ми дней после окончания курса.

Список литературы

1. Оценка variability ритма сердца и электрофизиологических свойств миокарда у больных с острым коронарным синдромом без элевации сегмента ST: значение для определения ближайшего и отдаленного прогноза / А.Н. Пархоменко, Я.М. Лутай, А.В. Шумаков [и др.] // Укр. кардиол. журн. – 2003. – № 1. – С. 15-23.
2. Оценка вегетативного управления сердцем на основе спектрального анализа variability сердечного ритма / А.Р. Киселев, В.Ф. Киричук, В.И. Гриднев, О. М. Кожикина О. М. // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 6. – С. 37-43.
3. Сравнительные особенности variability сердечного ритма у студентов, проживающих в различных природно-климатических регионах / Н. А. Агаджанян, Т. Е. Батоцыренова, А. Е. Северин [и др.] // Физиология человека. – 2007. – Т.33, № 6. – С. 66-70.
4. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: метод. рек. / Р. М.Баевский, Г. Г. Иванов, Л. В. Чирейкин [и др.] // Вестник аритмологии. – 2001. – № 24. – С. 1-23.
5. Чуян Е.Н. Изменение показателей variability сердечного ритма под влиянием низкоинтенсивного миллиметрового излучения / Е.Н. Чуян, И.Р.Никифоров, М.Ю. Раваева, Е.А. Бирюкова, О.Д. Богданова / – Физика живого, Т. 17, No2, 2009. – 206-213 с.
6. Variability сердечного ритма: Стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования / Рабочая группа Европейского кардиологич. об-ва и Северо-Американского об-ва стимуляции и электрофизиологии // Вестник Аритмол. – 1999. – №11. 53-78 с.
7. Баевский Р. М. Оценка функционального состояния организма на основе математического анализа сердечного ритма: метод. рек. / Р.М. Баевский, Ж.Ю. Барсукова / Владивосток: ДЦО АН СССР, 1989. – 40с.
8. Мачерет Б. Л. Руководство по рефлексотерапии / Е.Л. Мачерет, И.З. Самосюк / Киев: «Вища школа», 1984. – 304 с.
9. Особенности системы вегетативного управления сердцем у испытуемых с различным типом вегетативной регуляции / Е.Н. Чуян, Е.А. Бирюкова, М.Ю. Раваева, И.Р. Никифоров // Ученые

- записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Сер. «Биология, химия». – 2009. – Том 22 (61), №1. – С.113 - 133.
10. Индивидуальный профиль функционального состояния организма студентов с различным типом вегетативной регуляции / Е.Н. Чуян, Е.А. Бирюкова, М.Ю. Раваева, И.Р. Никифоров // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Сер. «Биология, химия». – 2009. – Том 22 (61), №2. – С.152 - 165.
 11. Баевский Р.М. Математический анализ сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кирилов / . – М.: Наука, 1984. – 220 с.
 12. Баевский Р.М. Классификация уровней здоровья с точки зрения теории адаптации / Р. М. Баевский // Вестник РАМН СССР. – 1989. – № 8. – С. 73-78.
 13. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 236 с.
 14. Михайлов В. М. Вариабельность ритма сердца: опыт практ. применения / В. М. Михайлов. – Иваново: Гос. мед. академия, 2002. – 290 с.
 15. Richter D. W., Spyer K. M Central regulation of autonomic functions. / *Cardiorespiratory control* – NY: Oxford Univ. Press, 1990. – 189-207 p.
 16. Плеханов Г.Ф. Зависимость реакции биосистемы на раздражитель от ее исходного значения / Г.Ф. Плеханов, Н.В. Васильев, Т.И. Козлова // Бюл. Сиб. отд. АМН СССР. – 1989. – № 2. – С. 83-86.
 17. Шейх-Заде Ю.Р. Модуляция хронотропного эффекта блуждающего нерва при стимуляции различных симпатических нервов у кошек / Ю.Р. Шейх-Заде, Л.И. Сукач // Физиологический журнал СССР. – 1987. – Т. 73, № 8. – С. 1071-1077.

Чуян О.М. Особливості варіабельності серцевого ритму у випробовуваних з різним типом вегетативного регулювання під впливом низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надто високої частоти / О.М. Чуян, І.Р. Нікіфоров, О.О. Бірюкова, Є.В. Чуян // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 363-370.

Досліджували зміни показників варіабельності серцевого ритму (BCP) у випробовуваних з різним типом вегетативної регуляції під дією 10-тикратного електромагнітного випромінювання (ЕМВ) надвисокої частоти (НВЧ). Показано, що у випробовуваних з нормо тонічним і симпатотонічним типом вегетативної регуляції курсовий вплив ЕМІ НВЧ веде до значного зниження індексу напруги і збільшенню потужності спектральних компонентів серцевого ритму (СР).

Крім того, в результаті курсового НВЧ-впливу відбувається ефективна модуляція механізмів, регулюючих СР випробовуваних, що пов'язано зі зменшенням міжгрупових відмінностей і наближенням значень вивчених показників у випробовуваних з нормо-і симпатотонічним типами регуляції СР до ваготонічного типу вегетативної регуляції, і вказує на гомеостатичну дію ЕМВ НВЧ.

Ключові слова: варіабельність серцевого ритму, електромагнітне випромінювання надто високої частоти, ваготоніки, нормотоніки, симпатотоніки, вегетативна нервова система.

Chuyan E.N. Heart rate variability features at the subjects with different types of vegetative regulation under the low intensity electromagnetic radiation extremely high frequency influence / E.N. Chuyan, I.R. Nikiforov, E.A. Biryukova, E.V Chuyan // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 363-370.

The changes in heart rate variability (HRV) in subjects with different types of autonomic regulation after the action 10 times the electromagnetic radiation (EMR), extremely high frequency (EHF) are described. The effects of EMR EHF course at subjects with normal automatic type and sympathetic predominance leads to a significant reduction in stress index and increase in power spectral components of heart rate (HR) is shown. In addition, as a result of a course of EHF exposure is an effective modulation mechanism regulating HR subjects. Which is associated with a decrease in between-group differences and approach the values of indicators studied in subjects normal automatic type and sympathetic predominance to HR at the subjects with vagal predominance. These changes indicate the homeostatic effect of EHF EMR.

Keywords: heart rate variability, the electromagnetic radiation of extremely high frequency, the subjects with normal automatic type, sympathetic and vagal predominance, autonomic nervous system.

Поступила в редакцію 25.11.2011 г.

УДК 582.929.4:57.017(477.75)

**БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕМЯН
HYSSOPUS OFFICINALIS L. ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ В УСЛОВИЯХ
ПРЕДГОРНОГО КРЫМА**

Шибко А.Н.

*Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, Ялта, Украина
E-mail: nbs1812@gmail.com*

Описаны морфологические особенности, а так же определена лабораторная и полевая всхожесть семян *Hyssopus officinalis* L. и энергия их прорастания. Установлены продолжительность хранения семян и определены оптимальные сроки посева.

Ключевые слова: *Hyssopus officinalis* L., семя, всхожесть, энергия прорастания.

ВВЕДЕНИЕ

Иссоп лекарственный (*Hyssopus officinalis* L.) – полукустарничек семейства яснотковые (Lamiaceae), ареал которого простирается от Пиренейского полуострова до Гималаев в широтном направлении и от южных районов Норвегии до северного побережья Африки (Тунис, Марокко, Алжир), и приурочен к внетропическим и умеренным странам, преимущественно к их горным районам [1].

С древних времен многие народы траву иссопа почитают как священную и возделывают как лекарственное эфиромасличное и пряное растение. В качестве лекарственного растения иссоп известен, по крайней мере, со времен Гиппократ (около 460 – 377 гг. до н.э.), упоминавшего его в своих трудах. Трава иссопа включена в качестве официального сырья в фармакопею Франции, Португалии, Румынии, Швеции и Германии [2]. Не менее широко применение травы иссопа в пищевой промышленности [3, 4]. Впервые масло *H. officinalis* было получено в 1574 году в Берлине, и с тех пор дистилляция иссопового масла распространилась во многих странах Европы [5]. Эфирное масло иссопа используется как отдушка и фиксатор в косметике и парфюмерии (особенно восточного направления) [6]. Но на сегодняшний день культура иссопа незаслуженно забыта и его промышленное использование сильно ограничено. Однако возможности использования данной культуры выходят далеко за пределы вышеуказанных сфер применения. В настоящее время со стороны зарубежных компаний появился устойчивый спрос на растительное сырье иссопа, выращенное в экологически чистых условиях. Применение прогрессивных методов возделывания иссопа лекарственного как эфиромасличного, пряно-ароматического или же лекарственного растения требует глубоких знаний особенностей культуры. К таковым, без сомнения, можно отнести

морфологические и биологические реакции растения на изменяющиеся условия окружающей среды, особенности роста и развития растений. Основная задача, которая ставилась при проведении наших исследований – установить морфологические и биологические особенности семян иссопа лекарственного для рационального и эффективного использования полученных знаний при закладке плантаций в условиях Предгорной зоны Крыма.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в течение трех лет (2007–2009 гг.) на производственной базе ООО «Фитосовхоз «Радуга» (с. Лекарственное) Симферопольского района АР Крым, а так же на базе лаборатории новых ароматических и лекарственных культур НБС-ННЦ.

Материалом для изучения послужили три формы, выделенные из семенного потомства иссопа лекарственного: особи с фиолетовой (голубой) окраской цветка (f. *cyaneus* Alefeld), особи с розовой окраской (f. *rubra* Alefeld) и с белой окраской (f. *albus* Alefeld).

Исследования проводились по общепринятым методикам. Посевные качества семян определяли согласно «Методические указания по семеноведению интродуцентов», а так же по методике М.К. Фирсовой [7, 8]. Семена проращивали в чашках Петри на влажной фильтровальной бумаге при температуре 20°C в четырехкратной повторности по 100 семян в каждой.

Для определения массы 1000 семян пользовались международными правилами, согласно которым брали 8 проб по 100 штук [9]. Исследование процессов прорастания включало: выяснение условий прорастания семян в лабораторных и полевых условиях (всхожесть, энергия прорастания, глубина заделки и сроки посева, сроки хранения семян).

Статистическая обработка полученных результатов проведена методом корреляционного и регрессивного анализов на ЭВМ [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Семена (согласно классификации, принятой для семейства Lamiaceae - эремы) [11] иссопа лекарственного обратнойцевидной или же удлинненно-обратнойцевидной (иногда клиновидной) формы с четко выраженной округлой гранью на вентральной поверхности. Апикальная часть семени притупленная, базальная округло заостренная. Переход между дорзальной и вентральной поверхностями довольно четкий, в виде округлого ребра (рис. 1).

Окраска зрелых семян темно бурая (почти черная); поверхность шероховатая, скорее мелкозернистая (при увеличении хорошо видны округлые плотно расположенные бугорки); блеск матовый. На поверхности перикарпия часто можно наблюдать чешуйчатый восковой налет. Семенной рубчик расположен в базальной части вентральной поверхности, сердцевидной формы. Поверхность семенного рубчика более светлая (бурая или рыжая) негусто покрытая белым мучнистым налетом. След от семяножки расположен в центре семенного рубчика в виде приподнятого округлого белого бугорка с темной точкой в центре.



Рис. 1. Внешний вид семян *H. officinalis* (увеличено в 170 раз).

Детальный анализ семян различных по окраске цветка морфологических форм не выявил каких-либо существенных различий во внешнем строении. Поэтому мы можем утверждать, что семена *H. officinalis* имеют следующие метрические параметры: длина – $2,64 \pm 0,125$ мм, ширина – $1,14 \pm 0,112$ мм, средняя масса 1000 семян составляет $1,161 \pm 0,2412$ г (min – 0,930 г, max – 1,445 г).

При изучении общих закономерностей адаптации растений к различным экологическим условиям большое значение имеют вопросы биологии прорастания и хранения семян. Знание всхожести семян позволяет правильно учитывать необходимое количество посевного материала. Такие показатели качества семян, как скорость и дружность прорастания позволяют оценить способность будущих растений конкурировать с сорной растительностью, получать однородные выровненные всходы и способствовать получению высоких и качественных урожаев.

Характеристика процесса прорастания семян складывается из нескольких моментов – общее количество проросших семян, выраженное в процентах (всхожесть), а также энергии прорастания, которую определяли средним минимальным количеством дней, в течение которых прорастает максимум семян. Число семян, проросших за данный срок, выражают в процентах, к общему числу заложенных для испытания семян.

Строна И.Г. предлагает рассматривать энергию прорастания как один из главных факторов посевных качеств семян [12]. По его мнению, этот показатель указывает также на интенсивность обмена веществ и на активность плазмы клеток семени. Таким образом, основными показателями посевных качеств семян являются всхожесть и энергия прорастания.

Как показали наши исследования, семена иссопа лекарственного начинали прорастать на третий день. При этом уже на 7 день проросло более 95% всех всхожих семян.

Семена *H. officinalis* собранные в фазе плодоношения имеют темно бурую окраску. Это полноценные выполненные зрелые семена. Но в семенной выборке

присутствуют более светлые (скорее рыжие) семена. Мы проанализировали лабораторную всхожесть и энергию прорастания семян обеих фракций у различных морфологических форм (табл. 1).

Таблица 1

**Характеристика фракций семян у различных морфологических форм
*H. officinalis***

Форма	Фракция	Доля фракции %	Масса 1000 семян, г	Лабораторная всхожесть, %	Энергия прорастания на 5 день, %
<i>f. cyaneus</i> (синяя)	Темные	86,7±1,24	1,18±0,022	82,2±4,42	97,5±3,55
	Светлые	13,3±0,94	0,97±0,017	42,6±3,31	65,2±3,14
<i>f. albus</i> (белая)	Темные	93,1±1,46	1,19±0,031	89,4±4,57	96,8±3,88
	Светлые	6,9±0,86	0,93±0,020	44,4±3,24	50,7±2,06
<i>f. ruber</i> (розовая)	Темные	94,8±1,33	1,24±0,033	93,3±4,71	98,8±3,32
	Светлые	5,2±1,01	0,99±0,022	40,7±3,40	58,4±2,24

Анализируя данные таблицы можно отметить, что различные фракции семян отличаются по всем основным параметрам. Низкая всхожесть и меньшая масса светлых семян указывают на то, что они не вполне зрелые. Это связано с тем, что в семенной выборке присутствуют семена из соцветий разных порядков или разных частей соцветия. В связи с тем, что период цветения иссопа довольно продолжительный, то созревание семян в соцветиях разных порядков происходит не одновременно. Разнокачественность семян возникает из-за неодинакового месторасположения семян на материнском растении, что ведет к разному режиму питания. Не вполне зрелые семена на стадии восковой спелости, которые чаще всего присутствуют в верхней части отцветающего соцветия, обнаруживают достаточно высокую всхожесть (в нашем случае до 40%). В литературе имеются данные, свидетельствующие о влиянии степени спелости семян на их всхожесть [13, 14]. Знание посевных качеств семян, убранных в разные периоды их развития, позволяют определить оптимальные сроки уборки растений на семена. Низкая энергия прорастания семян на стадии восковой спелости (светлая фракция), свидетельствует о том, что после формирования зародыша в семени идет накопление запасных веществ. При этом в семенах увеличивается содержание ингибиторов роста, и они оказываются в состоянии временного физиологического (эндогенного) покоя [15]. После полного созревания и непродолжительного хранения семена возвращаются в исходное состояние неглубокого физиологического (экзогенного) покоя определяющегося ярко выраженной твердосемянностью [16]. Таким образом, семена, собранные в фазу полной спелости являются более полновесными и их посевные качества значительно превосходят таковые у семян на стадии восковой спелости.

Важную роль в прорастании семян имеет температура. По данным В. Крокер и Н. Бартон каждому типу семян присущ свой внутренний механизм, управляющий прорастанием и отзывающийся на изменяющиеся условия среды (в частности температурные) [17]. В опыте по изучению влияния температуры на всхожесть и

энергию прорастания использовались семена иссопа лекарственного (розовоцветковая форма) урожая 2008 года шестимесячного срока хранения. Семена проращивались на свету в чашках Петри на увлажненной фильтровальной бумаге при температурах от +5 до +30°C с шагом в 5 градусов. Результаты исследований иллюстрирует таблица 2.

Таблица 2
Влияние температуры на посевные качества семян *H. officinalis*

Температура °С	Посевные качества семян	
	всхожесть на 10 день %	энергия прорастания, % на 7 день
5	0	0
10	12,6 ± 1,74	13,4 ± 1,20
15	45,9 ± 3,07	50,2 ± 3,11
20	92,7 ± 5,62	98,2 ± 1,92
25	84,6 ± 4,47	80,3 ± 4,22
30	24,6 ± 1,12	60,7 ± 4,81

Анализ полученных данных показывает, что семена иссопа лекарственного достаточно успешно прорастают в широком температурном диапазоне от 15 до 25 градусов. При этом оптимальной является температура +20°C. При температуре +20°C семена начинали прорастать на 3 день, при +15, 25 и 30 градусах – первые семена наклюнулись на 5 день, а при 10°C прорастание наступило лишь на 9 день.

С целью установления рациональных сроков хранения нами было проведено изучение всхожести семян иссопа лекарственного в зависимости от сроков хранения (рис. 2).

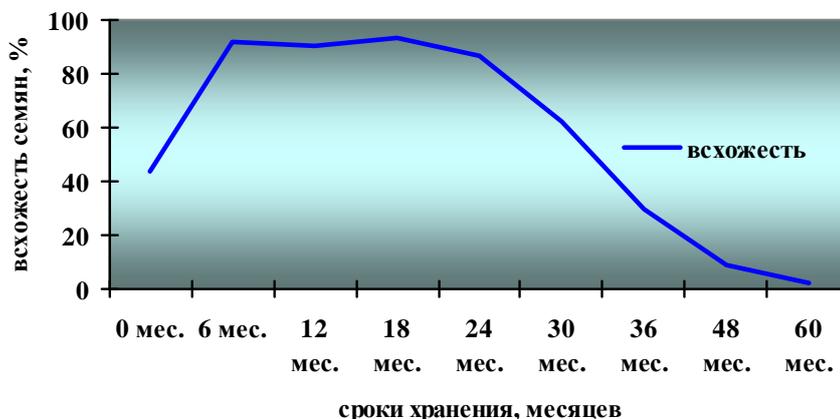


Рис. 2 Характеристика всхожести семян *H. officinalis* в зависимости от сроков хранения.

На основании проведенных экспериментов установлено, что наибольшей всхожестью обладают семена через полгода после уборки. Высокие показатели всхожести сохраняются в течение первых трех лет. В дальнейшем, при возрастании

сроков хранения, снижается всхожесть, что говорит об истощении запасов питательных веществ, изменению активности ферментов, увеличению кислотности жиров и в конечном итоге падению жизнеспособности семени [18, 19].

При возделывании культуры в промышленных масштабах важно знать, в какой период произвести посев для получения максимального урожая. Нами была определена полевая всхожесть при различных сроках посева. Изучались шесть сроков посева с интервалом в 15 дней, начиная со второй декады марта (именно в этот период происходит устойчивый переход среднесуточных температур воздуха через отметку $+5^{\circ}\text{C}$ в сторону повышения, и начинаются полевые работы). Посев проводили на глубину 2-3 см, из расчета 20 шт семян на 1 погонный метр. Наблюдения проводились в течение 3-х лет, чтобы уточнить влияние погодных условий конкретного года. Полученные нами данные отображены в таблице 3.

Полученные нами данные свидетельствуют, что полевая всхожесть иссопа на 20-30 % ниже лабораторной. По итогам двух лет можно утверждать, что оптимальным сроком посева является вторая половина апреля. Значительное снижение всхожести в этот период в 2009 году связано с тем, что последний заморозок до -4°C наблюдался 26 апреля и, часть всходов была уничтожена. Если при посевах в более ранние сроки (март – начало апреля) основным лимитирующим фактором является недостаточно высокая температура воздуха, то в июне всходы страдают от жары и недостатка почвенной влаги. Поверхностный слой почвы в этот период сильно нагревается и иссушается, что приводит к гибели проростков.

Таблица 3

Полевая всхожесть *H. officinalis* в зависимости от сроков посева

Срок посева	Полевая всхожесть, %		
	2007 год	2008 год	2009 год
15.III – 31.III	57,2 ± 4,12	66,2 ± 4,24	64,4 ± 4,80
1.IV – 15.IV	65,8 ± 3,88	70,2 ± 4,56	51,4 ± 3,40
16.IV – 30.IV	72,1 ± 4,52	76,6 ± 5,12	66,5 ± 3,92
1.V – 15.V	67,2 ± 4,11	68,7 ± 4,46	70,4 ± 5,11
16.V – 31.V	61,1 ± 3,91	59,1 ± 3,92	54,7 ± 4,12
1.VI – 15.VI	52,4 ± 3,40	57,2 ± 4,01	41,3 ± 3,07

ВЫВОД

Растения *H. officinalis* в условиях Предгорной зоны Крыма проходят полный цикл развития и образуют полноценные семена двух фракций: темные и светлые. Лабораторная всхожесть наиболее полноцветных (темных) семян варьирует в пределах от 82,2% до 93,3%; энергия прорастания на 7 день составляет 96,8-98,8%. В условиях Предгорной зоны Крыма посев семян иссопа лекарственного необходимо проводить весной. И наиболее подходящим по нашему мнению сроком является начало апреля. Для посева лучше использовать хорошо выполненные полноцветные семена темно бурого цвета, хранящиеся не более трех лет.

Список литературы

1. Борисова А.Г. Род Иссоп – *Hissopus L.* // Флора СССР. – М.-Л. : Наука, 1954. – Т. 21. – С.448–462.
2. Хлыпенко Л.А. Изучение рода *Hyssoopus L.* в условиях Южного берега Крыма /Л.А. Хлыпенко, Н.Н. Бакова, В.Д. Работягов, Ю.П. Щербакова, Б.А. Виноградов // Бюлл. Никит. ботан. сада, 2004. – Вып. 90. – С. 59–63.
3. Гиренко М.М. Пряно-вкусовые овощи / М.М. Гиренко, О.А. Зверева. –Изд-во «Ниола-Пресс», Изд. дом «ЮНИОН-паблик», 2007.- С. 29-33.
4. Дудченко Л.Г. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения/ Л.Г. Дудченко, А.С. Козьяков, В.В. Кривенко. – Киев: Наукова думка, 1989.- С. 95-98.
5. Кудряшев С.Н. Эфирномасличные растения и их культура в Средней Азии / С.Н. Кудряшев. – Тр. Сектора раст. ресурсов Комитета наук УзССР. –Ташкент, 1936. – Вып. 1. – С. 210–218.
6. Либусь О.К. Эфиромасличные и пряноароматические растения. Фито-, арома- и ароматотерапия / О.К. Либусь, В.Д. Работягов, С.П. Кутько, Л.А. Хлыпенко. – Симферополь, 2004. – С. 106-113
7. Методические указания по семеноведению интродуцентов / Под ред. Н.В. Цицина. – М. : Наука, 1980. – 64 с.
8. Фирсова М.К. Семенной контроль / Фирсова М.К. – М. : Колос, 1969. – 295 с.
9. Емельянов Н.А. Международные правила определения качества семян / Емельянов Н.А. – М. : Колос, 1969. – 184 с
10. Афифи А. Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ. / А. Афифи, С. Эйзен. – М.: “Мир”, 1982. – 488 с.
11. Каден Н.Н. К вопросу о дробных плодах / Н.Н. Каден // Бот. журнал. – 1964. – Т. 49. – № 7. – С. 1317–1322.
12. Строна И.Г. Общее семеноведение полевых культур / Строна И.Г. – М.: Колос, 1966. – 216 с.
13. Николаева М.Г. Способность к прорастанию и покой семян в зависимости от степени зрелости / М.Г. Николаева. – Проблемы развития семеноведения и семеноводства интродуцентов, М., 1984. – С. 31-38.
14. Таругина О.Л. Онтогенетический морфогенез расторопши пятнистой *Silybum marianum L.* (Gaertn.) / О.Л. Таругина // Изв. ТСХА, 1993. – Вып. 4. – С. 85-91.
15. Николаева М.Г. Справочник по проращиванию покоящихся семян / М.Г. Николаева, М.В. Разумова, В.Н. Гладкова. – Л.: Наука, 1985. – С.135.
16. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений: / Куперман. – Учебное пособие для студентов биологич. специальностей высших учебных заведений. – М.: Высшая школа, 1977. – 268 с.
17. Крокер В. Физиология семян / В. Крокер, Н. Бартон. – М., 1955. – С.400.
18. Николаева М.Г. Покой семян / М.Г. Николаева. – Физиология семян. – М.: Наука, 1962. - С. 125-134.
19. Овечко С.В. Біологія насіння змігловника молдавського в умовах південного степу України / С.В. Овечко, В.Д. Работягов // Вісті біосферного заповідника «Асканія-Нова». – 2002. – Вип. 4, С. 108-112.

Шибко А.Н. Біоморфологічні особливості насіння *Hyssopus officinalis L.* при вирощуванні в умовах Передгірського Криму / А.Н. Шибко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2011. – Т. 24 (63), № 4. – С. 371-377.

Описані морфологічні особливості, а також визначена польова та лабораторна схожість насіння *H. officinalis* та енергія їх проростання. Встановлено тривалість зберігання насіння та визначено оптимальні строки сівби.

Ключові слова: *Hyssopus officinalis L.*, насіння, схожість, енергія проростання.

Shibko A.N. Biomorphological peculiarities of *Hyssopus officinalis L.* seeds under the cultivation in the conditions of the Pre-mountain Crimea / A.N. Shibko // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2011. – Vol. 24 (63), No 4. – P. 371-377.

Morphological peculiarities of *H. officinalis* seeds have been described, their laboratory and field germination and germination energy have been determined. Terms fo keeping seeds and optimal terms for their sowing have been found out.

Keywords: *Hyssopus officinalis L.*, seed, germination, germination energy.

Поступила в редакцію 18.11.2011 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Ананченко
Марина Николаевна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: mermaid.ka@mail.ru
- Баттерс Терри Д.** Институт гликобиологии Оксфордского университета, г. Оксфорд, Великобритания
- Бережная
Елена Анатольевна** ГУ «Институт охраны здоровья детей и подростков АМНУ», ст. лаб. с в/о лаборатории возрастной эндокринологии и обмена веществ, e-mail: ilais7@mail.ru
- Бирюкова
Елена Александровна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, ассистент кафедры физиологии человека и животных и биофизики
- Бирюлева
Эмма Григорьевна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий, e-mail: emma8@mail.ru
- Бондарь
Григорий Васильевич** Донецкий областной опухолевый центр (ДОПЦ), генеральный директор, академик НАМН Украины, докт.мед.наук, профессор
- Бугара
Игорь Александрович** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий, e-mail: igorbugara@gmail.com
- Буков
Юрий Александрович** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, заведующий кафедрой физической реабилитации, тел. (0652)255047, e-mail: tnu-fr@rambler.ru.
- Букова
Анастасия Викторовна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: timur328@gmail.com
- Бурилова
Виктория Дмитриевна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, студентка-специализантка кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий, e-mail: byravchik14@mail.ru
- Бурмістрова
Наталія Вікторівна** Інститут біології південних морів ім. О.О.Ковалевського Національної академії наук України, провідний інженер, e-mail: BurmistrovaN@mail.ru
- Вашкевич
Евгения
Александровна** Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, кафедра лесного и садово-паркового хозяйства, студентка 4 курса

Весельский Станислав Павлович	НИИ физиологии имени академика Петра Богача Учебно-научного центра «Институт биологии» Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, доктор биологических наук, старший научный сотрудник отдела общей физиологии, тел. (044) 5260521
Ворошилова Наталья Владимировна	Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, кандидат биологических наук, кафедра лесного и садово-паркового хозяйства, тел. (0652) 608364, e-mail: Khlyzina@ukr.net
Гамма Татьяна Викторовна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, старший преподаватель кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: tgamma@yandex.ru
Глумова Наталья Всеволодовна	Институт эфиромасличных и лекарственных растений НААН Украины, канд. биол. наук, ст. н. сотрудник, зав. лабораторией биохимии, e-mail efig.oil@ yandex.ru
Горго Юрий Павлович	Национальный технический университет Украины «КПИ», доктор биологических наук, профессор, зав.лабораторией физической реабилитации, e-mail: yugorgo@ukr.net
Горенко Зоя Анатольевна	НИИ физиологии имени академика Петра Богача Учебно-научного центра «Институт биологии» Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, кандидат биологических наук, научный сотрудник отдела общей физиологии, тел. (044) 5260521, e-mail: geminiz@ukr.net
Грабовецкая Евгения Романовна	Харьковский национальный медицинский университет МОЗ Украины, доцент кафедры медицинской химии, e-mail: vaddavydov@mail.ru
Грабовская Елена Юрьевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой медико-биологических основ ФК, e-mail: grabovskaya13@mail.ru
Давыдов Вадим Вячеславович	ГУ «Институт охраны здоровья детей и подростков АМНУ», доктор. мед. н., профессор, зав. лаб. возрастной эндокринологии и обмена веществ, e-mail: vaddavydov@mail.ru
Джапарова Севиле Исаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, студент 4 курса кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: lollipopalla@rambler.ru
Джелдубаева Эльвиза Рашидовна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, кафедра физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: delviza@rambler.ru

Дильдина Олеся Олеговна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, студентка-специализантка кафедры лесного и садово-паркового хозяйства, e-mail: lesenochka@ukr.net
Евстафьева Елена Владимировна	Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, доктор медицинских наук, профессор кафедры нормальной физиологии, тел. (0652) 294843
Евстафьева Ирина Андреевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики физической культуры факультета физической культуры и спорта, тел. (0652) 224526
Евстигнеев Максим Павлович	Севастопольский национальный технический университет, профессор, д-р физ.-мат. наук, кафедра физики
Ежов Валерий Никитович	Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, директор, доктор технических наук, академик Национальной аграрной академии наук Украины, профессор, заведующий лабораторией биохимии и биотехнологии отдела физиолого-биохимических исследований, биотехнологии и репродуктивной биологии растений
Залевская Ирина Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, кафедра биохимии, e-mail: inz3@mail.ru
Золотницкий Александр Петрович	Керченский государственный морской технологический университет, доктор биологических наук, профессор, зав. кафедрой «Водные биоресурсы и марикультура»
Иваненко Марина Олеговна	ГУ «Институт медицинской радиологии им. С.П. Григорьева АМН Украины», младший научный сотрудник, e-mail: gadimir07@meta.ua
Исмаилова Эльмира Тимуровна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, студент 4 курса кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: lollipopalla@rambler.ru
Казакова Ирина Сергеевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, ведущий специалист Ботанического сада, e-mail: ira_kaz@mail.ru
Карбовская Людмила Сергеевна	Учебно-научный центр «Институт биологии» Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, кандидат биологических наук, ассистент кафедры физиологии человека и животных, тел (044) 5213283

Касьян Ирина Александровна	Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, кафедра лесного и садово-паркового хозяйства, студентка 4 курса
Катюшина Оксана Валериевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: katsea87@mail.ru
Кириллова Алла Викторовна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, к.б.н., доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, тел. (0652)608605
Климова Елена Михайловна	НИИ биологии ХНУ имени В.Н. Каразина, доктор биологических наук, профессор
Колотилова Оксана Ивановна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, младший научный сотрудник кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: psyphysiol_lab@ukr.net
Конарева Ирина Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры общей психологии, e-mail: psyphysiol_lab@ukr.net
Коренюк Иван Иванович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, д.б.н., профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики
Корогод Сергей Михайлович	Днепропетровское отделение Международного центра молекулярной физиологии НАН Украины, доктор биологических наук, профессор, руководитель отделения
Королева Анна Владимировна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, выпускница аспирантуры кафедры биохимии, e-mail: anna.undymiel@gmail.com
Костюк Александра Сергеевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, ассистент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: timur328@gmail.com
Кулагина Ирина Борисовна	Международный центр молекулярной физиологии (Днепропетровское отделение) НАН Украины, кандидат биологических наук, доцент, научный сотрудник, тел. (056) 7284359, e-mail: kulagina_iryana@yahoo.com
Лантушенко Анастасия Олеговна	Севастопольский национальный технический университет, доцент, канд. физ.-мат. наук, кафедра физики

Лесова Людмила Даниловна	Крымский университет культуры, искусств и туризма, к.б.н., доцент, проректор по учебной работе
Лукьянчук Григорий Александрович	Севастопольский национальный технический университет, ассистент, канд. техн. наук, кафедра радиотехники
Лямина Алла Марковна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, студент 4 курса кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: lolliropalla@rambler.ru
Ляшенко Валентина Петровна	Днепропетровский национальный университет им. О.Гончара, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных
Лысякова Наталья Юрьевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий
Мальцева Ольга Александровна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, бакалавр биологического факультета, e-mail: solnce_olia@inbox.ru
Марчук Надежда Юрьевна	Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, младший научный сотрудник лаборатории биохимии и биотехнологии отдела физиолого-биохимических исследований, биотехнологии и репродуктивной биологии растений, тел.: (0654) 33-55-48, e-mail: marchuk_n@i.ua
Мельнікова Олена Борисівна	Інститут біології південних морів ім. О.О.Ковалевського Національної академії наук України, кандидат біологічних наук, м.н.с., e-mail: helena_melnikova@mail.ru
Меметова Зарема Наримановна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры біохімії, e-mail: zarik1974@mail.ru
Минина Елена Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, преподаватель кафедры физической реабилитации, e-mail: tnu-fr@rambler.ru
Миронова Татьяна Олеговна	Інститут біології южних морей НАН України ім. А.О.Ковалевського, младший научный сотрудник отдела морской санитарной гидробиологии, e-mail: fresia58@mail.ru
Музыка Светлана Леонидовна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, старший преподаватель кафедры гимнастики, e-mail: svetlanamuzika@yandex.ru
Муравьёва Ирина Петровна	Інститут біології южних морей НАН України ім. А.О.Ковалевського, младший научный сотрудник отдела морской санитарной гидробиологии, e-mail: imuraveva@mail.ru

Мустафаева Лилия Амзаевна	Республиканский медицинский центр по обслуживанию депортированных народов, главный врач, тел. (0652) 606424, e-mail: KRUMedcentr@ukr.net
Никифоров Иван Ростиславович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: mermaid.ka@mail.ru
Никифорова Елена Анатольевна	Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени ак. В. Лазаряна, кандидат биологических наук, доцент кафедры «Безопасности жизнедеятельности»
Нікольська Вікторія Олександрівна	Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського, кандидат біологічних наук, доцент кафедри біохімії, тел. (0652) 608090
Нерода Ирина Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, студентка кафедры биохимии
Омельченко Александр Владимирович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, ведущий специалист кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий, e-mail: omelav@ukr.net
Панова Светлана Алексеевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, к.б.н., доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, тел. (0652) 608605
Петров Сергей Анатольевич	Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, доктор биологических наук, профессор и.о. заведующего кафедрой биохимии, тел. (0482) 687875, e-mail: sergey1951@sana.od.ua
Письменецкая Ирина Юрьевна	Днепропетровской государственной медицинской академии, доцент кафедры биохимии, медицинской и фармацевтической химии, e-mail: pirina2004@list.ru
Погодина Светлана Владимировна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, к.б.н., доцент, заведующая кафедрой спорта, тел. (0652) 258103, e-mail: sveta_pogodina@mail.ru
Поляков Петр Иванович	Институт физики горных пород НАН Украины, докт.физ.-мат.наук, профессор
Раваева Марина Юрьевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: mravaeva@ukr.net

Репецкая Анна Игоревна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесного и садово-паркового хозяйства, директор Ботанического сада ТНУ, e-mail:anna.repetskaya@gmail.com
Решетняк Анатолий Владимирович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, факультет физической культуры и спорта, кафедра спортивных игр, старший преподаватель
Решетняк Ольга Анатольевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, факультет физической культуры и спорта, кафедра теории и методики физической культуры, кандидат биологических наук, тел. (0652) 637256
Ржевская Виктория Степановна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, соискатель кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий, e-mail: viktoriyar45@mail.ru
Русев Иван Трифонович	Украинский научно-исследовательский противочумный институт им. И.И. Мечникова, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией экологии носителей и переносчиков возбудителей особо опасных инфекций
Рюмшина Татьяна Алексеевна	Донецкий экономико-гуманитарный институт, зав кафедрой прикладной математики, канд. физ.-мат.наук, доцент
Саламатин Виктор Васильевич	Севастопольский национальный технический университет, доцент, канд. техн. наук, кафедра радиотехники
Сафронова Нина Степановна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физической реабилитации, тел. (0652) 255047, e-mail: tnu-fr@rambler.ru
Семенова Ольга Александровна	Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, старший преподаватель кафедры гидробиологии и общей экологии, тел. (0482)687793, e-mail: masterkristi@rambler.ru
Симагина Наталья Олеговна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий, e-mail: nsimagina@list.ru
Скамрова Галина Борисовна	Севастопольский национальный технический университет, магистрант кафедра биофизики, e-mail: galina_skamrova@mail.ru
Скляр Вікторія Григорівна	Сумський національний аграрний університет, кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри ботаніки та фізіології сільськогосподарських рослин, тел. (0542) 624561, e-mail: skvig @ mail.ru

- Сухова
Лилия Леонидовна** ГУ «Институт охраны здоровья детей и подростков АМНУ», мл. научный сотрудник лаборатории возрастной эндокринологии и обмена веществ, e-mail: sukhova@inbox.ru
- Тарабрина
Наталья Юрьевна** Крымский юридический институт НЮАУ им.Я.Мудрого, аспирант кафедры медико-биологических основ ФК, старший преподаватель, e-mail: tarabrrina08@mail.ru
- Темурьянц
Наталья Арменаковна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: timur328@gmail.com
- Теплицкая
Людмила Михайловна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники и физиологии растений и биотехнологий, e-mail: lm_teplitskaya@ukr.net
- Туманянц
Елена Николаевна** Отделенческая клиническая больница ст. Симферополь» ГП «Преднепровская железная дорога», тел. (0652) 608603, e-mail: timur328@gmail.com
- Туманянц
Кариэ Николаевна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, научный сотрудник по ПНИЛ, тел. (0652) 608603, e-mail: timur328@gmail.com
- Фоменко
Александр
Владимировия** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физической реабилитации, тел. (0652) 255047, e-mail: tnu-fr@rambler.ru
- Халявина
Светлана
Владимировна** Ботанический сад Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, ведущий специалист, e-mail: se.wa@mail.ru
- Харковлюк-Балакина
Наталья Валериевна** ГУ «Институт геронтологии АМН Украины», соискатель Национальный технический университет Украины «КПИ», научный сотрудник лаборатории демографии старения, e-mail: kbalakine@.hotbox.ru
- Хусанов
Денис Рашидович** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, к.б.н., доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: gangliu@yandex.ru
- Черетаев
Игорь Валерьевич** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail:5612178@ukr.net
- Черкес
Лилия Ивановна** Международный центр астрономических и медико-экологических исследований НАН Украины, e-mail:vilyin@voliacable.com

- Чуян Евгений Викторович** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, младший научный сотрудник кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: elena-chuyan@rambler.ru
- Чуян Елена Николаевна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, первый проректор, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: elena-chuyan@rambler.ru
- Шевченко Виктор Владимирович** Донецкий областной опухолевый центр, канд. мед. наук, зав. химиотерапевтическим отделением № 3
- Шибко Алексей Николаевич** Никитский ботанический сад – Национальный научный центр, аспирант лаборатории ароматических и лекарственных растений, e-mail: a.shybko@martin-bauer.com.ua
- Шкорбатов Юрий Георгиевич** Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, доктор биологических наук, старший научный сотрудник
- Юферев Владимир Сергеевич** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры спорта, старший преподаватель кафедры спорта, e-mail: yuvser@live.ru

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Бережная Е.А., Сухова Л.Л., Грабовецкая Е.Р., Давыдов В.В.

АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ КАТАБОЛИЗМА ЭНДОГЕННЫХ АЛЬДЕГИДОВ
В СУБКЛЕТОЧНЫХ ФРАКЦИЯХ ПЕЧЕНИ, СЕРДЦА И ГОЛОВНОГО МОЗГА
КРЫС ПУБЕРТАТНОГО ВОЗРАСТА 3

Бондарь Г.В., Шевченко В.В., Поляков П.И., Рюмина Т.А.

ИЗУЧЕНИЕ АКТИВНОСТИ ЩЕЛОЧНОЙ ФОСФАТАЗЫ В КЛЕТКАХ
ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ *CHLOROPHYTA*, *VACILLARIOPHYTA*, *CHRYSORPHYTA*
ПРИ РАЗНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ СУЛЬФАТА МЕДИ В СРЕДЕ 11

Бугара И.А., Мальцева О.А.

ПОЛУЧЕНИЕ КАПЛУСНЫХ КУЛЬТУР *MENTHA PIPERITA* L. И ИХ
ЦИТОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ НА
ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕДАХ С РАЗЛИЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ СЕЛЕНА 17

Буков Ю.А., Минина Е.Н.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АДАПТАЦИОННЫХ РЕЗЕРВОВ
РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ДЕВУШЕК 19-20 ЛЕТ С РАЗЛИЧНЫМ
УРОВНЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ 24

Букова А.В.

ИЗМЕНЕНИЯ ПАТТЕРНА ДЫХАНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ
ЛЕГКИХ У ЖЕНЩИН ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА ПОД ВЛИЯНИЕМ
ХЕМОРЕЦЕПТОРНОГО СТИМУЛА 36

Ворошилова Н.В., Касьян И.А., Вашкевич Е.А.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕКРЕАЦИОННОЙ НАГРУЗКИ НА ОСНОВНЫЕ
ЭКСПОЗИЦИИ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ТАВРИЧЕСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ В.И.ВЕРНАДСКОГО 43

Горенко З.А., Карбовська Л.С., Весельський С.П.

ВПЛИВ ПРОСТАГЛАНДИНУ F_{2α} НА ПІГМЕНТНИЙ СКЛАД ЖОВЧІ ЩУРІВ 49

Джелдубаева Э.Р., Чуян Е.Н.

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ НОЦИЦЕПТИВНОГО ФЛЕКСОРНОГО
РЕФЛЕКСА В ОЦЕНКЕ БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ (ОБЗОР
ЛИТЕРАТУРЫ) 57

Залевская И.Н., Королёва А.В., Нерода И.Н.

ИЗУЧЕНИЕ СЕЗОННОЙ ДИНАМИКИ БЕЛКОВОГО ПОЛИМОРФИЗМА
ЧЕРНОМОРСКИХ РЫБ (НА ПРИМЕРЕ МОРСКОГО ЕРША) 67

Золотницкий А.П.

О ВЛИЯНИИ КРУПНОМАСШТАБНОГО КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИДИИ
(*MYTILUS GALLOPROVINCIALIS* LAMARCK, 1819) НА ЭКОСИСТЕМУ
ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ ЧЕРНОГО МОРЯ 73

Казакова И.С., Репецкая А.И., Бирюлева Э.Г., Дильдина О.О., Бурилова В.Д. АНАТОМО-МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВИДОВ РОДА <i>HOSTA TRATT</i> КАК РЕАЛИЗАЦИЯ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ В ПРЕДГОРНОМ КРЫМУ.....	83
Катюшина О.В., Коренюк И.И., Хусаинов Д.Р., Гамма Т.В., Черетаев И.В., Колотилова О.И., Лямина А.М. ПСИХОТРОПНЫЕ ЭФФЕКТЫ СВЕРХМАЛЫХ ДОЗ АСПИРИНА И ЕГО СОЛЕЙ.....	95
Кириллова А.В., Панова С.А., Лесова Л.Д. ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ДЕТЕЙ 5-6-ЛЕТ.....	104
Климова Е.М., Иваненко М.О. ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ФАГОЦИТОЗА. СОВРЕМЕННЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ФАГОЦИТАРНОМ ПРОЦЕССЕ.....	110
Конарева И.Н. КАРДИОИНТЕРВАЛОГРАФИЧЕСКИЕ КОРРЕЛЯТЫ МОТИВАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЛИЧНОСТИ.....	119
Коренюк И.И., Гамма Т.В., Черетаев И.В., Катюшина О.В., Хусаинов Д.Р., Лямина А.М., Джапарова С.И., Исмаилова Э.Т. ВЛИЯНИЕ НИТРАТА СВИНЦА НА ПОВЕДЕНИЕ КРЫС.....	130
Кулагина И.Б., Корогод С.М. БИОФИЗИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ СТРУКТУРОЗАВИСИМОСТИ ВЫХОДНЫХ СИГНАЛОВ НЕЙРОНОВ ПУРКИНЬЕ. МОДЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ.....	138
Марчук Н.Ю., Ежов В.Н. ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ НА СОДЕРЖАНИЕ И СОСТАВ ЭФИРНОГО МАСЛА <i>CUPRESSUS SEMPERVIRENS L.</i>	151
Мельникова Е.Б., Бурмистрова Н.В. ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ СТРУКТУРИЗАЦИИ СООБЩЕСТВ БИОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ГИДРОБИОНТОВ.....	156
Муравьёва И.П., Миронова Т.О. СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ЛИПИДНО-УГЛЕВОДОРОДНОГО СОСТАВА МАКРОФИТООБРАСТАНИЙ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ АРТИЛЛЕРИЙСКОЙ БУХТЫ (СЕВАСТОПОЛЬ, ЧЁРНОЕ МОРЕ).....	166
Никифорова О.А., Ляшенко В.П. СПІВВІДНОШЕННЯ ВМІСТУ ТЕСТОСТЕРОНУ І ПРОГЕСТЕРОНУ У СИРОВАТЦІ КРОВІ ЩУРІВ ЗА УМОВ АЛІМЕНТАРНОГО СТРЕСУ.....	171
Никольская В.А., Меметова З.Н. РОЛЬ БИОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ ПАТОЛОГИИ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА В ВЫЯВЛЕНИИ ЭНДОКРИННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ, СОПРОВОЖДАЮЩИХСЯ ГИПЕРИНСУЛИНЕМИЕЙ.....	177

Письменецька І.Ю., Баттерс Т.Д. ХРОМАТОГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ ІММОБІЛІЗОВАНИХ НА ПАПЕРОВИХ НОСІЯХ МОДЕЛЬНИХ ОЛІГОСАХАРИДІВ.....	183
Погодина С.В., Музыка С.Л., Юфеев В.С. ГЛЮКОКОРТИКОИДНАЯ АКТИВНОСТЬ КОРЫ НАДПОЧЕЧНИКОВ И РЕАКЦИИ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ У СПОРТСМЕНОВ РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОГО УПРАЖНЕНИЯ В ГИРЕВОМ СПОРТЕ	192
Раваева М.Ю., Чуюн Е.Н. ИЗМЕНЕНИЕ АКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ СИНТЕЗА ОКСИДА АЗОТА ПОД ДЕЙСТВИЕМ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	201
Решетняк О.А., Евстафьева И.А., Евстафьева Е.В., Решетняк А.В. ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ К ФИЗИЧЕСКОЙ НАГРУЗКЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УРОВНЯ СОДЕРЖАНИЯ КАДМИЯ, КАЛИЯ И КАЛЬЦИЯ В ОРГАНИЗМЕ.....	211
Ржевская В.С., Омельченко А.В., Теплицкая Л.М. ВЛИЯНИЕ СОВМЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ГУМАТА НАТРИЯ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО ПРЕПАРАТА «ЭМБИКО» НА РОСТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАСТЕНИЙ ОГУРЦА СОРТА НЕЖИНСКИЙ 12	218
Русев И.Т. АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ОЧАГОВ ЧУМЫ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ ПРИЧЕРНОМОРЬЕ (ЧАСТЬ 1).....	224
Русев И.Т. АНТРОПОГЕННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПРИРОДНЫХ ОЧАГОВ ЧУМЫ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ ПРИЧЕРНОМОРЬЕ (ЧАСТЬ 2).....	244
Сафронова Н.С., Фоменко А.В., Мустафаева Л.А. ПРОЯВЛЕНИЯ ДИСФУНКЦИОНАЛЬНОГО ДЫХАНИЯ И ВОЗМОЖНОСТЬ ЕГО КОРРЕКЦИИ У ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ДЕПОРТИРОВАННЫХ НАРОДОВ КРЫМА.....	261
Семенова О.А., Петров С.А. ИЗУЧЕНИЕ АКТИВНОСТИ ЩЕЛОЧНОЙ ФОСФАТАЗЫ В КЛЕТКАХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ <i>CHLOROPHYTA</i> , <i>VASCILLARIOPHYTA</i> , <i>CHRYSOPHYTA</i> ПРИ РАЗНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЯХ СУЛЬФАТА МЕДИ В СРЕДЕ.....	268
Симагина Н.О., Лысякова Н.Ю. ДИНАМИКА АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ <i>BUPLEURUM</i> <i>FRUTICOSUM</i> L. В ТЕЧЕНИЕ ВЕГЕТАЦИИ И ОНТОГЕНЕЗА	273
Скамрова Г.Б., Евстигнеев М.П., Лантушенко А.О., Лукьянчук Г.А., Саламатин В.В., Шкорбатов Ю.Г. ВЛИЯНИЕ МИКРОВОЛНОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЧАСТОТАХ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ И СЕТИ WIMAX НА ПРОНИЦАЕМОСТЬ МЕМБРАН КЛЕТОК БУККАЛЬНОГО ЭПИТЕЛИЯ ЧЕЛОВЕКА.....	282

Скляр В.Г. РОЗМІРНА СТРУКТУРА ДЕРЕВОСТАНІВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ В ЛІСАХ НОВГОРОД-СІБЕРСЬКОГО ПОЛІССЯ.....	292
Тарабрина Н.Ю., Грабовская Е.Ю. РЕАКЦИИ РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ НА ДЕЙСТВИЕ МИОВИСЦЕРАЛЬНОЙ РЕФЛЕКТОРНОЙ КОРРЕКЦИИ ВЕСТИБУЛЯРНЫХ РЕАКЦИЙ С УЧЕТОМ ИСХОДНОГО ВЕГЕТАТИВНОГО ТОНУСА.....	303
Темурьянц Н.А., Чуян Е.Н., Костюк А.С., Туманянц К.Н., Туманянц Е.Н. РЕАКЦИИ МОЛЛЮСКОВ <i>HELIX ALBESCENS</i> НА ДЕЙСТВИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ.....	316
Халявина С.В., Глумова Н.В. БИОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КУВШИНКИ БЕЛОЙ (<i>NUMPHAEA ALBA L.</i>) В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ В ПРЕДГОРНОМ КРЫМУ.....	325
Харковлюк-Балакіна Н.В., Горго Ю.П. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПІДХІД ДО ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ПРОФЕСІЙНОЇ АДАПТАЦІЇ ЛЮДИНИ В ПРИРОДНИХ ТА ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ ПРАЦЕДІЯЛЬНОСТІ.....	332
Черкес Л.И. ОСОБЕННОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ В УСЛОВИЯХ РАВНИНЫ ПОСЛЕ ПРЕБЫВАНИЯ В ГОРАХ НА ВЫСОТЕ 2100 М.....	342
Чуян Е.Н., Ананченко М.Н. ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КОЖИ ЧЕЛОВЕКА И ИХ РОЛЬ В МОДУЛЯЦИИ ТКАНЕВОГО КРОВотоКА НИЗКОИНТЕНСИВНЫМ МИЛЛИМЕТРОВЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ.....	350
Чуян Е.Н., Никифоров И.Р., Бирюкова Е.А., Чуян Е.В. ОСОБЕННОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ИСПЫТУЕМЫХ С РАЗНЫМ ТИПОМ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАЙНЕ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ.....	363
Шибко А.Н. БИОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕМЯН <i>HYSSOPUS OFFICINALIS L.</i> ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ В УСЛОВИЯХ ПРЕДГОРНОГО КРЫМА.....	371
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ.....	378
СОДЕРЖАНИЕ.....	387