

Журнал основан в 1918 г.

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

Научный журнал

Серия “Биология, химия”

Том 23 (62). № 3

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского
Симферополь, 2010

Редакционный совет журнала «Ученые записки ТНУ»:

Багров Н.В. – д.г.н., проф., член-корр. НАНУ, (председатель)

Бержанский В.Н. – д.ф.-м.н., проф. (зам. председателя)

Дзедолик И.В. – д.ф.-м.н., доц. (секретарь)

Члены Совета (редакторы серий):

Богданович Г.Ю. – д.филол.н., проф.

Берестовская Д.С. – д. филос.н., проф.;

Вахрушев Б.А. – д.г.н., проф.;

Габриелян О.А. – д. филос.н., проф.

Казарин В.П. – д.филол.н., проф.;

Кальной И.И. – д.филос.н.; проф.;

Канов А.А. – д.э.н., проф.;

Копачевский Н.Д. – д.ф.-м.н. проф.

Лазарев Ф.В. – д.филос.н. проф.

Подсолонко В. А. – д.э.н. проф.

Темурьянц Н.А. – д.б.н. проф.

Тимощук А.В. – д.ю.н. проф.

Шульгин В.Ф. – д.х.н. проф.

Юрченко С.В. – д.полит.н. проф.

Состав редколлегии 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.;

Павленко В.Б. – д.б.н, проф.;

Темурьянц Н.А. – д.б.н., проф.

(редактор по разделу «Биология»);

Чуян Е.Н. – д.б.н, проф.;

Юрахно М. В. – д.б.н, проф.

Раздел «Химия»:

Гришковец В.И. – д.х.н., проф.;

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. (редактор
по разделу «Химия»)

*Журнал печатается по решению Ученого Совета Таврического национального
университета им. В.И. Вернадского от 10.11.2010 г. (протокол № 8)*

© Таврический национальный университет, 2010 г.Подписано в печать 8.11.2010. Формат 60x84 ¹/₈ усл. изд. л. 10,6. Тираж 500. Заказ № 17/а.

Отпечатано в информационно-издательском отделе ТНУ.

Проспект Вернадского, 4, г. Симферополь, 95007

„Учюние записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского”

Науковий журнал. Серія «Біологія, хімія». Том 23 (62), №3.

Сімферополь, Таврійський національний університет ім. В.І.Вернадського, 2010

Журнал заснований у 1918 р.

Адреса редакції: Проспект Вернадського, 4, м. Сімферополь, 95007

Надруковано у інформаційно-видавничкому відділі Таврійського національного університету ім. В.І.Вернадського.

Проспект Вернадського, 4, м. Сімферополь, 95007

<http://science.crimea.edu/zapiski/zapis.html>

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

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

Серия «Биология, химия». Том 23 (62). 2010. № 3. С. 3-14.

УДК 612.822.3.08

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ И ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ У ДЕТЕЙ

Алиева Т.А., Павленко В.Б.

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

В статье суммированы литературные данные об изменениях электрической активности головного мозга у детей. Представленные факты свидетельствуют о том, что с возрастом паттерн электроэнцефалограммы и пространственно-временные характеристики вызванных потенциалов претерпевают закономерные изменения.

Ключевые слова: электроэнцефалограмма, вызванные потенциалы, дети.

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день наиболее распространенным методом неинвазивного исследования функциональной активности головного мозга является анализ пространственно-временной организации ритмической электрической активности, или электроэнцефалограммы (ЭЭГ) [1].

Пристальное внимание в этой области привлекает онтогенетическое изменение электрической активности человека, причем исследования проводились как на взрослых, так и на детях [2-5]. Полученные данные свидетельствовали о весомых отличиях между ЭЭГ взрослого и ребенка. Соответственно, следующим шагом по изучению изменений ЭЭГ в онтогенезе стал поиск первопричин этих изменений и влияние на созревание ритмики головного мозга различных факторов. В последствие, внимание стало уделяться изучению у детей основных характеристик биопотенциалов в ответ на события, а также особенностям функциональных поддиапазонов основных ритмов ЭЭГ. В результате этого было накоплено большое количество данных, которые часто разрозненны и противоречат друг другу.

Исходя из вышеизложенного, целью данной работы явились систематизация и обобщение результатов научных исследований возрастной динамики фоновой электрической активности и вызванных потенциалов у детей.

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РИТМОВ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ

Большое значение в изучении функционирования головного мозга играет электроэнцефалография – метод исследования, основанный на регистрации его электрических потенциалов [6]. Одной из широко распространенных версий о генезе ЭЭГ является отражение в ней медленных колебаний мембранного потенциала нервных и глиальных клеток коры, вызываемых действием нейромедиаторов и нейромодуляторов. Относительная синхронность волн ЭЭГ, отводимых от далеко расположенных других участков коры, обеспечивается за счет существования между нейронами многочисленных кортико-кортикальных горизонтальных связей [7, 8]. Соответственно этому существует связь между уровнем активации коры и частотно-амплитудными параметрами электрической активности головного мозга. В общей картине ЭЭГ принято различать ритмические колебания определенной частоты и амплитуды, которые носят название ритмов. Наиболее классический вариант выделения ритмов основывается на изменении общего паттерна ЭЭГ при смене таких функциональных состояний, как бодрствование и сон. При таком переходе оказываются хорошо различимыми такие виды активности, как альфа-, бета-, тета- и дельта-ритмы.

Дельта-ритм состоит из высокоамплитудных (амплитуда 20-200 мкВ) колебаний с частотой 0,5-4 Гц [8]. Дельта-ритм доминирует при поражении кортикальных отделов мозга или в ЭЭГ человека, находящегося в фазе глубокого сна. Считается, что генерирующая дельта-ритм система является филогенетически наиболее древней и участвует в обеспечении витальных и биологических потребностей [9].

Тета-ритм складывается из ритмических медленных волн с частотой 4-7 Гц и амплитудой 20-100 мкВ. Усиление тета-активности наблюдается при дремоте, а также при глубокой релаксации и медитативных состояниях. Согласно современным представлениям, тета-ритм, регистрируемый в процессе выполнения когнитивной задачи, также отражает процесс запоминания и извлечения следов памяти [6]. Г. Г. Князев [9] при описании этого ритма отмечает его связь с регуляцией поведения и сопоставлением мотиваций с накопленным в течение жизни эмоциональным опытом. Тета-активность – неотъемлемая и важная часть ЭЭГ человека, которая характерна также для всех млекопитающих [9-11].

Альфа-ритм состоит из волн с частотой 8-14 Гц и амплитудой до 100 мкВ, и наиболее ярко выражен в ЭЭГ взрослого человека, находящегося в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами и длительной монотонной работы [6]. Этот ритм является отражением тормозных процессов, которые способствуют протеканию когнитивных функций человека, в том числе активации внимания и памяти. В отличие от тета-ритма, альфа-активность связывают не с контекстуальной (эмоционально-чувственной), а с семантической памятью, хранящей абстрактные знания [9, 12].

В современной литературе устоявшейся является точка зрения, согласно которой альфа-ритм имеет сложную структуру и состоит из нескольких компонентов. Однако единого мнения о степени неоднородности альфа-диапазона не существует, что вызвано применением разных подходов при изучении отдельных характеристик и реактивности этого диапазона ЭЭГ. Один из подходов по выделению границ

диапазонов этого ритма основывается на частоте индивидуального пика альфа-активности у каждого человека [12, 13]. Другой подход, с более четкой классификацией и потому более распространенный, опирается на топографические особенности, специфику реактивности альфа-ритма и выделение отдельных частотных полос в пределах этой активности, разделяющих ее на определенное количество поддиапазонов, одинаковых для всех людей [4, 14-16]. Чаще всего разделение происходит на низко-, средне- и высокочастотные составляющие (компоненты), каждый из которых имеет свои функциональные и топографические особенности, и формируется в определенный этап онтогенеза [17]. Три поддиапазона включают в себя альфа1-ритм с частотой 7,7-8,9 Гц; и альфа2- и альфа3-ритмы с частотами 9,3-10,5 Гц и 10,9-12,5 Гц соответственно. При этом последний нередко определяется как низкочастотный бета-ритм, однако в большинстве современных исследований эту активность в соответствии с характером ее реактивности, пространственной организации, связи с определенными когнитивными процессами расценивают как высокочастотный альфа-ритм [4].

Альфа-активность пропадает при повышении функциональной активности мозга, причем на ЭЭГ при этом появляются высокочастотные нерегулярные волны. Такая реакция носит название «реакции десинхронизации» [18].

Бета-ритмом называют быстроволновую активность с частотой 14-30 Гц и амплитудой 5-30 мкВ. Этот ритм, связанный с сознательной концентрацией внимания на каком-либо внешнем объекте, характерен для активного бодрствующего состояния. Бета-ритм наблюдается также при умственном напряжении во время решения задачи или формулирования мысли [8]. В настоящее время в его диапазоне выделяют два частотных компонента: бета1- (14-25 Гц) и бета2-ритм (25-30 Гц), или низко- и высокочастотный.

Электрическую активность головного мозга с частотой 30-40 Гц и выше и амплитудой около 5-7 мкВ называют «высокочастотным бета-ритмом» или «гамма-ритмом». Амплитуда этих колебаний не превышает 15 мкВ и обратнопропорциональна частоте. Наблюдается гамма-ритм при решении задач, требующих максимального сосредоточения внимания [6].

Амплитуда, топография и соотношения описанных выше ритмических потенциалов являются важным диагностическим признаком и показателем функционального состояния различных областей коры при осуществлении психической деятельности. Однако, несмотря на значительное развитие методов анализа ЭЭГ, до настоящего времени она является достаточно сложной для точной и однозначной интерпретации. Отчасти это объясняется тем, что ритмы ЭЭГ в чистом виде встречаются достаточно редко – когда испытуемый вовлечен в определенный вид деятельности, его ЭЭГ представляет постоянно меняющуюся по амплитуде и частоте кривую.

2. СТАНОВЛЕНИЕ РИТМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА В ОНТОГЕНЕЗЕ

Возрастные изменения биоэлектрической активности мозга охватывают значительный период онтогенеза от рождения до юношеского возраста. К 15-18

годам у каждого человека складывается индивидуально-специфический паттерн ЭЭГ, который сохраняется на протяжении всей жизни; и только в пожилом возрасте в нем могут появляться некоторые изменения [19]. О зрелости биоэлектрической активности головного мозга можно судить по ряду признаков, среди которых необходимо отметить особенности частотно-амплитудного спектра ЭЭГ, наличие устойчивой ритмической активности, среднюю частоту доминирующих волн и особенности пространственно-временной организации биопотенциалов мозга.

В ряде работ были представлены данные, свидетельствующие о значительных и постепенных преобразованиях мозговых систем, обеспечивающих развитие когнитивных процессов у детей. Т. Гассер отмечает, что созревание затылочных областей коры происходит раньше, чем лобных [20]. В период младшего школьного возраста качественные изменения происходят во внутрисистемных взаимоотношениях в передне- и заднеассоциативных областях коры, и обусловлены как нарастанием внутрикорковых связей, так и созревания нейронного аппарата этих корковых зон [21-24]. Согласно Т. А. Цехмистренко, в возрасте 8-12 лет толщина коры больших полушарий не изменяется по сравнению с более ранними возрастными периодами, однако при этом наблюдается созревание структурных элементов коры, увеличение удельных объемов волокон и количества синапсов, интенсивное развитие внутри- и межкорковых связей [25]. Ю. В. Кулаковский и Н. В. Дубровинская в своих исследованиях отмечают формирование в период 7-10 лет присущих взрослым высоких интегративных возможностей лобных долей [26], которое происходит за счет морфофункционального созревания самих фронтальных областей и их нисходящих связей с другими структурами мозга [21]. Несомненно, такие структурные преобразования отражаются в электрической активности головного мозга в виде созревания общего паттерна ЭЭГ и увеличения синхронизации ритмов. Несмотря на большую вариативность, в этих процессах существует определенная общность. Она проявляется в виде постепенного ускорения корковой ритмики, замещения медленноволновых тета- и дельта-ритмов регулярной альфа-активностью с фокусом в теменно-затылочных отделах коры больших полушарий [3-4, 27-31]. Для оценки степени зрелости структуры ритмов ЭЭГ по мере взросления ребенка используют показатели сформированности альфа-ритма, рассматривая его становление как функциональный механизм интеграции нервных центров в единую систему [27, 28, 30].

Первые признаки ритмической упорядоченности появляются, начиная с третьего месяца жизни. Тенденция к нарастанию доминирующей частоты сохраняется и на дальнейших стадиях развития. Если для новорожденных характерна активность с частотой 1-6 Гц, то к 3 годам это уже ритм с частотой 7-8 Гц, к 6 годам – 9-10 Гц и т.д. [32]. В качестве возрастной нормы зрелой ЭЭГ для детей 7-8 лет, свидетельствующей о зрелости регуляторных систем, авторы выделяют доминирование регулярного альфа-ритма частотой 8–10 Гц и отсутствием пароксизмальной активности [26, 27].

В возрасте 9-10 лет наряду с близостью к зрелому типу характеристик ЭЭГ достаточно сформированными оказываются нейрофизиологические механизмы, обеспечивающие повышение уровня корковой активации [14]. Однако в целом до

десятилетнего возраста индивидуальный разброс в степени созревания модулирующих систем мозга достаточно велик, и у части детей выявляется проявляющаяся в ЭЭГ функциональная незрелость, которая оказывает влияние на развитие высших психических функций [33-35]. Соответственно, отсутствие четкого доминирования альфа-ритма и наличие медленных волн в меньшей степени присущи детям 11-12 лет, чем детям 9-10 лет.

По распространенной в литературе точке зрения, ЭЭГ мозга, характерная для взрослого человека, устанавливается к 13 годам. Однако исследования свидетельствуют о том, что ЭЭГ подростков 13-16 лет характеризуются еще целым рядом возрастных особенностей: несмотря на то, что у большинства подростков уже преобладает альфа-ритм, в 25% случаев этот вид активности не является доминирующим даже в затылочной области коры [3]. Согласно исследованиям, проведенным Е.Г. Ларькиной и А.В. Киренской, у подростков 15-17 лет фоновая ЭЭГ отличается от таковой у взрослых прежде всего повышенным значением спектральной мощности в тета- и сниженным – в альфа1- и альфа2-диапазонах [36]. Д.А. Фарбер с соавт. также отмечает, что альфа3-ритм яркую выраженность в спектре проявляет только к 16-17 годам, в то время как альфа1 доминирует уже в возрасте 4-8 лет, а альфа2 – после 10 лет. Это объясняется тем, что ритмические составляющие этого диапазона генерируются различными нейронными системами, созревающими неодинаково в онтогенезе [12, 32]. Кроме смены доминирующего поддиапазона альфа-активности, с возрастом наблюдается изменение их характеристик. Так, для детей 7-11 лет описан возрастной сдвиг среднего значения центральной частоты альфа2-диапазона, направленный в сторону ее увеличения [3, 4, 20, 36].

Существуют данные, что у детей 9-13 лет высокая амплитуда тета-диапазона и низкая амплитуда альфа2-диапазона коррелирует с делинквентным поведением, гиперактивностью и нарушением внимания [37]. При этом Л.А. Венгер и А.А. Ибатуллина в своих исследованиях установили, что развивающее обучение приводит не только к существенному повышению уровня умственного развития детей, но и к изменению ряда параметров электрической активности мозга, свидетельствующему о его ускоренном созревании и значительном совершенствовании функций. [38]. Таким образом, в ЭЭГ проявляются четкие возрастные различия, свидетельствующие о степени зрелости мозга. Вместе с тем, на формирование ЭЭГ может влиять множество факторов, как неврологического, так и социального характера.

3. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ

Вызванные потенциалы (ВП) — биоэлектрические колебания, возникающие в нервных структурах в ответ на внешнее раздражение и находящиеся в строго определенной временной связи с началом его действия. ВП представляют собой широкий класс электрофизиологических феноменов, которые специальными методами выделяются из фоновой ЭЭГ [6]. В настоящее время для выделения ВП, из-за их низкой амплитуды по отношению к спонтанной активности ЭЭГ, используются многократная стимуляция, синхронное накопление и фильтрация [39].

Исследование ВП основано на регистрации электрических ответов мозга как на экзогенные события, такие как подача внешнего стимула – зрительного, слухового, тактильного, так и на эндогенные события, связанные с ожиданием, опознанием, принятием решения и инициацией двигательного ответа. В зависимости от модальности предъявляемых стимулов различают следующие виды ВП: зрительные, слуховые, соматосенсорные, тактильные, обонятельные и т. д. Некоторые ВП, выделяемые достаточно легко, прочно вошли в клиническую практику – зрительные на вспышку света, соматосенсорные на электрическую стимуляцию нерва, слуховые ВП. Остальные виды находятся в стадии научных исследований и не нашли пока широкого применения.

Любой ВП является сложным комплексом колебаний, среди составляющих которого можно выделить ряд ранних и поздних компонентов. При их рассмотрении обращают внимание, прежде всего, на следующие амплитудно-временные характеристики – время задержки ответа, латентный период (ЛП), длительность и амплитуду, пространственное распределение амплитуд ВП по поверхности головы, связь с тем или иным событием или поведенческой задачей [39, 40]. Соответственно полярности выделяют позитивные (P) и негативные (N), которые нумеруются в порядке их возникновения. В качестве другого варианта обозначения компонента выступает его приблизительный ЛП в миллисекундах, что, однако, не всегда удобно, так как точную латентность установить достаточно сложно, к тому же она может варьировать для функционально одних и тех же компонентов. Однако в целом, в зависимости от латентности, компоненты ВП можно разделить на такие группы, как раннелатентные (P1 – 50–120, N1 – 120–160 мс), среднелатентные (P2 – 160–220, N2 – 220–300 мс) и позднелатентные, возникающие, соответственно, после 300 мс с момента предъявления стимула [41, 42].

В литературе также широко распространен термин, являющийся калькой с английского *event-related potential* – связанный с событием потенциал. Одни авторы (преимущественно зарубежные) под понятием «связанный с событием потенциал» подразумевают общие реакции мозга, связанные с какими-либо событиями, частным случаем которых является ВП на подачу стимула. Другие авторы все потенциалы, выделяемые методом когерентного накопления, называют вызванными потенциалами и разделяют их на экзогенные, возникающие при подаче раздражителя, и эндогенные или связанные с событиями [19, 39, 43].

4. ФОРМИРОВАНИЕ РАННЕ- И СРЕДНЕЛАТЕНТНЫХ ВП В ОНТОГЕНЕЗЕ

М. Тейлор отмечает, что ВП являются одновременно функцией от возраста испытуемого и от когнитивных процессов, которые необходимы для решения возникшей задачи [44]. Изучение сенсорно-специфических реакций мозга на стимулы разных модальностей показывает, что локальные ответы мозга в проекционных зонах коры регистрируются с момента рождения ребенка, однако их конфигурация и параметры говорят о разной степени зрелости и несоответствии таковым у взрослого. Например, ВП, регистрируемые в зоне морфологически более зрелого к моменту рождения соматосенсорного анализатора, содержат такие же компоненты, как и у взрослых, и их параметры достигают зрелости уже в первые

недели жизни. В то же время, значительно менее зрелы у новорожденных и младенцев зрительные и слуховые ВП [19, 32]. Несмотря на то, что ВП детей отличаются большой меж- и интрасубъективной вариабельностью, существуют определенные закономерности в формировании электрических ответов мозга. Так, например, наиболее значительные изменения конфигурации и параметров зрительных ВП происходят в первые два года жизни. За этот период ВП на вспышку преобразуются из позитивно-негативного колебания в многокомпонентную реакцию, которая в общих чертах сохраняется в дальнейшем онтогенезе. Окончательная стабилизация компонентного состава таких ВП происходит к 5-6 годам, но его оформление продолжается вплоть до 11-12 лет.

У новорожденных можно легко зарегистрировать суммарный вызванный ответ на звук, причем слуховые ВП имеют, так же как и у взрослого человека, определенную последовательность позитивно-негативных комплексов. У детей 4-6 лет слуховые ВП, по сравнению с таковыми у младенцев, имеют меньший ЛП и включают в себя 1-3 позитивно-негативных комплекса, причем позднелатентные компоненты более выражены по сравнению с ранне- и среднелатентными [45].

Что касается онтогенетических изменений компонентов ВП у более старших детей, то на этот счет имеются неоднозначные данные. Как отмечает С. Джонстоун, амплитуды и ЛП некоторых компонентов у детей и подростков оставались неизменными и не подвергались возрастным изменениям. Так, к примеру, не изменялась амплитуда N1 и ЛП компонентов P2 и N2, регистрируемых в ответ на стандартные стимулы. При регистрации ВП в ответ на целевые стимулы неизменной для испытуемых 8-17 лет оставался ЛП компонента P2 [5].

Другие авторы сходятся на мнении, что возраст вносит существенный вклад во временные характеристики и размер компонентов N1, P2 и N2. Считается, что эти компоненты отражают преимущественно функции сенсорных систем, и изменения потенциалов являются отражением созревания соответствующих систем мозга, также как P3 отражает когнитивные изменения по мере взросления детей [46]. В.В. Гнездицкий как для детей, так и для взрослых испытуемых отмечает четкую корреляцию возраста и параметров N2, и слабую – для потенциалов N1 и P2 [39]. Это согласуется с другими данными, согласно которым ЛП P2- и N2-колебаний на протяжении детства стремительно уменьшаются до своего минимума в 16 лет, в то время как у взрослых они напротив, постепенно увеличиваются с возрастом [47-49]. В противоположность этому, ЛП компонентов, регистрируемых до временного порога в 150 мс, и в частности компонента N1, очень слабо или вовсе не меняется с возрастом [49-51]. С. Стюарт [52] описывает линейное уменьшение ЛП компонента N1 с возрастом у испытуемых 8-17 лет, а в работе М. Тейлора с соавт. отмечается укорочение ЛП компонента N1 при совпадении целевых стимулов у детей 9-12 лет, что свидетельствует о развитии процессов облегчения синаптической передачи в этом возрасте [53].

Не существует единого мнения относительно динамики амплитудных показателей ранне- и среднелатентных компонентов ВП у детей. Так, Дж. Полиш [46] описывает тенденцию постепенного увеличения амплитуды компонентов N1, P2 и N2 с возрастом, а Д. Джонстоун [5] говорит об уменьшении амплитуды только N2 компонента. В других работах идет речь об уменьшении у детей амплитуды

компонентов N1 и N2, и линейном увеличении таковой компонента P2 [49, 52]. Некоторые исследователи приходят к выводу об увеличении амплитуды N1 и уменьшении ее у компонентов P2 и N2 [49, 51]. Такая противоречивость мнений объясняется тем, что в целом в литературе исследованию возрастной динамики характеристик ранне- и среднелатентных компонентов уделяется значительно меньше внимания, чем позднелатентным компонентам. Это, по-видимому, связано с тем, что онтогенетические изменения характеристик компонентов N1, P2 и N2 выражены не столь явно, и обнаруживают лишь единичные корреляции с возрастом, размерами головы, созреванием ассоциативных зон коры головного мозга или когнитивными характеристиками индивидуума. Вместе с тем, изучение даже немногочисленных корреляций может помочь открыть новый взгляд на взаимосвязь компонентов ВП с когнитивными и эмоциональными процессами, протекающими у детей, что определяет необходимость дальнейшего изучения этого вопроса.

5. ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЗДНЕЛАТЕНТНЫХ КОМПОНЕНТОВ ВП

Позднелатентные, или эндогенные, компоненты ВП, отражающие обеспечение более сложных сторон познавательной деятельности, могут быть зарегистрированы у детей всех возрастов, начиная с младенчества, но в каждом возрасте они имеют свою специфику. Наиболее систематические факты получены при исследовании возрастных изменений компонента P3 в ситуациях принятия решения.

Компонент P3 представляет собой позитивное колебание волны ВП, с латентностью пиковых значений от 250 до 500 мс, регистрируемое в случае привлечения внимания к целевым стимула на фоне стандартных раздражений [53]. Считается, что компонент P3 отражает включение в деятельность, переработку информации и построение нейрокогнитивных моделей. Соответственно этому, амплитуда данной волны зависит не от физических характеристик стимула, а от степени неопределенности, разрешаемой при его предъявлении [6]. P3 имеет широкую топографию распределения по поверхности головы с преобладанием в лобно-центральной, реже в теменно-центральных областях [39]. Данный компонент неоднороден по своей структуре и представляет собой комплекс волн, имеющих разную топографию и неодинаковые ЛП. В нем выделяют, по крайней мере, два колебания, которые могут как перекрываться, так и быть достаточно четко различимыми.

Существующую определенную зависимость между возрастом и характеристиками волны P3 описывают при помощи специальной «кривой старения» – линии регрессии, представляющую собой зависимость латентного периода от возраста для здоровых лиц без каких-либо неврологических и психических отклонений. К настоящему времени кривую старения рассматривают как часть кривой P3, описывающую увеличение латентности этого компонента после 16-17 лет, в то время как до этого возраста латентность P3 постепенно уменьшается [39, 48, 54]. Обратная закономерность наблюдается для амплитуды P3, которая увеличивается у детей и уменьшается у взрослых [5, 52]. Также значительное влияние на волну P3 оказывает типология личности, эмоциональное состояние и уровень бодрствования. Как предполагается, непрерывный характер

изменений указанных параметров обусловлен тем, что во всех возрастах действуют общие генераторы электрической активности [19].

Некоторые авторы на основе полученных данных склонны полагать, что динамика временных характеристик компонента РЗ обусловлена не влиянием самого биологического возраста, а зависит в основном от изменений у детей когнитивных функций и, в частности, памяти [54-56]. Исследования, проведенные на взрослых испытуемых, свидетельствуют о противоположной зависимости, и подкрепляются работами, в которых показано увеличение латентности пика РЗ у пациентов, страдающих слабоумием с нарушением памяти [57]. В то же время, Дж. Полиш [46] отмечает, что в то время как ЛП РЗ зависит как от возраста, так и объема памяти испытуемого, амплитуда этого эндогенного комплекса зависит только от возраста.

Параметры РЗ, как считается, являются индикатором когнитивной зрелости мозга, отражая процессы миелинизации и синаптогенеза в различных областях центральной нервной системы, и, прежде всего, во фронтальных регионах неокортекса [46, 57-59]. Исходя из этих факторов, а также сложной зависимости параметров волны РЗ и характеристик организма, имеется основание использовать компонент РЗ в клинической практике при оценке когнитивных процессов и уровня функциональной зрелости ЦНС [39, 60-62].

ВЫВОДЫ

1. Индивидуальные различия параметров ЭЭГ и ВП детей и подростков по сравнению с различиями у взрослых имеют двойную природу. Они отражают, во-первых, индивидуально устойчивые особенности работы нервных образований и, во-вторых, различия в темпах созревания мозгового субстрата и психофизиологических функций.
2. Исследования возрастной динамики ЭЭГ у детей показывают, что общим для всех является постепенное увеличение с возрастом пиковой частоты доминирующего ритма ЭЭГ и изменение его топографического распределения.
3. Онтогенетические преобразования структуры ВП, как ранне- и среднелатентных, так и позднелатентных, касаются в первую очередь таких характеристик колебаний, как ЛП и амплитуда пика волны. В то же время, не существует однозначного мнения по поводу направления этих изменений, в особенности для коротко- и среднелатентных компонентов, а зависимость параметров некоторых видов волн от возраста практически не описана в литературе.
4. Несмотря на выявление некоторых общих закономерностей в развитии электрической активности головного мозга у детей и подростков, существует большое число противоречащих друг другу результатов исследований, что подчеркивает необходимость дополнительных работ в этой области.

Список литературы

1. Мачинская Р.И. Формирование функциональной организации коры больших полушарий в покое у детей младшего школьного возраста с различной степенью зрелости регуляторных систем мозга. Сообщение II. Анализ когерентности α -ритма ЭЭГ / Р.И. Мачинская, Л.С. Соколова, Е.В. Крупская // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 2. – С. 5–15.

2. Королева Н.В. Ведущие показатели зрелости биоэлектрической активности головного мозга у детей в возрасте от 1 до 7 лет / Н.В. Королева, С.А. Небера, И.Н. Гутник // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 6. – С. 57–63.
3. Новикова Л.А. Возрастные особенности электрической активности мозга детей и подростков / Л.А. Новикова // Журн. высш. нерв. деят. – 1961. – Т.11, вып. 1. – С. 60–70.
4. Фарбер Д.А. Гетерогенность и возрастная динамика α -ритма электроэнцефалограммы / Д.А. Фарбер, В.Ю. Вильдавский // Физиология человека. – 1996. – Т. 22, № 5. – С. 5–12.
5. Age-related changes in child and adolescent event-related potential component morphology, amplitude and latency to standard and target stimuli in an auditory oddball task / S.J. Johnstone, R.J. Barry, J. W. Anderson [et al.] // Int J Psychophysiol. – 1996. – V. 24, № 3. – P. 223–238.
6. Основы психофизиологии / [Александров Ю.И., Шевченко Д.Г., Александров И.О. и др.]; отв. ред. Ю.И. Александров. – М.: ИНФРА-М, 1998. – 432 с.
7. Petsche H. Wie entsteht das EEG? / H. Petsche // EEG-Lab. – 1989. – V. 11, № 3. – P. 120–135.
8. Основы физиологии / [Кейси Т.М., Франкель Г.М., Гриминджер П. и др.]; под ред. П. Д. Стерки; пер. с англ. Н.Ю. Алексеенко, Н.Н. Алипова. – М.: Мир, 1984. – 556 с.
9. Knyazev G.G. Personality trait of behavioral inhibition is associated with oscillatory systems reciprocal relationships / G.G. Knyazev, H.R. Slobodskaya // Int. J. Psychophys. – 2003. – V. 48, № 3. – P. 247–261.
10. Knyazev G.G. Motivation, emotion, and their inhibitory control mirrored in brain oscillations / G.G. Knyazev // Neuroscience and biobehavioral reviews. – 2007. – V. 31, №3. – P. 377–395.
11. Гусельников В.И. Электрофизиология головного мозга / Гусельников В.И. – М.: Высшая школа, 1976. – 423 с.
12. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis / W. Klimesch // Brain Research Reviews. – 1999. – V. 29. – P. 169–195.
13. Бондарь А.Т. Еще раз о тонкой структуре α -ритма ЭЭГ человека: два спектральных компонента в состоянии покоя / А.Т. Бондарь, А.И. Федотчев // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 1. – С. 15–22.
14. Горев А.С. Динамика частотных составляющих α -диапазона электроэнцефалограммы детей 9-10 лет в условиях релаксации / А.С. Горев // Физиология человека. – 1996. – Т. 22, № 5. – С. 45–48.
15. Гавриш Н.В. Природа изменчивости индивидуальных различий частотных характеристик альфа-диапазона ЭЭГ детей 6–8 лет / Н.В. Гавриш, С.Б. Малых // Журн. высш. нерв. деят. – 1994. – Т. 44, вып. 1. – С. 8–17.
16. Spectral Structure and Brain Mapping of Human Alpha Activities in Different Arousal States / J.L. Cantero, M. Atienza, C.M. Gómez [et al.] // Neuropsychobiology. – 1999. – V. 39, № 2. – P. 110–116.
17. Семенова О.А. Формирование произвольной регуляции деятельности и ее мозговых механизмов в онтогенезе / О.А. Семенова // Физиология человека. – 2007. – Т. 33, № 3. – С. 115–127.
18. Зенков Л.П. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии) / Зенков Л.П. – Таганрог : Изд-во ТРГУ, 1996. – 358 с.
19. Равич-Щербо И.В. Психогенетика / Равич-Щербо И.В., Марютина Т.М., Григоренко Е.Л. — М. : Аспект Пресс. – 2000. – 447 с.
20. Development of the EEG of school-age children and adolescents. II. Topography / T. Gasser, C. Jennen-Steinmetz, L. Sroka [et al.] // Electroenceph. clin. Neurophysiol. – 1988. – V. 69. – P. 100–109.
21. Безруких М.М. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга и формирование познавательной деятельности в онтогенезе ребенка / М.М. Безруких, Р.И. Мачинская, Д.А. Фарбер // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 6. – С. 10–24.
22. Петренко Н.Е. Механизмы опознания глобальной и локальной информации детьми младшего школьного возраста / Н.Е. Петренко // Новые исследования. – 2009. – № 1 (18). – С. 14–26.
23. Цехмистренко Т.А. Структурные преобразования ассоциативной коры как морфологическая основа развития когнитивных функций человека от рождения до 20 лет / Т.А. Цехмистренко, В.А. Васильева // Физиология человека. – 2001. – Т. 27, № 5. – С.41–48.
24. Фарбер Д.А. Особенности опознания фрагментарных изображений в 7–8 летнем возрасте. Анализ связанных с событием потенциалов / Д.А. Фарбер, Н.Е. Петренко // Физиология человека. – 2009. – Т. 35, № 3. – С. 5–12.
25. Цехмистренко Т.А. Структурные преобразования cito- и фиброархитектоники фронтальной коры мозга человека от рождения до 20 лет / Т.А. Цехмистренко, Н.А. Черных, И.К. Шеховцев // Физиология человека. – 2010. – Т. 36, № 1. – С. 32–40.

26. Кулаковский Ю.В. Возрастные особенности мозговой организации вербальной деятельности: электрофизиологический анализ / Ю.В. Кулаковский, Н.В. Дубровинская // Физиология человека. – 1997. – Т. 23, № 3. – С. 122–124.
27. Кожушко Н.Ю. Возрастные особенности формирования биоэлектрической активности мозга у детей с отдаленными последствиями перинатального поражения ЦНС. Сообщение I. Спонтанная активность / Н.Ю. Кожушко // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 1. – С. 5–14.
28. Фарбер Д.А. Функциональная организация развивающегося мозга: возрастные особенности и некоторые закономерности / Д.А. Фарбер, Н.В. Дубровинская // Физиология человека. – 1991. – Т. 17, № 5. – С. 17–27.
29. Фарбер Д.А. Электроэнцефалограмма детей и подростков / Д.А. Фарбер, В.В. Алферова. – М. : Педагогика, 1972. – 216 с.
30. Веденева Л.С. Особенности статистической структуры взаимодействия основных компонентов ЭЭГ у детей школьного возраста / Л.С. Веденева, С.И. Сороко, А.Н. Шеповальникова // Физиология человека. – 1998. – Т. 24, № 1. – С. 5–12.
31. Рожков В.П. Формирование взаимодействия между волновыми компонентами основных ритмов ЭЭГ у детей первых пяти лет жизни / В.П. Рожков, С.И. Сороко // Физиология человека. – 2000. – Т. 26, № 6. – С. 5–19.
32. Структурно-функциональная организация развивающегося мозга / [Д.А. Фарбер, Л.К. Семенова, В.В. Алферова, и др.]. – Л. : Наука, 1990. – 198 с.
33. Соколова Л.С. Формирование функциональной организации коры больших полушарий в покое у детей младшего школьного возраста с различной степенью зрелости регуляторных систем мозга. Сообщение I. Анализ спектральных характеристик ЭЭГ в покое / Л.С. Соколова, Р.И. Мачинская // Физиология человека. – 2006. – Т. 32, № 5. – С. 5–14.
34. Дубровинская Н.В. Динамический характер и возрастная обусловленность функциональной организации мозга при внимании / Н.В. Дубровинская, Р.И. Мачинская, Ю.В. Кулаковский // Журн. высш. нервн. деят. – 1997. – Т. 47, вып. 2. – С. 196–208.
35. Поляков В.М. Функциональная асимметрия мозга в онтогенезе (обзор литературы отечественных и зарубежных авторов) / В.М. Поляков, Л.И. Колесникова // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2006. – № 5 (51). – С. 322–331.
36. Ларькина Е.Г. Характеристики θ - и α -диапазонов спектра ЭЭГ подростков 15–17 лет / Е.Г. Ларькина, А.В. Киренская // Физиология человека. – 2005. – Т. 31, № 6. – С. 26–31.
37. ЭЭГ-корреляты эмоциональных расстройств и отклонений в поведении у школьников / Г.Г. Князев, Е.Р. Слободская, Л.И. Афтанас [и др.] // Физиология человека. – 2002. – Т. 28, № 3. – С. 16–22.
38. Венгер Л.А. Соотношение обучения, психического развития и функциональных особенностей созревающего мозга / Л.А. Венгер, А.А. Ибатулина // Вопросы психологии. – 1989. – № 2. – С. 20–27.
39. Гнездицкий В.В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике / Гнездицкий В.В. – М. : МЕДпресс-информ, 2003. – 264 с.
40. Коваленко А.А. Эмоциональная значимость стимула и черты личности: отражение в паттерне вызванных потенциалов / А.А. Коваленко, В.Б. Павленко // Нейрофизиология / Neurophysiology. – 2009. – Т. 41, № 4. – С. 336–357.
41. Fonaryova A.P. Linking brainwaves to the brain: an ERP primer / A.P. Fonaryova, G.O. Dove, M.J. Maguire // Dev. Neuropsychol. – 2005. – V. 27, № 2. – P. 183–215.
42. Коваленко А.А. Отражение эмоциональной значимости визуальных стимулов в характеристиках вызванных ЭЭГ-потенциалов / А.А. Коваленко, В.Б. Павленко, С.В. Черный // Нейрофизиология / Neurophysiology. – 2010. – Т. 42, № 1. – С. 78–87.
43. Vaughan H.G. The sources of auditory evoked responses recorded from the human scalp / H.G. Vaughan, W. Ritter // Electroenceph. clin. Neurophysiol. – V. 28, № 4. – P. 360–367.
44. Taylor M.J. Cognitive evoked potentials in children: normal and abnormal development / M.J. Taylor, L. Pourcelot // Neurophysiol. Clin. – 1995. – V. 25, № 3. – P. 130–145.
45. Глухова Е.Ю. Слуховые вызванные потенциалы у новорожденных детей / Е.Ю. Глухова // Новости оториноларингологии и логопатологии. – 2002. – № 3. – С.107–112.
46. Polich J. Normal variation of P300 in children: age, memory span, and head size / J. Polich, C. Ladish, T. Burns // Int. J. Psychophysiology. – 1990. – V. 9. – P. 237–248.

47. The effects of age on the N200 component of the auditory event-related potentials / H. Enoki, S. Sanada, H. Yoshinaga [et al.] // *Cogn. Brain Res.* – 1993. – V. 1, № 3. – P. 161–167
48. Brown W.S. Exponential electrophysiological aging: P3 latency / W.S. Brown, J.T. Marsh, A. LaRue // *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* – 1983. – V. 55, № 3. – P. 277–285.
49. Age-related variations in evoked potentials to auditory stimuli in normal human subjects / D.S. Goodin, K.S. Squires, B.H. Henderson [et al.] // *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* – 1978. – V. 44. – P. 447–458.
50. Event-related potential changes in healthy aged females / A. Pfefferbaum, J.M. Ford, W.T. Roth [et al.] // *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* – 1979. – V. 46. – P. 81–86.
51. Age-related changes in auditory event-related potentials / A. Pfefferbaum, J.M. Ford, W.T. Roth [et al.] // *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* – 1980. – V. 49. – P. 266–276.
52. Taylor M.J. Discrimination of single features and conjunctions by children / M.J. Taylor, H. Chevalier, N.J. Lobaugh // *Int. J. Psychophysiol.* – 2003. – V. 51, № 1. – P. 85–95.
53. Суворов Н.Ф. Психофизиологические механизмы избирательного внимания / Н.Ф. Суворов, О.П. Таиров. – Л. : Наука, 1985. – 287 с.
54. Polich J. P300 topography and modality effects from a single-stimulus paradigm / J. Polich, M.R. Heine // *Psychophysiology.* – 1996. – V. 33, № 6. – P. 747–752.
55. Dempster F.N. Memory span: sources of individual and developmental differences / F.N. Dempster // *Psychol. Bull.* – 1981. – V. 89. – P. 63–100.
56. Case R. Operational efficiency and the growth of short-term memory span / R. Case, D.M. Kurland, J. Goldberg // *J. Exp. Child Psychol.* – 1982. – V. 33 – P. 386–404.
57. Johnson R. P300 and long-term memory: latency predicts recognition performance / R. Johnson, A. Pfefferbaum, B.S. Kopell // *Psychophysiology.* – 1985. – V. 22. – P. 497–507.
58. Travis F. Cortical and cognitive development in 4th, 8th and 12th grade students. The contribution of speed of processing and functioning to cognitive development / F. Travis // *Biol. Psychology.* – 1998. – V. 48. – P. 37–56.
59. Polich J. Cognitive and biological determinants of P300: an integrative review / Polich J., A. Kok // *Biol. Psychology.* – 1995. – V. 41. – P. 103–146.
60. Polich J. Clinical application of the P300 event-related brain potential / J. Polich // *Phys. Med. Rehabil. Clin. N. Am.* – 2004. – V. 15, № 1. – P. 133–161.
61. Sclare D.A. Latency of P3 event-related potential: normative aspects and within-subject variability / D.A. Sclare, G.E. Lynn // *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* – 1984. – V. 59, № 5. – P. 420–424.
62. Differential effects of normal aging on sources of standard N1, target N1 and target P300 auditory event-related brain potentials revealed by low resolution electromagnetic tomography (LORETA) / P. Anderer, R.D. Pascual-Marqui, H.V. Semlitsch [et al.] // *Electroenceph. clin. Neurophysiol.* – 1998. – V. 108. – P. 160–174.

Алиева Т.А. Вікові зміни електроенцефалограми та викликаних потенціалів у дітей / Т.А. Алиева, В.Б. Павленко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 3-14.

У статті підсумовані літературні дані про зміни електричної активності головного мозку у дітей. Наведені факти свідчать, що з віком паттерн електроенцефалограми і просторово-часові характеристики викликаних потенціалів зазнають закономірних змін.

Ключові слова: електроенцефалограма, викликані потенціали, діти.

Alieva T.A. Age-related changes in child electroencephalography and event-related potentials / T.A. Alieva, V.B. Pavlenko // *Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University.* – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 3-14.

The article summarizes literature data about changes in the electrical activity of the brain of children. Presented facts argue that the pattern of the electroencephalogram and spatio-temporal characteristics of evoked potentials undergo changes with age.

Keywords: electroencephalogram, evoked potentials, children.

Поступила в редакцію 06.10.2010 г

УДК 613.644

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ВИБРАЦИИ НА НЕКОТОРЫЕ ГЕМАТО-ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОРГАНИЗМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ

Баличиева Д.В.

*РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», Симферополь, Украина
E-mail: kipubiology@gmail.com*

В статье представлены материалы о влиянии вибрации на интегральные показатели организма подопытных животных. Установлено отрицательное влияние на гемато-иммунологические показатели по мере увеличения вибрационного воздействия.

Ключевые слова: вибрация, гемато-иммунологические показатели, подопытные животные.

ВВЕДЕНИЕ

Последние достижения гематологии и иммунологии создают возможности поиска конкретных иммунологических механизмов, участвующих в возникновении и развитии различных патологий при воздействии на организм физических факторов. Рядом исследователей у лиц виброопасных профессий было установлено нарушение деятельности различных систем организма, которые позднее нашли подтверждение и в экспериментальных работах на животных [1-3]. Однако, сведений о влиянии вибрации на гематологические и иммунобиологические показатели, которые являются основой различных изменений в организме, весьма ограничены и противоречивы.

Цель данного исследования явилось изучение особенностей биологического действия вибрации на организм и обоснование порогов вредного его действия по гематологическим и иммунологическим показателям организма экспериментальных животных.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено 12 серий опытов на 480 белых крысах. В эксперименте были использованы половозрелые крысы популяции Вистар, весом 250-300г. и самки 220-250г. Животные были разделены на 2 группы: 1 группа (контрольная) – животные, которые находились в одинаковых условиях ухода, питания и внешней среды с животными «основных» групп, но не подвергавшихся воздействию вибрации; 2 группа – животные, подвергавшиеся воздействию вибрации.

Животные подвергались воздействию общей вертикальной синусоидальной вибрации частотой 20Гц с виброскоростью 126 дБ, создаваемой установкой «Стенд-4» и «СТ-300», по 6 часов ежедневно, а так же при 1-часовой экспозиции

длительностью опыта 30, 60 и 90 дней. Изучен восстановительный период – 60 дней после прекращения воздействия вибрации.

Дозу вибрации (ДВ) рассчитывали по формуле, разработанной Д.В. Баличиевой и Э.И. Денисовым [4].

При анализе данных использованы уровни суммарной дозы вибрации, как отражающей накопленную дозу вибрационного воздействия. При этом эти показатели по своему физическому смыслу аналогичны экспозиции широко внедряемой в международных стандартах ИСО для шума и вибрации.

Установлено, что УСДВ при 30-ти суточном эксперименте равна 142 дБ при 90 дневном – 147 дБ. Изучено функциональное состояние организма животных (белые крысы) при воздействии вибрации по показателям: состояния периферической крови (гемоглобин, СОЭ, эритроциты, лейкоциты и лейкоцитарная формула) и иммунологические показатели (фагоцитарная активность лейкоцитов, бактерицидность плазмы).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В наших исследованиях в показателях периферической крови отмечено достоверное увеличение скорости оседания эритроцитов ($p < 0,01$) и лейкоцитов ($p < 0,001$), особенно в первые сроки воздействия (2-я и 4-я недели) при уровнях СД 144, 147 дБ. Выявлена фазовость изменений показателей гемоглобина и содержания эритроцитов в крови. Достоверное снижение гемоглобина и содержания эритроцитов в крови в первые недели сменяется увеличением показателей, особенно гемоглобина, к 8-й неделе воздействия вибрации

Интересные данные получены нами при сравнительном изучении состояния показателей периферической крови почти при тех же накопленных дозах вибрации (УСДВ 142, 145 и 147 дБ), но при воздействии синусоидальной общей вибрации при режиме опыта ($f = 50$ Гц, $A = 0,5$ мм) 1-часовой экспозиции с УСДВ = 127 дБ и его продолжительности 30, 60 и 90 дней (рис. 1, табл. 1).

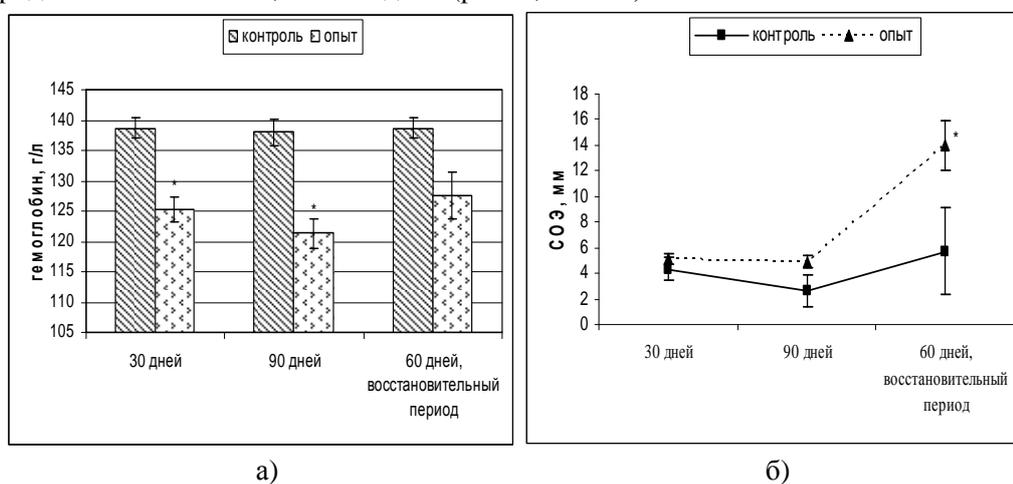


Рис. 1. Динамика изменений гемоглобина (а) и СОЭ (б) при вибрационном воздействии (примечание: * – достоверно при сравнении с контролем).

Таблица 1

Изменения показателей периферической крови при вибрационном воздействии
($\bar{x} \pm S \bar{x}$)

Показатели крови	Группы	Дни исследований		
		30 дн.	90 дн.	60 дн. (восст. период)
Гемоглобин, г/л	1	138,6 ±1,66	138,0±2,16	138,6±1,66
	2	125,3 ±2,00	121,33± 2,5	127,5±3,83
	P	< 0,001	< 0,01	–
Эритроциты, г/л	1	5,8±0,05	5,04±0,07	5,2±0,10
	2	5,14±0,10	5,03±0,03	5,5±0,8
	P	< 0,05	–	–
СОЭ, мм/час	1	4,3±0,4	2,6±0,5	5,7±1,9
	2	5,1±0,9	4,9±1,3	14,0±3,4
	P	< 0,05	< 0,01	< 0,001
Лейкоциты, г/л	1	7,35±0,28	7,41±0,29	7,52±0,43
	2	8,72±0,70	6,49±0,38	8,52±0,10
	P	< 0,01	< 0,01	< 0,05
Нейтрофилы сегментоядерные, %	1	25,5±1,6	31,2±1,7	33,2±1,0
	2	33,0±1,6	31,0±0,3	36,0±3,2
	P	–	–	–
Эозинофилы, %	1	4,1±0,6	1,8±0,2	1,6±0,1
	2	5,0±0,6	3,6±0,3	2,0±0,5
	P	–	< 0,1	–
Моноциты, %	1	3,2±0,5	3,8±0,5	3,4±0,5
	2	3,5±0,4	3,0±0,3	5,0±0,8
	P	–	–	< 0,01
Лимфоциты, %	1	61,7±1,8	60,0±1,5	58,8±3,6
	2	58,0±3,4	65,6±0,2	53,0±3,1
	P	–	–	<0,05

Примечание: Тут и далее – $p < 0,05$ – достоверно при сравнении с контролем; 1 – контрольная группа животных, 2 – животные, подвергавшиеся воздействию вибрации.

Опыты показали, что 30-й день вибрационного воздействия сопровождался лейкоцитозом ($p < 0,001$), увеличением сегментоядерных нейтрофилов ($p < 0,01$), достоверным снижением гемоглобина и эритроцитов ($p < 0,001$) (табл. 1). Значительных изменений в других гематологических показателях не обнаружено. Для проверки предположения о нарушении иммунобиологической реактивности организма при воздействии вибрации, нами параллельно изучены некоторые показатели реактивности организма животных.

Дальнейшие опыты выявили изменение некоторых показателей периферической крови на 90-й день воздействия вибрации с УСД-147 дБ.

Отмечалась лейкопения ($p < 0,001$), достоверное снижение гемоглобина ($p < 0,001$), эозинофилия, лимфоцитоз ($p < 0,01$).

Об иммунобиологическом состоянии организма экспериментальных животных судили по показателям фагоцитарной активности лейкоцитов – индексу фагоцитов, фагоцитарному числу, индексу и проценту переваривания, а также по бактерицидности плазмы, которая определялась одновременно с показателями фагоцитоза.

Данные, представленные в Таблице 2, свидетельствуют, что 30-дневное воздействие вибрации с УСД=142 дБ у экспериментальных животных привело к угнетению фагоцитарной активности лейкоцитов крови, которая характеризовалась, в основном, снижением фазы поглощения (процент фагоцитоза) и ее активности (фагоцитарного числа), вследствие чего фагоцитарный индекс снижался почти наполовину.

Таблица 2

Некоторые иммунобиологические показатели организма белых крыс при длительном вибрационном воздействии ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Показатели крови	Групп	Дни исследований		
		30 дн.	90 дн.	60 дн. (восст. период)
Индекс фагоцитоза	1	1,33±0,06	1,27±0,06	1,36±0,06
	2	0,68±0,05	0,73±0,01	0,77±0,01
	P	< 0,01	< 0,001	< 0,01
Процент фагоцитоза	1	76,0±2,3	70,0±0,6	74,0±1,1
	2	41,3±0,6	50,5±1,7	53,5±1,7
	P	< 0,01	< 0,001	< 0,001
Фагоцитарное число	1	1,64±0,07	1,91±0,07	1,84±0,10
	2	1,67±0,10	1,43±0,06	1,45±0,12
	P	> 0,05	< 0,01	< 0,05
Индекс переваривания	1	1,28±0,05	1,22±0,05	1,30±0,06
	2	0,62±0,02	0,70±0,01	0,75±0,01
	P	< 0,001	< 0,01	< 0,001
Процент переваривания	1	96,26±0,27	95,92±0,2	96,00±0,8
	2	94,73±1,90	95,11±0,08	89,43±1,54
	P	> 0,05	> 0,05	< 0,05
Бактерицидность плазмы,%	1	77,0±1,0	84,6±0,7	76,5±0,6
	2	64,3±0,6	64,5±0,8	64,5±2,1
	P	< 0,001	< 0,001	< 0,01

Результаты исследования показали, что в фазе переваривания наблюдалось значительное снижение индекса переваривания – в 2 и более раз, тогда как его процент был снижен в меньшей степени. В этот период бактерицидность плазмы крови экспериментальных животных была также снижена (рис. 2).

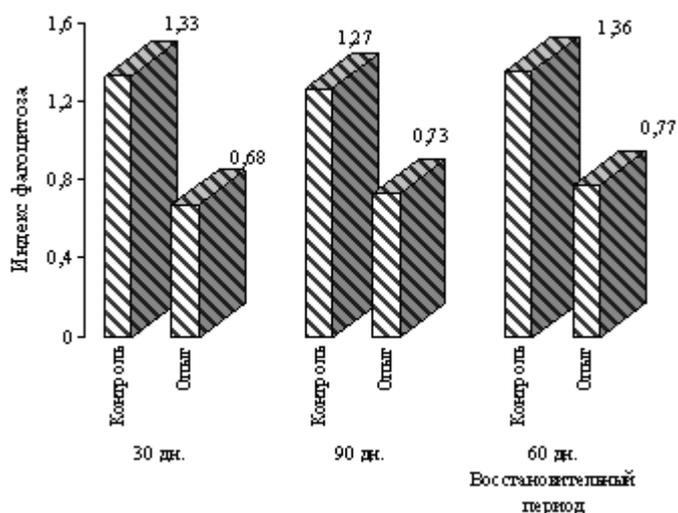


Рис. 2. Изменения показателей индекса фагоцитоза при вибрационном воздействии.

Угнетение фагоцитарной активности лейкоцитов и снижение бактерицидности плазмы крови увеличивалось по мере увеличения длительности воздействия вибрации (рис. 3).

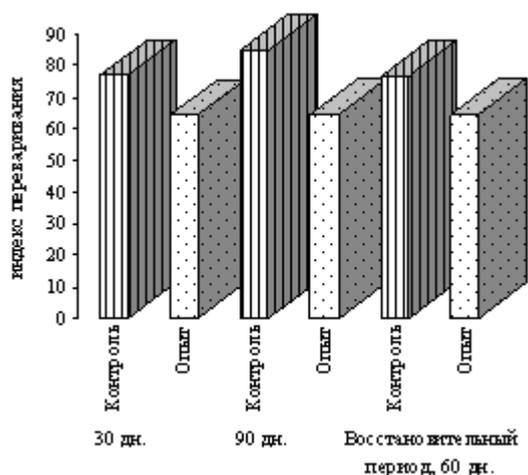


Рис. 3. Изменения индекса переваривания при вибрационном воздействии.

При анализе состояния периферической крови и иммунобиологических показателей организма в восстановительный период установлено, что полного восстановления данных не наблюдалось. Следует отметить все еще низкие показатели гемоглобина, угнетение фагоцитарной активности лейкоцитов, значительно сниженную бактерицидность плазмы при сравнении с контролем.

ВЫВОДЫ

1. Выявлено изменение показателей периферической крови на 90-й день воздействия вибрации с УСД-147 дБ., сопровождающееся лейкопенией ($p < 0,001$), достоверным снижением гемоглобина ($p < 0,001$), эозинофилией, лимфоцитозом ($p < 0,01$).
2. Угнетение фагоцитарной активности лейкоцитов и снижение бактерицидности плазмы крови усиливалось по мере увеличения длительности воздействия вибрации.
3. На 30-й день воздействия вибрации (УСД-147 дБ) у животных фагоцитарная активность лейкоцитов была в состоянии угнетения и характеризовалась, в основном, снижением фазы поглощения (процент фагоцитоза) и ее активности (фагоцитарного числа), следствием чего явилось снижение фагоцитарного индекса почти наполовину. В фазе переваривания наблюдалось снижение индекса переваривания в 2 и более раз, тогда как его процент был снижен в меньшей степени. В этот период бактерицидность плазмы крови экспериментальных животных была значительно снижена. На 90-й день воздействия изменения в этих показателях усиливались.
4. В восстановительный период, особенно по иммунологическим показателям, полного восстановления не наблюдалось. По изученным показателям реактивность организма оставалась угнетенной.

Список литературы

1. Баличиева Д.В. К эмбриотропному действию общей вибрации / Д.В. Баличиева // Ученые записки Крымского государственного инженерно-педагогического университета. – Вып. 5. – 2004. – С. 64–67.
2. Говалло В.И. Иммунология репродукции / Говалло В.И. – М.: Медицина, 1987. – 300 с.
3. Дрогичина Э.И. К клинике вибрационной болезни вызванной воздействием общей вибрации / Э.И. Дрогичина, Н.В. Метлина // Гигиена труда и профзаболевания. – 1962. – № 7. – С. 19–22.
4. Баличиева Д.В. Сравнительная биологическая оценка вибрационно-шумового воздействия в зависимости от дозы вибрации в эксперименте / Д.В. Баличиева, Э.И. Денисов // Медицинский журнал Узбекистана. – 1979. – № 12. – С. 50–53.

Балічєва Д.В. Особливості біологічної дії вібрації на деякі гемато-імунологічні показники організму експериментальних тварин / Д.В. Балічєва // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 15-20.

В статті наведені матеріали про вплив вібрації на інтегральні показники організму піддослідних тварин. Встановлено негативний вплив на гемато-імунологічні показники в міру збільшення вібраційного впливу.

Ключові слова: вібрація, гемато-імунологічні показники, піддослідні тварини.

Balichieva D.V. Features of biological action of vibration on some hemato-immunological parameters of experimental animals bodies / D.V. Balichieva // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol.23 (62), No 3. – P. 15-20.

In the article the information about the impact of the vibration on integral indicators of the experimental animals' organism is presented. The negative influence on hemato-immunological parameters is established in process of increase of vibrating influence.

Keywords: vibration, hemato-immunological parameters, experimental animals.

Поступила в редакцію 18.09.2010 г.

УДК: 612.8:612.1:546.19-053.6

ОСОБЕННОСТИ СОСТОЯНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ И СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМ В СВЯЗИ С СОДЕРЖАНИЕМ МЫШЬЯКА В ОРГАНИЗМЕ ПОДРОСТКОВ 13-15 ЛЕТ

Барабан Ю.А.¹, Евстафьева И.А.², Евстафьева Е.В.¹

¹*Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, Симферополь, Украина*

²*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*
E-mail: baraban_y@mail.ru

Для установления возможного влияния эндогенных концентраций мышьяка на состояние центральной нервной и сердечно-сосудистой систем было проведено обследование городских подростков 13-14 лет (n=30) и 14-15 лет (n=25) обоего пола. Содержание As в волосах у всех тестируемых находилось в пределах условной нормы (рентген-флуоресцентный метод). Установлены корреляционные связи между содержанием мышьяка и спектральной мощностью высокочастотных ритмов ЭЭГ, характеристиками ЭЭГ-потенциалов, показателями сердечной деятельности и состояния сосудистой системы ($0,32 < r < 0,50$; $0,09 < p < 0,005$) более выраженное у 13-14 летних подростков.

Ключевые слова: мышьяк, подростки, центральная нервная система, сердечно-сосудистая система, ЭЭГ.

ВВЕДЕНИЕ

До конца прошлого столетия мышьяк (As) расценивался как сугубо токсический элемент и его гемо-, нефро- и нейротоксические свойства были хорошо известны [1], но в последнее время доказано, что в отличие от свинца, кадмия и ртути, биологическая роль которых только устанавливается, As играет существенную роль в активации отдельных ферментов и считается условно эссенциальным элементом [2]. Очевидно, двойственность его эффектов, как и других элементов [1] обусловлена эндогенной концентрацией, которая в различных условиях может существенно различаться. Данные факты, а также широкое распространение As в окружающей среде, сфокусировали новый научный интерес к свойствам этого элемента, включая его нейротоксические и кардиоваскулярные эффекты, устанавливаемые в реальных, а не экспериментальных условиях.

Наиболее информативным подходом являются в этом отношении натурные исследования, в которых можно оценивать влияние внутренней концентрации As на функционирование наиболее чувствительных к нему систем: центральной нервной (ЦНС) и сердечно-сосудистой (ССС), состояние которых является индикатором здоровья всего организма. С этой точки зрения имеют решающее значение методические подходы, позволяющие оценить наиболее ранние эффекты влияния As на наиболее уязвимые группы населения. При выборе контингента обследуемых

людей предпочтение должно отдаваться детям как особой части популяции, в первую очередь реагирующей на влияние химических факторов [3]. Многочисленными исследованиями установлены и описаны в литературе последствия острого и хронического влияния различных экотоксикантов на соматическое и психофизиологическое здоровье детского контингента [3, 4]. В отношении As, действующего на детский организм в фоновых концентрациях, в особенности в Украине, такие наблюдения практически отсутствуют.

В связи с этим целью настоящей работы явилось определение характера возможного влияния As при его эндогенном содержании на функциональное состояние системы гемодинамики и нейро-психофизиологический статус подростков 13-15 лет, проживающих в условиях городской среды.

Решали следующие задачи: 1) оценить содержание As в волосах детей 13-15 лет; 2) определить и оценить корреляционную связь параметров функционального состояния ЦНС и ССС с содержания As.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для установления возможного влияния эндогенных концентраций мышьяка (As) на состояние ЦНС и ССС городских подростков было выполнено биомониторинговое исследование в рамках Программы «Здоровье нации» (2002-2006 гг.).

Исследование состояния биоэлектрической активности мозга 13-14 лет (n=30) и 14-15 лет (n=25) подростков мужского пола, проживающих в г. Симферополь, заключалось в регистрации текущей ЭЭГ и ЭЭГ-потенциалов. Подробности методики описаны ранее [5].

Психологические характеристики личности, свойства темперамента оценивали определяли с помощью тестирования по опроснику Айзенка (подростковый вариант), таблиц Шульте, проективной методики «Дом, дерево, человек»

Функциональное состояние ССС исследовали посредством компьютерной реографии (реоанализатор РА5-01). Регистрировали частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), систолическое артериальное давление (САД, мм.рт.ст.), диастолическое артериальное давление (ДАД, мм.рт.ст.), среднее артериальное давление (Ср АД, мм.рт.ст.), ударный объем сердца (УО, мл), минутный объем крови (МОК, л/мин), длительность сердечного цикла (ДСЦ, с), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, дин с/см²), сердечный индекс (СИ, л/мин/м²), работу сердца (РБС, кг м); длительность сердечного цикла (ДСЦ, с); временной показатель (ВП, с); относительный временной показатель (ОВП, %); фаза изгнания (ФИ, с); амплитуда дифференцированной реограммы (АДР, ом/с) [6]. Поскольку информативность метода особенно возрастает при проведении функциональных проб, регистрацию проводили в состоянии функционального покоя и после стандартной физической нагрузки. На первом этапе у испытуемого производили регистрацию в покое в положении сидя. На втором этапе у 13-14-летних подростков запись велась сразу после физической нагрузки (проба Руфье-Диксона) и после пятиминутного восстановительного периода. В группе 14-15-летних подростков использовалась стандартная физическая нагрузка на велоэргометре мощностью 150 Вт. Учитывая то обстоятельство, что при компенсированном напряжении адаптационных процессов прежде всего возникают

изменения в реактивности организма [7], представляет интерес не столько анализ абсолютных значений показателей, сколько их изменения при функциональной пробе, отнесенные к исходному значению показателя в покое. Так, относительную амплитуду изменений (ОА) вычисляли по формуле $X1-X0/X0$ где $X0$ – исходное значение показателя до пробы, $X1$ – его значение после проведения функциональной пробы.

Содержание As в волосах определяли рентген-флуоресцентным методом в научно-техническом центре ВИРИА (г. Киев). Проверку характера распределения содержания As в волосах выполняли по критериям Колмогорова-Смирнова и Лиллифорс. Поскольку распределение изучаемого элемента, не соответствовало нормальному закону, мы оценивали не только среднюю концентрацию, но и медиану с интерквартильным размахом (25 и 75 %) содержания As в пробах волос. С учетом небольшой выборки в группах (25 и 30 человек) межгрупповое сравнение проводили по непараметрическому критерию Манна-Уитни, а также критерию Стьюденту. Физиологическую значимость As для функционирования ЦНС и ССС оценивали посредством непараметрического корреляционного анализа по Спирмену.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Определение содержания As в волосах городских подростков 13-15 лет показало, что средние концентрации этого элемента у всех тестируемых находилось в пределах условной нормы (0-2 мкг/г) [8] (табл. 1).

Таблица 1

Содержание As (мкг/г) в волосах школьников различных возрастных групп

Группы школьников	Статистические показатели			Условная норма
	$(\bar{x} \pm s_{\bar{x}})$	МЕДИАНА (МЕ)	ПЕРЦЕНТИЛИ (25%-75%)	
13-14 лет	0,96±0,19	1,03	(0,00 - 1,69)	0,00 – 2,00
14-15 лет	0,15±0,05	0,00	(0,00 - 0,18)	

Межгрупповые отличия по содержанию As в волосах подростков двух групп по U-критерию Манна-Уитни выявлены не были, а по t-критерию Стьюдента составили ($t=-4,07$; $p=0,0001$). Однако, учитывая то обстоятельство, что распределение этого элемента не подчинялось закону нормального распределения, внимания заслуживает первый результат. Тем не менее даже недостоверное, но существенное различие средних концентраций As, в исследуемых группах может иметь собой следующие основания. Ежедневно в организм человека может поступать от 12 до 14 мг/ As. Известно, что поступление As осуществляется, в основном, при употреблении пищевых продуктов, с водой или с вдыхаемым с воздухом. Повышенный уровень мышьяка может быть следствием промышленного загрязнения окружающей среды или последствием использования пищевых добавок, таких как арсениловая кислота и её производные (замещенные фениларсоновые кислоты) в кормах птиц и свиней. Риск арсеноза также повышен у курильщиков табака [2], что возможно обуславливает более высокое содержание As в старшей возрастной группе.

Спектральная мощность (СМ) ритмических диапазонов текущей ЭЭГ-активности и характеристики ЭЭГ-потенциалов в локусах регистрации была в пределах возрастных нормативных значений [9]. Согласно результатам корреляционного анализа между СМ текущей ЭЭГ-активности и содержанием As обнаружены единичные прямые корреляционные связи в высокочастотном диапазоне в обеих возрастных группах: с бета1- ритмом ($r_s=0,50$; $p=0,005$) и бета2-ритмом ($0,38 < r < 0,48$; $0,05 < p < 0,01$), из чего следует, что при увеличении внутренней концентрации As СМ этой части диапазона увеличивалась, что может свидетельствовать о возможном повышении возбудимости.

Более многочисленные корреляционные связи были обнаружены между параметрами ЭЭГ-потенциалов и содержанием As. В группе 13-14 летних подростков две корреляционные связи между латентным периодом и содержанием As установлены только для одного компонента – N2, обратный характер которой может свидетельствовать о том, что подростки с большим содержанием As в организме имеют более короткий латентный период этого потенциала (рис.1). Что касается амплитуд, то выявленные корреляционные связи позволяют констатировать следующее. Амплитуда компонентов N1 и P2 имела позитивные корреляции с As, то есть чем выше уровень As в организме, тем, по-видимому, больше сила возбудительных процессов, что в целом согласуется и с результатами анализа текущей ЭЭГ, описанными выше. Считают, что компоненты P1, N1 и P2 отражают в основном автоматизированные процессы восприятия, протекающие прежде всего в подкорковых структурах и сенсорных областях коры [10]. Для "вертекс-потенциала", который является прямым показателем эффективности работы испытуемых по переработке различных видов информации [11], также обнаружены единичные корреляционные связи, причем противоположные по характеру в разных полушариях и локусах. Исходя из этого можно, по крайней мере, констатировать, что мышьяк может оказывать противоположное влияние на мозговую деятельность разных полушарий и, следовательно, некоторым образом влиять на функциональную асимметрию мозга в этой в этой возрастной группе.

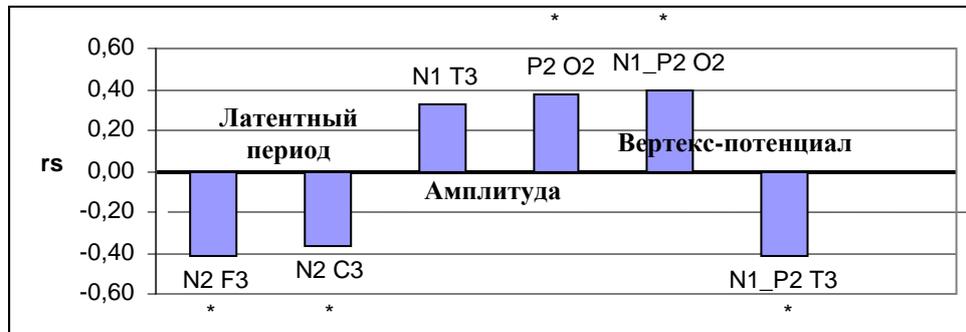


Рис 1. Коэффициенты корреляции (r_s) показателей компонентов вызванных потенциалов (* – при $p < 0,05$) с содержанием As в волосах подростков 13-14 лет ($n=30$). А Примечание: N2 F3 -вызванный потенциал N2 в левом полушарии во фронтальном отведении, N2 C3 -вызванный потенциал N2 в левом полушарии в центральном отведении,

N1 T3 -вызванный потенциал N1 в левом полушарии в височном отведении, P2 O2 - вызванный потенциал P2 в правом полушарии в затылочном отведении, N1_P2 O2– вертекс –потенциал в правом полушарии в затылочном отведении, N1_P2 T3– вертекс –потенциал в левом полушарии в височном отведении.

В группе 14-15 летних подростков выявлена только одна связь на уровне тенденции между содержанием As и латентным периодом потенциала N1 в левом полушарии ($r=0,43$; $p=0,09$)

Между психологическими характеристиками и содержанием As в группе 13-14 летних подростков корреляционных связей не выявлено. В группе 14-15 летних выявлены корреляционные связи между содержанием As и такими психологическими характеристиками как незащищенность ($r=0,53$; $p=0,02$), фрустрация ($r=0,52$; $p=0,02$).

Корреляционный анализ показателей гемодинамики обследованных подростков выявил зависимость некоторых из них от As уровня в организме. Так, у 13-14-летних подростков обнаружены статистически достоверные и приближающиеся к ним корреляционные связи с общим периферическим сопротивлением (ОПСС), частотой сердечных сокращений (ЧСС) и минутным объемом крови (МОК), зарегистрированные в покое (0), после физической нагрузки (1) и пятиминутного восстановительного периода (5) (рис. 2).

Обратный характер корреляционных связей показал, что As в установленных концентрациях обладал отрицательным хронотропным влиянием как в состоянии покоя, так и при физической нагрузке. Иными словами, чем выше было содержание As, тем меньше была ЧСС обследованных подростков. Установленные корреляционные связи обратного характера между МОК и содержанием As в организме школьников этого возраста после физической нагрузки (МОК-1) и 5-минутного восстановительного периода (МОК-5), вероятно, были опосредованы его отрицательным хронотропным действием. В то же время для ОПСС были установлены прямые корреляционные связи после физической нагрузки и 5-минутного восстановительного периода, которые могут свидетельствовать о повышении сосудистого тонуса с увеличением содержания As в организме, что согласуется с данными литературы [12-14].

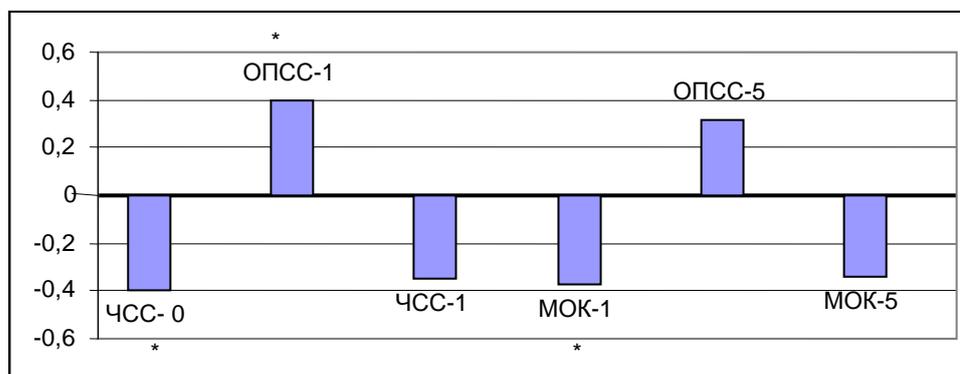


Рис 2. Коэффициенты корреляции (r_s) показателей реографии (* – при $p<0,05$) с содержанием As в волосах подростков 13-14 лет ($n=30$).

Примечание: Пояснения в тексте.

В группе 14-15 летних подростков между содержанием As и показателями реограммы выявлены две прямые корреляционные связи на уровне тенденции ($r=0,38$; $p=0,07$) с амплитудой дифференцированной реограммы и удельной амплитудой ее прироста после нагрузки.

Обобщая характер установленных эффектов влияния As в выявленных концентрациях в организме городских школьников в целом имеются основания говорить скорее об его эссенциальности, чем нейро- и кардиотоксичности.

Что касается возможных механизмов установленных эффектов мышьяка в литературе имеются сведения о том, что As наряду с некоторыми другими МЭ (ртуть, сурьма, таллий) взаимодействует с тиоловыми группами белков, которые играют ведущую роль во всех биохимических процессах [15]. Кроме того, разное количество корреляционных связей в разных возрастных группах могут свидетельствовать об онтогенетических особенностях чувствительности ЦНС и ССС к содержанию As в организме подростков.

ВЫВОДЫ

1. Содержание As в волосах у всех тестируемых находилось в пределах условной нормы и составило $(0,15 \pm 0,05)$ мкг/г в группе 13-14 летних и $(0,96 \pm 0,19)$ мкг/г у 14-15 летних подростков.
2. Установлено, что мышьяк в выявленных концентрациях обладает нейро- и кардиоваскулотропным действием, которое проявлялось в наличии корреляционных связей между его содержанием и спектральной мощностью высокочастотных ритмов ЭЭГ и характеристиками ЭЭГ-потенциалов, показателями сердечной деятельности и состояния сосудистой системы ($0,32 < r < 0,50$) ($0,005 < p < 0,09$) и было более выражено у 13-14 летних подростков.

Список литературы

1. Кудрин А.В. Микроэлементы в неврологии / А.В. Кудрин, О.А. Громова. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 304 с.
2. Смоляр В.І. Арсен у харчових продуктах і раціонах та його токсичність / В.І. Смоляр, Петрашенко Г.І. // Проблеми харчування. – 2009. – № 3-4(21). – С.46–52.
3. Студеникина М.Я. Экология и здоровье детей / М.Я. Студеникина, А.А. Ефимовой. – М.: Медицина, 1998. – 384 с.
4. Сухотина Н.К.. Нервно-психическое здоровье детей проживающих в районах с различным уровнем антропогенного загрязнения: автореферат дис. на получение науч. степени докт. мед. наук: спец. 14.00.1 / Н.К. Сухотина. – Москва, 2002. – 38 с.
5. Залата О.А. Анализ ЭЭГ-активности у школьников 12-13 лет в связи с содержанием кальция и стронция в организме по данным биомониторингового исследования / О.А. Залата // Проблемы, достижения и перспективы развития медико-биологических наук и практического здравоохранения : тр. КГМУ им. С.И. Георгиевского. – Симферополь, 2007. – Т. 143, ч. I. – С. 49–53.
6. Пушкарь Ю.Т. Определение сердечного выброса методом тетраполярной грудной реографии и его методические возможности / Ю.Т. Пушкарь, В.М. Большов, Н.А. Елизарова // Кардиология. – 1977. – № 7. – С. 85–90.
7. Евстафьева Е.В. Экологические аспекты современной медицины / Е.В. Евстафьева // Таврический медико-биологический вестник. – 1998. – № 12. – С. 68.
8. Valkovic Vlado. Human hair / V. Valkovic. V 1, 2, CRC Press, Inc. 1988. – 164 p.

9. Фарбер Д.А. Электроэнцефалограмма детей и подростков / Д.А. Фарбер, В.В. Алферова. — М.: Педагогика, 1972. — 216 с.
10. Павленко В.Б. Роль коры мозга и подкорковых аминэргических систем в формировании целенаправленного поведения: дисс...докт.биол.наук: №03.00.13 / Павленко Владимир Борисович. — К., — 2005. — 367 с.
11. Noradrenergically mediated plasticity in a human attentional neuronal network / J.T. Coull, C. Buchel, K.J. Friston [et al] // Neuroimage. — 1999. — V. 10, № 6. — P. 705–715.
12. Микроэлементозы человека / [Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С.]. — М.: Медицина, 1991. — 496 с.
13. Агаджанян Н.А. Экологический портрет человека и роль микроэлементов / Агаджанян Н.А., Велданова М.В., Скальный А.В. — М., 2001. — 236 с.
14. WHO. Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution „Effects of low exposure levels“. — Copenhagen: WHO, 2007. — P. 68–70.
15. Скальный А.В. Биологические элементы в медицине / А.В. Скальный, И.А. Рудаков. — М.: ОНИКС 21 век. Мир, 2004. — 272 с.

Барабан Ю.О. Особливості стану центральної нервової і серцево-судинної систем у зв'язку із вмістом миш'яку в організмі підлітків 13-15 років / Ю.О. Барабан, І.А. Евстаф'єва, О.В. Евстаф'єва // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія“. — 2010. — Т. 23 (62), № 3. — С. 21-27.

Для встановлення можливого впливу ендогенних концентрацій миш'яку на стан центральної нервової і серцево-судинної систем було проведено обстеження міських підлітків 13-14 років (n=30) і 14-15 років (n=25) обох статей. Вміст миш'яку у волоссі у всіх тестованих знаходився в межах умовної норми (метод рентгено-флуоресцентної спектrophотометрії). Встановлені кореляційні зв'язки між вмістом миш'яку і спектральною потужністю високочастотних ритмів ЕЕГ, характеристиками ЕЕГ-потенціалів, показниками реографії ($0,32 < r_s < 0,50$; $0,005 < p < 0,09$). Нейротропна і кардіодинамічна дія миш'яку була більш вираженою у підлітків 13-14 років.

Ключові слова: миш'як, підлітки, центральна нервова система, серцево-судинна система, ЕЕГ.

Baraban Yu. Associations between the parameters of central nervous and cardiovascular systems and arsenic content in 13-15 year old teenagers / Yu.A. Baraban, I.A. Evstafyeva, E.V. Evstafyeva // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. — Series: Biology, chemistry. — 2010. — Vol.23 (62), No 3. — P. 21-27.

Effects of low-level arsenic exposure on central nervous and cardiovascular systems were examined in 13-14 year old (n=30) and 14-15 year old (n=25) teenagers. Hair arsenic content in all examined was within normal limits (X-ray spectrophotometry). Correlations were determined between the arsenic content and spectral power of high-frequency EEG rhythms, EEG-potentials and parameters of the rheography ($0,32 < r_s < 0,50$; $0,005 < p < 0,09$). Neurophysiologic and cardiodynamic arsenic effects were more significant in 13-14 year old teenagers.

Keywords: arsenic, teenagers, central nervous system, cardiovascular system, EEG.

Поступила в редакцію 20.09.2010 г.

УДК. 612.213

**ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ИСПЫТУЕМЫХ С РАЗНЫМ
ТИПОМ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ УПРАВЛЯЕМОГО
ДЫХАНИЯ С ИНДИВИДУАЛЬНО ПОДОБРАННОЙ ЧАСТОТОЙ (ЧАСТЬ I)**

Бирюкова Е.А., Чуян Е.Н.

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

Статья посвящена комплексному исследованию variability сердечного ритма (BCP) испытуемых с разным типом вегетативной регуляции под влиянием управляемого дыхания (УД) с индивидуально подобранной частотой. В результате проведенного исследования было установлено, что, что УД, частота которого соответствует частоте максимального пика мощности в низкочастотном диапазоне спектра сердечного ритма, является мощным средством управления сердечным ритмом и функциональным состоянием (ФС) кардиореспираторной системы испытуемых с разным типом вегетативной регуляции, о чем свидетельствует оптимизация показателей BCP, увеличение толерантности сердечно-сосудистой системы к субмаксимальной физической нагрузке и увеличение синхронизации сердечного и дыхательного ритмов.

Ключевые слова: управляемое дыхание, variability сердечного ритма, система вегетативного управления ритмом сердца, управляемое дыхание с индивидуально подобранной частотой.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема оценки качества жизни, функциональных резервов и мониторинга функционального состояния (ФС) организма человека выходит на приоритетное место в современной физиологии. Однако, несмотря на бурное развитие современных информационных технологий, ученые испытывают методологические трудности, обусловленные отсутствием экспресс-методов и средств выделения объективной информации о состоянии объекта. Именно поэтому в разряд важнейших выдвинулись задачи комплексного, оперативного, простого и при этом рационального и объективного метода оценки ФС организма.

Особый интерес в последние годы вызывает исследование взаимодействия биологических ритмов в живых организмах, жизнедеятельность которых обусловлена наличием большого числа сложных ритмических процессов [1, 2]. Ярким примером такого взаимодействия является функционирование кардиореспираторной системы (КРС). Известно [3], что одним из главных колебательных процессов в КРС человека является процесс сердцебиения с частотой, близкой к 1 Гц, генерируемой водителем ритма сердца. Этот процесс называется основным сердечным ритмом (CP) и проявляется в записях электрической активности сердца, в частности, в последовательности RR-интервалов, которую называют variability ритма сердца (BCP), так как она

отражает колебания частоты сердечных сокращений (ЧСС) во времени и является результатом деятельности сложной системы вегетативного управления ритмом сердца (СВУС). Известно, что ВСР модулируется множеством различных внешних влияний, в качестве которых, в том числе, выступает процесс дыхания, имеющий обычно частоту вблизи 0,25 Гц [1]. В результате взаимодействия СР с дыханием ЧСС возрастает при вдохе и уменьшается при выдохе, что свидетельствует о его частотной модуляции и проявляется в сигналах спектрограммы СР появлением основного волнового пика в ее низкочастотном диапазоне вблизи 0,1 Гц [4].

Некоторыми авторами [5] показана возможность гармонизации СВУС с помощью управляемого дыхания (УД) с частотой 0,1 Гц. Эффект резонанса в данном случае обусловлен физическим совпадением частот двух гармонических колебательных процессов: внешнего дыхательного возмущения и собственных колебаний системы. Однако широко известна индивидуальная вариативность волнового пика в низкочастотном диапазоне спектра (от 0,05 Гц до 0,15 Гц), поэтому недостатком существующих подходов является то, что частота дыхания 1 вдох / 6 секунд (0,1 Гц) не всегда будет иметь резонансный отклик в СВУС. Следовательно, перспективным является использование метода УД с индивидуально подобранной частотой (ИПЧ). Однако влияние УДИПЧ на функциональное состояние организма человека с разным типом вегетативной регуляции остается неизученным.

В связи с этим целью работы явилось комплексное исследование вариабельности сердечного ритма испытуемых с разным типом вегетативной регуляции под влиянием управляемого дыхания с индивидуально подобранной частотой.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 146 студентов-волонтеров женского пола в возрасте 20-25 лет, условно здоровых, без признаков сердечно-сосудистой и дыхательной патологии, в межменструальном периоде. Все испытуемые дали добровольное согласие на участие в исследовании.

Эксперименты проводились на сертифицированном оборудовании, прошедшем метрологическую поверку, в тихом, хорошо проветриваемом помещении с постоянной температурой $+20 - +22 \text{ C}^0$, в утренние часы, что позволило исключить влияние суточных колебаний ВСР на результаты исследования [6].

Целью **первой серии** исследований явилось определение индивидуально-типологических особенностей ВСР и синхронизации колебательных процессов КРС у испытуемых с разными значениями стресс-индекса (Si). В этой серии принимали участие 93 студента-волонтера. Работу начинали с регистрации кардиосигнала в первом стандартном отведении с помощью программно-аппаратного комплекса (ПАК) для исследования функционального состояния человека «Омега-М» (производство научно-исследовательской лаборатории «Динамика», г. Санкт-Петербург; разрешен для использования в медицинской практике Украины, свидетельство о госрегистрации № 7564/2003) и ПГ с помощью ПАК «Нейрон-спектр-5» (пр-во компании «Нейрософт», г. Иваново; разрешен для использования в медицинской практике Украины, свидетельство о госрегистрации № 4248/2005).

Регистрацию КИГ и ПГ проводили в положении лежа при спокойном дыхании в течение 3-5-ти минут, то есть времени, необходимого для набора 300 кардиокомплексов.

После предварительной записи и анализа КИГ по значениям S_i все испытуемые были разделены на 3 группы: I-ая – со средними значениями S_i ($50 \leq S_i \leq 200$ усл.ед.) – 56% (n=53); II-ая – с низкими значениями S_i ($S_i \leq 50$ усл.ед.) – 27% (n=25); III-я – с высокими значениями S_i ($S_i \geq 200$ усл.ед.) – 17% (n=15).

Согласно рекомендациям Европейского кардиологического общества и Североамериканского общества стимуляции и электрофизиологии [7] и ряда авторов [8, 9] в качестве методов оценки ВСП были использованы:

- *статистические*: ЧСС (HR; частота сердечных сокращений; уд/мин), СКО (среднее квадратичное отклонение полного массива R-R-интервалов; мс), RMSSD (квадратный корень из суммы разностей последовательного ряда R-R; мс), pNN50 (число пар R-R с разностью более 50 мс в % к их общему числу);

- *геометрические*: Мо (мода; мс), АМо (амплитуда моды; n), Dх (вариационный размах; мс);

- спектрального анализа TP (суммарная мощность спектра ВСП; мс²), HF (мощность спектра высокочастотного компонента спектра CP; мс²), LF (мощность низкочастотного компонента CP; мс²); VLF (мощность очень низкочастотного компонента; мс²), LF/HF (коэффициент вагосимпатического взаимодействия), ИЦ (IC; индекс централизации);

- *Автокорреляционные (нелинейные)*: 1k (коэффициент корреляции после первого сдвига автокорреляционной функции), m0 (число сдвигов автокорреляционной функции до получения значения отрицательного коэффициента корреляции) [7];

- *вариационной пульсометрии* – ИВР (индекс вегетативного равновесия; усл.ед.), ВПР (вегетативный показатель ритма; усл.ед.), ПАПР (показатель адекватности процессов регуляции; усл.ед.), Si (ИН; стресс-индекс, индекс напряжения регуляторных систем; усл.ед.);

- *интегрального анализа ВСП*: ПАРС (показатель активности регуляторных систем (баллы) [8].

Для оценки синхронизации колебательных процессов в КРС испытуемых регистрировали показатель кросс-корреляции сердечного и дыхательного циклов (KRS) [9].

С целью исследования изменения показателей ВСП в процессе восстановления после субмаксимального нагрузочного тестирования проводили ВЭМ-пробу и повторную регистрацию КИГ в течение 30-ти минут (6 записей по 5 минут) после субмаксимальной физической нагрузки. Полученные КИГ подвергали дальнейшей обработке с помощью основных методов анализа ВСП [7-9].

Целью второй серии исследований явилось изучение модулирующего действия УДИПЧ на показатели ВСП и синхронизацию ритмов КРС испытуемых с разным типом вегетативной регуляции. В этой серии принимали участие 53 условно здоровых студента-волонтера, разделенных на 3 группы (I-я – со средними значениями S_i – 40% (n=21); II-я – с высокими значениями S_i – 30% (n=16) и III-я – с низкими значениями S_i – 30% (n=16).

Для всех испытуемых в течение 10-ти дней ежедневно проводили регистрацию КИГ и ПГ с помощью ПАК «Омега-М» и «Нейрон-спектр-5».

В первый день исследования записи КИГ и ПГ проводили на фоне спонтанного дыхания – контрольная запись. При этом контролировали отсутствие форсированных вдохов и задержек дыхания во время регистрации КИГ, тем самым исключая произвольные влияния дыхания на сердечно-сосудистую систему, т.е. исследования проводили в относительно стандартных условиях.

В последующие 10 дней эксперимента для каждого испытуемого запись КИГ и ПГ осуществляли ежедневно, не ранее, чем через 5 минут после окончания сеанса УД, индивидуально подобранная частота которого соответствовала частоте максимального пика мощности в низкочастотном (LF) диапазоне спектра СР и была рассчитана индивидуально на основании анализа КИГ, записанной непосредственно перед каждым сеансом УДИПЧ.

На 10-й день исследования повторно проводили ВЭМ-пробу, а после нагрузочного тестирования – 30-минутную регистрацию КИГ с последующей обработкой записей с помощью основных методов анализа ВСР.

Через 7 дней после окончания курса УДИПЧ (17 день эксперимента) также проводили запись КИГ и ПГ для регистрации эффекта последействия.

Критерием эффективности используемого метода УДИПЧ являлось изменение показателей анализа ВСР и кросс-корреляции сердечного и дыхательного ритмов относительно фоновой записи.

Статистическая обработка материала проводилась путем вычисления среднего значения исследуемых величин (M) и ошибки среднего арифметического (m). Достоверность различий между исследуемыми показателями определяли с помощью t -критерия Стьюдента (в случае нормального распределения) и критерия Вилкоксона [10,11]. Для сопоставления выборок по частоте встречаемости интересующего эффекта использовали угловое преобразование Фишера (критерий ϕ^*) [11]. Для сравнения значений показателей у испытуемых разных индивидуально-типологических групп использовали коэффициент сравнения (k) этих показателей у испытуемых разных групп, рассчитанный по Формуле 1.

$$K = \frac{M_1 - M_2}{M_2}, \quad (1),$$

где: M_1 – средние значения показателей, полученные в одной группе, а M_2 – в другой группе испытуемых.

Силу и направленность связей между изучаемыми показателями ВСР у испытуемых с разным типом вегетативной регуляции изучали с помощью корреляционного анализа с расчетом коэффициента корреляции Пирсона (r) [10, 11].

С целью учета влияния УДИПЧ на показатели ВСР проводили дисперсионный анализ (в случае нормального распределения). Для оценки вклада влияния УДИПЧ в общую дисперсию использовали метод Н.А. Плохинского (1972), при котором исследуемым признаком факторного отклика являлся показатель силы влияния (η^2) контролируемых факторов на показатели ВСР, рассчитанный по Формуле 2.

$$\eta^2 = \frac{D_x}{D_x + D_z} * 100 \quad (2),$$

где η^2 – % вклад контролируемых факторов в общую дисперсию; SS effect (Dx) – сумма квадратов в уравнении дисперсии, обусловленная действием контролируемых факторов; SS error (Dz) – сумма квадратов в уравнении дисперсии, обусловленная действием неконтролируемых факторов [11].

Статистическая обработка и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием пакета программ «Омега-М», «Статистика-6.0» и «Microsoft Excel» [11, 13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно полученным методами статистического, геометрического, вариационного, спектрального и автокорреляционного анализов данным, у испытуемых I-ой группы ($50 \leq Si \leq 200$ усл.ед.) все зарегистрированные показатели ВСР находились в пределах условной физиологической нормы (табл.1).

Таблица 1
Показатели спектрального анализа у испытуемых выделенных групп ($\bar{x} \pm S \bar{x}$)

Показатель	Группы испытуемых		
	I (средние значения Si; n=53)	II (низкие значения Si; n=25)	III (высокие значения Si; n=15)
HF	514,2±45,4 $p_{II} < 0,001$ $p_{III} < 0,001$	1637,1±232,6 $p_I < 0,001$ $p_{III} < 0,001$	87,3±15,5 $p_I < 0,001$ $p_{II} < 0,001$
LF	809,8±68,9 $p_{II} < 0,001$ $p_{III} < 0,001$	1666,8±181,2 $p_I < 0,001$ $p_{III} < 0,001$	280,6±58,5 $p_I < 0,001$ $p_{II} < 0,001$
VLF	757±77 $p_{II} < 0,001$ $p_{III} < 0,01$	1581,8±175,6 $p_I < 0,001$ $p_{III} < 0,001$	339,3±84,8 $p_I < 0,01$ $p_{II} < 0,001$
LF/HF	1,57±0,63	0,92±0,51	3,2±0,61
TP	2028,9±118,8 $p_{II} < 0,001$ $p_{III} < 0,001$	4697,8± 274,0 $p_I < 0,001$ $p_{III} < 0,001$	706,4±148,7 $p_I < 0,001$ $p_{II} < 0,001$
ИЦ	4,9±0,8	4,0±0,8 $p_{III} < 0,05$	7,8±1,2 $p_I < 0,05$

Примечание. p_{I-III} — достоверность различий по критерию Стьюдента при сравнении значений в группах испытуемых, обозначенных I-III соответственно.

При этом состояние нейрогуморальной регуляции характеризовалось умеренным уровнем вагальных, симпатических и гуморально-метаболических (церебральных эрготропных) влияний на модуляцию СР ($Si - 108,8 \pm 6,7$ усл.ед; HF – $514,2 \pm 45,4$ ms^2 ; TP – $2028,9 \pm 118,8$ ms^2 ; Иц – $4,9 \pm 0,8$ усл.ед; табл.1), что характеризует смешанный (сбалансированный или нормотонический) тип вегетативной регуляции СР испытуемых этой группы.

У испытуемых II-ой группы ($Si \leq 50$ усл.ед.) были зарегистрированы наиболее высокие значения общей мощности спектра СР при высоком уровне вагальных и симпатических влияний в нейрогуморальную модуляцию СР (HF – $1637,1 \pm 232,6$ мс²; LF – $1666,8 \pm 181,2$ мс²). Следует также отметить, что эти испытуемые характеризовались минимальной централизацией управления СР (Иц – $4,0 \pm 0,8$ усл.ед.) и значительным преобладанием активности автономного контура регуляции СР и парасимпатического отдела ВНС ($Si = 41,1 \pm 1,8$ усл.ед.; табл.1), что связано с высокими адаптационными возможностями и значительными функциональными резервами СВУС и свидетельствует о выраженном ваготоническом типе вегетативной регуляции СР этих испытуемых.

У испытуемых III-ей группы ($Si \geq 200$ усл.ед.), напротив, было зарегистрировано максимальное влияние высших уровней СВУС, выраженное в снижении общей мощности спектра СР (TP – $706,4 \pm 148,7$ мс²), низком уровне симпатических, вагальных и гуморально-метаболических влияний в модуляцию СР (HF – $87,3 \pm 15,5$; LF – $280,6 \pm 58,5$; VLF – $339,3 \pm 84,8$ мс²) при относительном преобладании симпатической ($Si = 359,7 \pm 43,1$ усл.ед.) и гуморально-метаболической активности (Иц – $7,8 \pm 1,2$ усл.ед.; табл.1), что, вероятно, связано с ригидностью барорефлекторных механизмов и высокой связью вегетативного обеспечения СР с гуморально-метаболическими механизмами. Это свидетельствует о низких адаптационных возможностях СВУС и симпатическом типе вегетативной регуляции испытуемых данной группы.

Таким образом, выявлены индивидуально-типологические различия ВСР волонтеров со средними, низкими и высокими значениями Si , выраженные в разном типе как вегетативной, так и нейрогуморальной регуляции СВУС этих испытуемых.

ВЫВОДЫ

1. Методами статистического, геометрического, вариационного, спектрального и автокорреляционного анализов сердечного ритма выявлены индивидуально-типологические различия variability сердечного ритма испытуемых с различными значениями стресс индекса.
2. У испытуемых со средними значениями Si ($50 < Si < 200$ усл.ед) зарегистрирован умеренный уровень вагальных, симпатических и гуморально-метаболических влияний и смешанный (сбалансированный или нормотонический) тип вегетативной регуляции.
3. Испытуемые с низкими значениями Si ($Si < 50$ усл.ед) характеризовались минимальной централизацией управления и выраженным ваготоническим типом вегетативной регуляции сердечного ритма.
4. У испытуемых с высокими значениями Si ($Si > 200$ усл.ед) зарегистрировано значительное напряжение регуляторных систем, преобладание гуморально-метаболической активности и выраженный симпатотонический тип вегетативной регуляции сердечного ритма.

Список литературы

1. Glass L. From clocks to chaos: the rhythms of life / L. Glass, M.C. Mackey. – Princeton: Princeton University Press, 1988. – P. 214.
2. Glass L. Synchronization and rhythmic processes in physiology / L. Glass // Nature. – 2001. – V. 410. – P. 277.

3. Беспятов А.Б. Синхронизация колебательных процессов в кардиореспираторной системе : Эксперимент, модели : дис. ... канд. физ.-мат. наук : защ. 01.04.03. / А.Б. Беспятов – Саратов : Саратовский гос. ун-т им. Н.Г. Чернышевского, 2005. – 161 с.
4. De Boer R.W. On the spectral analysis of blood pressure variability / R.W. De Boer, J.M. Karemaker, J.Stracker // *Am. J. Physiol.* – 1986. – Vol. 251, No 3. – P. 685.
5. Synchronization between main rhythmic processes in the human cardiovascular system / M.D Prokhorov, V.I. Ponomarenko, V.I. Gridnev [et al] // *Phys Rev E.* – 2003. – No 68. – P. 13.
6. Circadian rhythms of frequency domain measures of heart rate variability in healthy subjects and patients with coronary artery disease. Effects of arousal and upright posture / H.V. Huikuri, M.J. Niemela, S. Ojala [et al.] // *Circulation.* – 1994. – Vol. 90, No 1. – P. 121.
7. Task Force of The European Society of Cardiology and The North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use // *Eur. Heart J.* – 1996. – Vol. 17. – P. 354–381.
8. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М. : Медицина, 1997. – 236 с.
9. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практ. применения / В.М. Михайлов. – Иваново: Гос. мед. академия, 2002. – 290 с.
10. Колемаев В.А. Теория вероятностей и математическая статистика / Колемаев В.А., Староверов О.В., Турундаевский В.Б. – М., 1991. – 308 с.
11. Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных : учеб. пособие : [для вузов] / Наследов А.Д. – СПб.: Речь, 2004. – 392 с.
12. Плохинский Н.А. Достоверность разности малых долей / Н.А. Плохинский // *Математические методы в биологии.* – М., 1972. – С. 266
13. Боровиков В. *Statistica. Искусство анализа данных на компьютере : для профессионалов* / Боровиков В. – [2-е изд.] – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.

Бірюкова О.О. Вариабельність серцевого ритму у випробовуваних з різним типом вегетативної регуляції під впливом керованого дихання з індивідуально підбраною частотою (Частина I) / О.О. Бірюкова, О.М. Чуян // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 28-34.

Стаття присвячена комплексному дослідженню варіабельності серцевого ритму (ВСР) випробовуваних з різним типом вегетативної регуляції під впливом керованого дихання (КД) з індивідуально підбраною частотою. В результаті проведеного дослідження було встановлено, що, КД, частота якого відповідає частоті максимального піку потужності в низькочастотному діапазоні спектру серцевого ритму, є потужним засобом управління серцевим ритмом і функціональним станом кардіореспіраторної системи випробовуваних з різним типом вегетативної регуляції, про що свідчить оптимізація показників ВСР, збільшення толерантності серцево-судинної системи до субмаксимального фізичного навантаження і збільшення синхронізації серцевого і дихального ритмів.

Ключові слова: кероване дихання, варіабельність серцевого ритму, система вегетативного керування ритмом серця.

Birjukova E.A. Heart rate variability in subjects with different types vegetative regulation under the influence of controlled respiration with individually selected frequency (Part I) / E.A. Birjukova, E.N. Chujan // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 28-34.

The article presents a complex study of heart rate variability (HRV) in subjects with different types of vegetative regulation under the influence of controlled breathing (CB) with individually selected frequency. The study found that that the CB, the frequency of which corresponds to the maximum peak power at low frequencies, the spectrum of cardiac rhythm is a powerful way to control heart rhythm, and functional status (FS), cardio-respiratory system of subjects with different types of autonomic regulation, as evidenced by optimization of HRV, increased tolerance of the cardiovascular system to submaximal exercise and increase the synchronization of cardiac and respiratory rhythms.

Keywords: controlled breathing, heart rate variability, heart rate vegetative management system.

Поступила в редакцію 11.10.2010 г.

УДК:612.1:796-05.072.2

ВЕГЕТАТИВНЫЙ БАЛАНС И ГЕМОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ У ДЕТЕЙ С ДИФFUЗНОЙ МЫШЕЧНОЙ ГИПОТОНИЕЙ

Буков Ю.А., Маркина И.В.

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

Выявлены существенные изменения в состоянии кардиогемодинамического гомеостаза у детей с диффузной мышечной гипотонией. Использование специальных физических упражнений и режимов двигательной активности способствует росту функциональных резервов системы кровообращения, оптимизации вегетативного обеспечения сердечной деятельности.

Ключевые слова: дети, диффузная мышечная гипотония, кардиогемодинамический гомеостаз, коррекция.

ВВЕДЕНИЕ

Оценка адаптационных возможностей организма детей представляется актуальной медико-биологической, педагогической и социальной проблемой. Современные условия жизни, интенсификация образовательного процесса, дефицит двигательной активности предъявляют все большие требования к организму ребенка, уровню его адаптационных резервов и функциональных возможностей. Конечный приспособительный результат при этом достигается значительным напряжением регуляторных механизмов, а в последующем развитием конкретных нозологических форм. Следует отметить, что одним из наиболее распространенных функциональных нарушений у учащихся младших и средних классов, и малоизученным с точки зрения адаптационных возможностей, является диффузная мышечная гипотония или миотонический синдром. Данный синдром не рассматривается как отдельная нозологическая форма, а связан с перинатальной патологией центральной нервной системы гипоксического или травматического характера. Как правило, перинатальные поражения компенсируются и убывают, однако сохранность признаков диффузной мышечной гипотонии в школьном возрасте может сопровождаться соматическими нарушениями, приводящими к резкому снижению функциональных резервов и адаптационных возможностей организма ребенка [1]. Как известно, напряжение регуляторных механизмов есть интегральный ответ организма на комплекс воздействующих на него факторов [2]. Выявить степень напряжения регуляторных систем можно с помощью многих методов, однако наиболее доступным и информативным является анализ вариабельности сердечного ритма, позволяющий судить о многочисленных регуляторных влияниях на систему кровообращения, функциональное состояние

которой, в свою очередь, является индикатором адаптационных реакций организма [3]. Кроме того, деятельность системы кровообращения можно рассматривать как процесс взаимодействия между вегетативным и миокардиально-гемодинамическим гомеостазом [4]. В этой связи определение степени напряжения регуляторных механизмов у детей с диффузной мышечной гипотонией позволит выявить не только адаптационные возможности организма, но и разработать комплексные программы коррекции соматического здоровья школьников.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях принимали участие 20 мальчиков в возрасте 10-11 лет с диффузной мышечной гипотонией (основная группа) и 20 мальчиков контрольной группы. Центральная гемодинамика изучалась с использованием биоимпедансной реоплетизмографии на базе компьютерной системы REGINA-2002 диагностического комплекса DX-NT. Регистрировали следующие функциональные показатели: частоту сердечных сокращений (HR, уд/мин), ударный объем (SV, мл), минутный объем кровообращения (CO, л/мин), общее периферическое сопротивление (SVR, дин*с/см⁵), сердечный индекс (CI, л/мин*м²), работу левого желудочка (A, вт), расход энергии на перемещение 1 л крови (PЭ, Вт/л), мощность левого желудочка (W, вт), период изгнания (LVET, с), период предизгнания (PEP, с-5), объемную скорость выброса (OCB, мл/с) интегральный показатель эффективности (ИПЭ, усл.ед.). Оценка степени напряжения регуляторных механизмов проводилась на основании анализа variability сердечного ритма. Использовали статистические характеристики динамического ряда кардиоинтервалов: среднее значение RR интервалов (RRNN, мс), среднее квадратическое отклонение (SDNN, мс), коэффициент вариации (CV,%). Оценивали следующие параметры: мода (Mo, мс), амплитуда моды (AMo, %), RMSD, мс. Определяли показатели спектрального анализа: суммарную мощность спектра (TP, мс²), мощность высокочастотных колебаний (HF, мс²), низкочастотных колебаний (LF, мс²), очень низкочастотных колебаний (VLF, мс²) сердечного ритма, отношения мощностей низко- и высокочастотных областей спектра (LF/HF).

Программа коррекции проводилась с детьми основной группы и включала в себя специальные комплексы упражнений в сочетании с различными режимами двигательной активности. Продолжительность корректирующих воздействий составляла 6 месяцев. По завершению этого временного периода повторно обследовали детей основной и контрольной групп.

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

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов первичных обследований свидетельствует о значительных изменениях в функциональном состоянии системы кровообращения у детей с мышечной диффузной гипотонией (рис. 1).

К числу наиболее существенных сдвигов в кардиогемодинамическом гомеостазе следует отнести увеличение общего периферического сопротивления,

величина которого превышала возрастные значения в среднем на 43,0 %, ($p < 0,01$). На фоне роста сосудистого тонуса зарегистрировано резкое падение сократительной способности миокарда, что проявилось снижением величины сердечного выброса до 57,0 % относительно возрастной нормы, ($p < 0,01$), увеличением фазы предъизгнания. Мощность сокращения левого желудочка при этом была в два раза меньше возрастных параметров и не превышала значений 0,7 Вт.

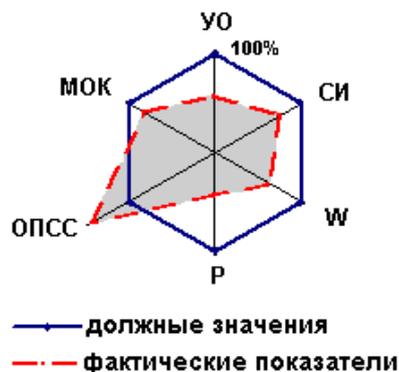


Рис.1. Фоновые гемодинамические показатели у обследуемых детей в % относительно должных значений.

Отмеченные изменения в показателях кардиогемодинамики позволяют сделать заключение о формировании гипокинетического типа кровообращения у обследуемых детей с мышечной диффузной гипотонией. Можно предположить, что ослабление сердечной деятельности, как результат действия эндогенного фактора, способствовало проявлению компенсаторного механизма, связанного с ростом периферического сопротивления. Сдвиг параметров кардиогемодинамического гомеостаза у детей можно расценивать как проявление низких адаптационных возможностей в связи с недостаточными функциональными резервами системы кровообращения. Оценить уровень эффективности адаптационных реакций, направленных на оптимизацию кислородного режима организма позволяют дозированные физические нагрузки (рис. 2).

С этой целью нами использовался интегральный показатель эффективности функциональной системы, отражающий суммарное участие каждого из основных эффекторов в обеспечении приспособительного эффекта. Зона максимальных значений эффективности может быть обозначена как зона оптимума эффективности, которой соответствует экономичный режим работы важнейших органов, обеспечивающих удовлетворение повышенных обменных потребностей организма с минимальными энерготратами [5]. У детей основной группы зона максимальных значений эффективности составляла 30 Вт, когда ИПЭ достиг своих минимальных значений, однако в дальнейшем отмечалось его увеличение, что можно классифицировать как развитие относительной сократительной недостаточности миокарда. Напротив, у детей контрольной группы зарегистрирована благоприятная

динамика: с повышением физической нагрузки эффективность системы возрастала, что являлось проявлением достаточных функциональных резервов организма.

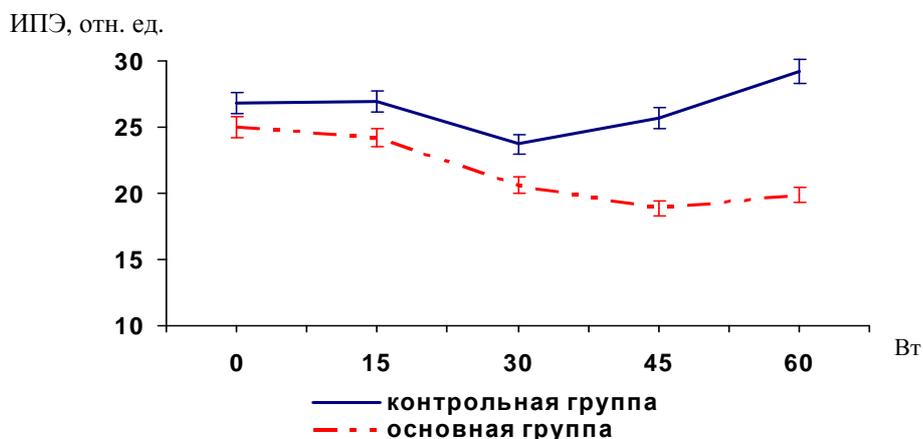


Рис.2. Динамика интегрального показателя эффективности системы (ИПЭ) кислородного обеспечения организма детей при выполнении нагрузочного теста.

Особая роль в определении уровня эффективности системы кровообращения отводится оценке состояния механизмов регуляции сердечного ритма. Текущая активность симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы, как известно, является результатом системной реакции механизмов многоконтурной и многоуровневой регуляции, изменяющей во времени свои параметры для достижения оптимального для организма приспособительного ответа [6]. Результаты проведенных исследований позволяют заключить, что у детей с диффузной мышечной гипотонией отмечается уменьшение показателей ВСР с исходным дисбалансом в вегетативной регуляции. Так, анализ статистических показателей ВСР указывает на снижение значений SDNN до $49,2 \pm 1,9$ мсек, RMSD до $48,0 \pm 2,1$ мсек, Амо не превышала 9,3 %, что может свидетельствовать об усилении активности симпатического звена вегетативной нервной системы и центрального контура регуляции сердечного ритма. Вместе с тем обращает на себя внимание преобладание коротковолновых высокочастотных волн в общем спектре сердечного ритма, при этом отношение LF/HF составляло 0,42. Очевидно значительное влияние на синусовый узел и связанное с этим усиление дыхательных волн можно связать с ростом активности рецепторов растяжения легких в связи с тахипноическим типом дыхания, который является характерным для этой категории детей. Кроме того, выявлено уменьшение мощности медленных волн второго порядка VLF в спектральной структуре сердечного ритма у детей с миотоническим синдромом примерно на 15,0% ($p < 0,05$) по сравнению с группой контроля. Относительно низкий уровень VLF можно трактовать, как проявление энергодефицитного состояния, связанного с уменьшением эрготропных влияний коры на нижележащие уровни регуляции физиологических функций [7]. Таким

образом, гипокINETический тип кровообращения у обследуемых детей основной группы является проявлением низких функциональных резервов организма сопряженных с дисбаоансом в вегетативном обеспечении сердечной деятельности.

Проведенный курс коррекции с использованием комплекса физических упражнений способствовал изменению характеристик кардиогемодинамического гомеостаза, направленных на формирование оптимального приспособительного ответа (табл. 1).

Таблица 1
Гемодинамические показатели обследуемых детей контрольной и основной групп через шесть месяцев наблюдения ($\bar{x} \pm S \bar{x}$)

№	Показатели	Основная группа n=20	Контрольная группа n=20	P
1	HR, уд/мин	71,0±2,0	79,0±1,5	<0,01
2	SV, мл	41,1±0,1	24,0±0,1	<0,001
3	CO, л/мин	2,7±0,08	1,9±0,05	<0,001
4	CI, л/м ²	2,5±0,1	1,8±0,6	<0,01
5	SVR, дин/с/см ⁻⁵	2787,0±18,0	3627,0±18,0	<0,01
6	РЭ, Вт /л	12,0±0,05	9,0±0,05	<0,001
7	LVET, с	0,284±0,010	0,266±0,010	<0,01
8	W, Вт	1,6±0,06	0,8±0,05	<0,01
9	OCB, мл	144,7±2,7	90,0±2,5	<0,001
10	PEP, с	0,060±0,0002	0,010±0,0001	<0,001

Усиление положительных инотропных влияний на сердце обеспечивало рост величины сердечного выброса на 70,0 %, (p<0,001) и снижение HR на 11,0 %, (p<0,01) по отношению к группе контроля. Усиление сократительной способности миокарда сопровождалось изменениями в фазовой структуре сердечного цикла. Отмечено увеличение длительности сердечного цикла до 0,284±0,010 с, (p<0,001), фазы изгнания на 8,0%, (p<0,01), уменьшение периода предизгнания на 16,0% (p<0,01). Очевидно, основными механизмами, лежащими в основе роста сократительной способности миокарда у детей основной группы следует считать увеличение диастолического наполнения сердца в связи с удлинением LVET, а также усиление активности симпатических влияний на синоатриальный узел. Кроме того увеличение фазы изгнания крови из левого желудочка отражало повышение производительности сердца [8], что нашло свое выражение в росте расхода энергии на перемещение одного литра крови примерно на 33,0 %, (p<0,001) и повышении объёмной скорости выброса на 62,0%, (p<0,001). Система кровообращения при этом перешла на более эффективный уровень функционирования по эукинетическому типу.

Повышение функциональных возможностей организма детей основной группы теснейшим образом связано с изменениями в вегетативном обеспечении сердечной деятельности, направленными на регуляцию кардиогемодинамического гомеостаза (табл.2).

Таблица 2
Показатели вариабельности сердечного ритма у обследуемых детей
контрольной и основной групп через шесть месяцев наблюдения ($\bar{x} \pm S \bar{x}$)

№	Показатели	Основная группа n=20	Контрольная группа n=20	P
1	RRNN, мс	758,00±15,70	676,00±17,00	<0,01
2	SDNN, мс	76,00±1,56	50,00±2,20	<0,001
3	CV, %	5,10±0,22	7,60±0,12	<0,001
4	МО, мс	760,00±15,00	682,00±15,20	<0,01
5	АМО, мс	13,40±0,16	9,20±0,25	<0,01
6	RMJD, мс	39,00±1,80	46,0±2,00	<0,00
7	TP, мс ²	2080,70±41,00	1350,60±83,20	<0,001
8	HF, мс ²	476,60±16,70	737,70±18,41	<0,001
9	LF, мс ²	220,40±13,10	276,80±18,50	<0,05
10	VLF, мс ²	402,20±19,81	189,60±8,50	<0,001
11	LF/HF	0,48±0,02	0,53±0,03	>0,05

Тренирующий эффект физических нагрузок проявился в росте показателей ВСР в первую очередь автономного контура регуляции. Увеличение средней продолжительности сердечного цикла и SDNN можно связать с усилением вагусных влияний на синусовый сердечный ритм в сторону брадикардии. Стимулирующие влияния повышенной двигательной активности сопровождались также значительным увеличением мощности общего спектра сердечной деятельности, величина которой возросла до 2080,70±41,00 мс², (p<0,001). Вместе с тем, зарегистрировано снижение суммарной мощности волн HL по отношению к фоновым показателям, однако относительная величина дыхательных волн оставалась в пределах 23,0%. Можно предположить, что увеличение функциональных резервов системы кровообращения у детей основной группы связано с формированием оптимального баланса в механизмах вегетативной регуляции сердечного ритма. С одной стороны увеличение резервов не возможно без стимулирующих влияний симпатического отдела, а с другой стороны вагусная активность, являясь основной составляющей HL волн, оказывала доминирующее влияние на механизмы автономной регуляции сердечной деятельности. Формирование эукинетического типа кровообращения у детей основной группы под влиянием физических тренировок, по всей видимости, способствовало росту адаптационных возможностей, о чем косвенно можно судить по высокому уровню мощности волн VLF-диапазона [9].

Таким образом, специальные физические упражнения и режимы двигательной активности способствовали расширению адаптационных возможностей системы кровообращения у детей с мышечной гипотонией, формированию оптимально-эффективной вегетативной регуляции сердечной деятельности.

ВИВОДИ

1. Для дітей з міотонічним синдромом характерним являється гіпокінетический тип кровообращення, низькі функціональні резерви серцево-судинної системи з вихідним дисбалансом в вегетативній регуляції.
2. Предложена програма корекції сприяла посиленню позитивних інотропних впливів, супроводжуваних зростанням скоротальної здатності міокарда на 70,0% ($p < 0,001$), змінами в фазовій структурі серцевого циклу.
3. Формування еукінетического типу кровообращення у дітей з міотонічним синдромом являлось проявленням зростання кардіогемодинамічної ефективності, формуванням оптимального балансу в механізмах вегетативної регуляції серцевого ритму.

Список литературы

1. Крук И.В. Церебрастониические состояния у детей дошкольного возраста / Крук И.В. – К.:Здоров'я, 1990. – 132 с.
2. Агаджанян Н.А. Особенности адаптации сердечно-сосудистой системы юношеского организма / Н.А. Агаджанян, И.В. Рушенкова, Н.В. Ермакова // Физиология человека. – 1997. – Т.23, №1-2. – С.93–97.
3. Баевский Р.М. Вариабельность сердечного ритма в условиях космического полета / Р.М. Баевский // Физиология человека. – 2002. – Т.28, №1. – С.55–58.
4. Горизонтов П.Д. Гомеостаз, его механизмы и значение / Горизонтов П.Д. – М.:Медицина, 1981. – С. 5–34.
5. Судаков К.В. Функциональные системы / Судаков К.В. – М.:Медицина, 1987. – 432 с.
6. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсененва – М.:Медицина, 1997. – 265 с.
7. Хаспекова Н.Б. Регуляция вариативности ритма сердца у здоровых и больных психогенной и органической патологией: Дисс. докт.мед.наук: 14.03.04 / Хаспекова Наталья Борисовна. – М., 1996. – 236 с.
8. Карпман В.Л. Эффективность механизма Франка-Старлинга при физической нагрузке / В.Л. Карпман, З.Б. Белоцерковский // Кардиология. – 1983. – Т.23. – С.106–109.
9. Флейшман А.Н. Медленные колебания гемодинамики / Флейшман А.Н. – Новосибирск, 1999. – 265 с.

Буков Ю.О. Вегетативний баланс і гемодинамічна ефективність у дітей з дифузною м'язовою гіпотонією / Ю.О. Буков, І.В. Маркіна // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 35-41.

Виявлені суттєві зміни в стані кардіогемодинамічного гомеостазу у дітей з дифузною м'язовою гіпотонією. Використання спеціальних фізичних вправ і режимів рухової активності сприяє зростанню функціональних резервів системи кровообігу, оптимізації вегетативного забезпечення серцевої діяльності.

Ключові слова: діти, дифузна м'язова гіпотонія, кардіогемодинамічний гомеостаз, корекція.

Bukov YU.A. Vegetative balance and haemodynamic efficiency for children with a diffuse hypomyotonia / YU.A. Bukov, I.V. Markina // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 35-41.

Significant changes in cardiohaemodynamic homeostasis were revealed in children with diffuse muscular hypotonia. Both special physical exercises and movement regimens lead to rise of the circulatory functional reserves and autonomic supply of the heart activity.

Keywords: children, diffuse muscular hypotonia, cardiohaemodynamic homeostasis, correction.

Поступила в редакцію 21.09.2010 г.

УДК:612.-055.23-085:615.322

ВОЗМОЖНОСТИ КОРРЕКЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ДЕВУШЕК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИЦИОННОГО ОДОРАНТА «ПОЛИОЛ»

Буков Ю.А., Минина Е.Н.

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

Изменения кардио-респираторного гомеостаза являются лимитирующим фактором приспособительных возможностей организма. Пролонгированное воздействие композиционного одоранта «Полиол» обеспечивает оптимизацию вегетативного баланса, совершенствование механизмов адаптации.

Ключевые слова: композиционный одорант «Полиол», вегетативный баланс, физическая работоспособность, функциональные резервы, респираторная система.

ВВЕДЕНИЕ

Современные представления о здоровье в значительной степени базируются на теории общего адаптационного синдрома, согласно которой реакция организма на любое воздействие сопровождается, в первую очередь, мобилизацией функциональных резервов [1]. Эффективность этого неспецифического компонента адаптации определяется уровнем активации физиологических систем и величиной выделяемой при этом энергии, а также возможностями компенсации этих энергетических затрат организма. Энергетическое звено адаптационно-приспособительной реакции является основным и реализуется на клеточном уровне в виде активизации генетического аппарата клетки, что ведет к увеличению мощности системы митохондрий и соответственно к повышению интенсивности функционирования структуры [2]. Таким образом, адаптационные возможности человека определяются его энергетическим потенциалом, поэтому, чем выше доступные для использования резервы энергетике, тем выше жизнеспособность организма. При этом можно выделить одну закономерность: чем мощнее аппарат митохондрий, являющийся субстратом энергетического потенциала клетки, тем больший диапазон внешних воздействий она способна выдержать и быстрее восстановить свою структуру. От максимальных возможностей аэробного энергообеспечения зависит устойчивость человека к различным факторам среды обитания [3]. Основным эрготропным средством, как известно, являются физические упражнения. Вместе с тем имеется возможность применения информационных факторов с целью стимулирования функциональных резервов организма, повышения его адаптационных резервов, укрепления здоровья. К числу таких факторов следует отнести летучие ароматические вещества [4]. Основным

механизмом действия ароматерапии является воздействие биологически активных веществ на обонятельный анализатор, который играет важную роль в жизнедеятельности человека, что обусловлено прямыми связями ольфакторных структур с зонами интеграции вегетативных, эмоциональных и психомоторных нейрофизиологических реакций [5]. Психологический и физиологический эффекты запахов обусловлены двумя механизмами: ассоциативным и рефлекторным. Но конечный физиологический эффект определяется подкорковым рефлекторным механизмом, который связан со специфическими для ароматического растения обонятельными рефлексами. Наряду с нервно-рефлекторным существует также гуморальный путь воздействия ароматов, обеспечивающих быстрое их всасывание в кровь в неизменном виде, которое осуществляется обширной сетью капилляров в слизистой оболочке носа, дыхательных путей и альвеолах в легких [6]. Диапазон действия эфирных масел чрезвычайно широк. Охватывает различные системы организма и разнообразные физиологические процессы. Эфирным маслам не свойственно узкое специфическое действие и потенциал их влияния распределяется равномерно среди различных систем и органов [7]. Так, ряд исследователей подчеркивают целесообразность использования эфирных масел для коррекции функционального состояния спортсменов [8]. Многие авторы говорят о стимулирующем воздействии эфирных масел на сердечно-сосудистую систему, которая особенно выражено при физических нагрузках, позволяя повысить работоспособность организма и сократить процесс восстановления [9].

Однако в доступной литературе достаточно скудно освещены вопросы применения одоранотерапии с целью повышения функциональных резервов организма лиц, имеющих низкие показатели физической работоспособности, что и послужило целью настоящего исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях принимали участие 20 девушек в возрасте 19-21 года с низкими показателями физической работоспособности. Механика дыхания изучалась при помощи прибора «Спиро-Тест РС» с компьютерной обработкой регистрируемых параметров. При этом фиксировали следующие функциональные показатели: объём легочной вентиляции (VE, л/мин), дыхательный объём (VT, мл), частоту дыхательных движений (f, цикл/мин), форсированную ЖЕЛ (ФЖЕЛ, л), объём форсированного выдоха за 1 секунду (ОФВ 1, л), резервный объём вдоха (Ровд., мл), резервный объём выдоха (Ровыд.,мл), пиковую объёмную скорость (ПОС, л/с), максимальную объёмную скорость на уровне 25, 50, 75 % ЖЕЛ (МОС25, МОС50, МОС 75, л/с), среднюю объёмную скорость (СОС25-75). Содержание кислорода и углекислого газа в пробах выдыхаемого воздуха (FeO₂, FeCO₂) определяли газоанализаторами ПГА-КМ, ПГ-ДУМ. Рассчитывали скорость потребления кислорода и выделения углекислого газа (VO₂, VCO₂, мл/мин), дыхательный коэффициент (R, усл.ед), вентиляционный эквивалент по кислороду (ВЭО₂, усл.ед), процент утилизации кислорода (FO₂, об.%). Все объёмные показатели приведены к условиям ВTPS, газообменные к альвеолярным .

Физическую работоспособность определяли методом ступенчато-возрастающей нагрузки на велоэргометре с расчетом показателей МПК и PWC170 [10]. Оценка степени напряжения регуляторных механизмов проводилась на основании анализа вариабельности сердечного ритма. Использовали статистические характеристики динамического ряда кардиоинтервалов: среднее значение RR интервалов (RRNN, мс), среднее квадратическое отклонение (SDNN, мс), коэффициент вариации (CV,%). Оценивали параметры автокорреляционного анализа: мода (Mo, мс), амплитуда моды (AMo, %), RMSD, мс. Определяли показатели спектрального анализа: мощность высокочастотных колебаний (HF, %), низкочастотных колебаний (LF, %), очень низкочастотных колебаний (VLF, %) сердечного ритма. Расчетным методом определяли индекс вегетативного равновесия (ИВР, усл.ед), вегетативный показатель ритма ВПР, (усл.ед.), показатель адекватности процессов регуляции (ПАПР, усл.ед.), индекс напряжения вегетативных систем (ИН, усл.ед.) [11].

Процедуры аэрофитопрофилактики проводили в течении двух месяце ежедневно по 8-12 минут. Концентрация летучих фракций «Полиола» составляла 1,0-1,5 мг/м в помещении, объёмом 5 м².

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

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основной ожидаемый эффект использования ароматических веществ связан с наличием прямой связи обоняния с лимбической системой мозга, что обуславливает присутствие выраженного эмоционального и вегетативного компонентов при восприятии запахов. Значительный информационный потенциал природных эфирных масел способен, таким образом, оказывать разностороннее корригирующее влияние на физиологические функции организма. В этой связи представляет интерес исследования приспособительных реакций системы внешнего дыхания в ответ на пролонгированное воздействие композиционного одоратна «Полиола». Являясь составной частью функциональной системы кислородного обеспечения организма респираторная система оказывает доминирующее влияние на регуляцию газового гомеостаза организма, что, в конечном итоге, определяет уровень толерантности к физическим нагрузкам. Исследования функционального состояния системы внешнего дыхания у молодых девушек с низким уровнем физической работоспособности позволили сделать заключение о недостаточных адаптационных возможностях организма (табл. 1).

Так, в состоянии относительного покоя все исследуемые функциональные параметры соответствовали физиологической норме. Однако при выполнении дозированных физических нагрузок система дыхания испытывала значительное функциональное напряжение, которое проявилось избыточной вентилаторной реакцией. Дыхательный коэффициент достиг значений близких к единице, что может свидетельствовать о гипервентиляции и резком увеличении энергетических затрат респираторной мускулатуры. Очевидно при росте метаболического запроса организма, при предъявлении ему дополнительных адаптационных требований,

значительная доля энергетического баланса расходуется на обеспечение дыхательной функции, тогда как скелетная мускулатура при этом испытывает дефицит в кислородном обеспечении.

Таблица 1
Исходные функциональные показатели системы внешнего дыхания обследуемых девушек ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$, n=20)

№	Показатели	Условия						P ₂₋₃
		покой	1 нагрузка		2 нагрузка			
1	ЧД, цикл/мин	20,4	±0,5	22,8	±0,2	28,6	±0,3	<0,001
2	V _T ,мл	630	±41,0	1226,7	±45,4	1860	±26,5	<0,001
3	VE,л/мин	13,01	±0,64	26,2	±0,92	53,6	±3,25	<0,001
4	PE O ₂ ,мм.рт.ст	124,2	±1,8	119,5	±0,9	118,6	±1,2	
5	PE CO ₂ ,мм.рт.ст	22,2	±0,7	27,9	±1,3	29,5	±0,9	
6	ВЭ O ₂	29,2	±0,9	23,8	±1,1	25,7	±0,9	
7	VO ₂ , мл/мин	448	±11,0	1100,4	±45,1	2123,6	±75,2	<0,01
8	VCO ₂ , мл/мин	369,7	±11,7	998,5	±46,1	2124,7	±57,4	<0,01
9	R	0,82	±0,03	0,9	±0,04	0,99	±0,04	
10	^FO ₂ , об%	3,4	±0,1	4,2	±0,1	4,1	±0,1	
11	ЖЕЛ, л	3,5	±0,2	3,5	±0,1	3,5	±0,1	
12	Ровд, л	1,7	±0,1	1,3	±0,1	1,1	±0,1	
13	Ровыд, л	1,4	±0,1	1,3	±0,1	1,1	±0,1	
14	ПОС, л/с	6,5	±0,2	6,4	±0,2	6,5	±0,4	
15	МОС25, л/с	6,3	±0,2	6,1	±0,2	6,1	±0,4	
16	МОС50, л/с	4,9	±0,1	5,1	±0,1	5	±0,3	
17	МОС75, л/с	3,2	±0,2	3,4	±0,1	3,5	±0,1	
18	СОС25/75 л/с	4,6	±0,1	4,9	±0,1	4,7	±0,4	

Таким образом функциональное состояние системы внешнего дыхания может являться лимитирующим фактором физической работоспособности человека.

Проведенный курс коррекции способствовал изменению функциональных характеристик системы внешнего дыхания девушек (табл. 2).

Пролонгированное воздействие «Полиолом» обеспечило оптимизацию функционального состояния респираторной системы, что в большей степени проявилось при физических нагрузках. Вентиляторная реакция отличалась сбалансированностью по отношению к интенсивности выполняемой физической работы. Энергетические траты снизились, что нашло свое отражение в уменьшении величины VCO₂ на последней ступени нагрузки примерно на 250 мл/мин, (p<0,05).

Снижение вентиляторной реактивности способствовало росту эффективности респираторной системы (рис. 1).

Таблица 2
Функциональные показатели системы внешнего дыхания обследуемых
девушек после курса аэрофитофилактики ($\bar{x} \pm S \bar{x}$, n=20)

№	Показатели	Условия						P ₂₋₃
		покой		1 нагрузка		2 нагрузка		
1	ЧД, цикл/мин	19	±0,5	25	±0,4***	28	±0,54	
2	V _T ,мл	700,2	±23,4	1200	±56,2	1600	±39,0***	<0,001
3	VE,л/мин	13,6	±0,7	30,4	±1,25**	45,27	±1,51*	
4	PE O ₂ ,мм.рт.ст	123,7	±0,8	116,5	±1,2	115,3	±0,6	
5	PECO ₂ ,мм.рт.ст	23,7	±0,73	29,9	±0,93	31,6	±1,5	
6	ВЭ O ₂	28,8	±1,26	21,8	±1,17	22,1	±0,7**	
7	VO ₂ , мл/мин	477,8	±9,3	1387	±52,5***	2038	±82,4	<0,001
8	VCO ₂ , мл/мин	417,6	±12,1**	1284,3	43,1±***	1884	±46,3**	<0,001
9	R	0,88	±0,01*	0,91	±0,03	0,92	±0,03	
10	^FO ₂ , об%	3,6	±0,1	4,5	±0,1	4,7	±4,7***	
11	ЖЕЛ, л	3,7	±0,1	3,8	±0,1*	3,7	±0,1	
12	Ровд, л	1,8	±0,1	1,4	±0,1	1,1	±0,2	
13	Ровыд, л	1,5	±0,1	1,3	±0,1	1,1	±0,1	
14	ПОС, л/с	7,2	±0,3*	6,9	±0,1	7,1	±0,1	
15	МОС25, л/с	6,9	±0,3	6,3	±0,1	7	±0,1*	
16	МОС50, л/с	5,5	±0,1***	5,5	±0,2	6	±0,1**	
17	МОС75, л/с	3,4	±0,2	3,8	±0,2*	3,8	±0,2	
18	СОС25/75 л/с	5,1	±0,1**	5,4	±0,2*	5,6	±0,1*	

Примечание: *- p<0,05; **- p<0,01; ***- p<0,001

Кроме характеристики эффективности системы внешнего дыхания, динамика показателей V_e и ВЭО₂ может быть использована в качестве респираторных параметров порога анаэробного обмена (ПАНО). Нарушения линейной зависимости между величинами легочной вентиляции и мощностью выполняемой работы, а также рост значений ВЭО₂ в ответ на повышение нагрузки может свидетельствовать о достижении уровня порога анаэробного обмена, когда гликолитические реакции начинают преобладать над окислительными. Как следует из представленных результатов у девушек с низкими показателями физической работоспособности ПАНО был достигнут при выполнении умеренной физической нагрузки, мощностью 50 Вт, что свидетельствовало о низких резервах энергетического потенциала. Курс коррекции способствовал совершенствованию метаболических реакций, направленных на расширение аэробного звена энергообеспечения.

Очевидно, оптимизацию реакций системы внешнего дыхания можно связать также с изменениями в показателях механики дыхания обследуемых. В состоянии

относительного покоя зарегистрирован рост скорости воздушного потока при форсированном выдохе на всех уровнях бронхиального дерева. Так, пиковая объёмная скорость, характеризующая мощность развиваемого усилия респираторной мускулатуры возроста на 10,0 %, ($p < 0,05$). На уровне средних бронхов скорость воздушного потока увеличилась на 12,0 %, ($p < 0,01$), а средняя объёмная скорость экспираторного потока достигла значений $5,1 \pm 0,1$ л/мин, ($p < 0,01$). Отмеченные изменения в функциональном состоянии респираторной системы явились, на наш взгляд, базовыми характеристиками повышения физической работоспособности, которая увеличилась в среднем на 20,0 %, ($p < 0,01$).

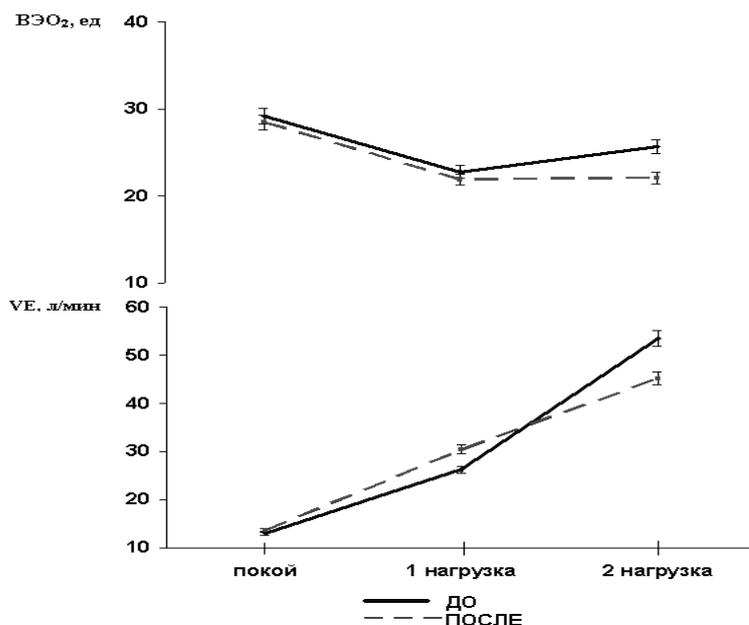


Рис. 1. Динамика показателей V_e и $VEVO_2$ у обследуемых девушек при выполнении нагрузочного теста.

Как известно, интегральным ответом организма на воздействие различных факторов является напряжение регуляторных механизмов [11], обеспечивающих вегетативный гомеостаз. Оценку общей активности регуляторных механизмов, соотношения между симпатическим и парасимпатическим отделами вегетативной нервной системы, уровень нейрогуморальной регуляции физиологических функций проводили на основании анализа вариабельности сердечного ритма (табл. 3).

Исходные показатели вариабельности сердечного ритма позволяют сделать заключение о преобладании парасимпатических влияний в механизмах регуляции физиологических функций у обследуемых девушек. Следует отметить, что высокий ваготонический тонус является характерным для молодых здоровых людей, отличающихся высоким уровнем физической работоспособности и значительными функциональными резервами организма. В нашем же случае следует говорить о

нарушении баланса в механизмах вегетативной регуляции. Пролонгированное влияние фитоаэропрофилактики сопровождалось изменением характера variability сердечного ритма. Отмечено усиление активности центральных эрготропных структур, что проявилось увеличением соотношения VLF/HL. Обонятельный сенсорный приток вызвал также снижение величины МО продолжительности сердечного цикла, что свидетельствовало о возрастании симпатических влияний в механизмах регуляции. На смещение вегетативного баланса в сторону усиления симпатических модуляций указывает и увеличение индекса вегетативного равновесия. Очевидно коррекционное воздействие «Полиола» связано с нормализацией вегетативного баланса, направленное на усиление влияний центральных механизмов управления физиологическими функциями организма. Такие изменения можно связать с необходимостью обеспечения внутрисистемного гомеостаза кардио-респираторной системы, изменения в котором являлись лимитирующим фактором физической работоспособности обследуемых девушек.

Таблица 3

Показатели variability сердечного ритма у обследуемых девушек до и после курса фитоаэропрофилактики ($\bar{x} \pm S\bar{x}$, n=20)

	Показатели	до коррекции		после коррекции		P
1	RNNN,мс	824,0	±24,7	803,0	±22	
2	SDNN,мс	67,6	±8,3	63,4	±7,8	
3	МО,мс	842,2	±14,5	771,7	±15,7	<0,01
4	АМО,%	36,1	±3,9	32,8	±3,8	
5	CV1,усл.ед	14,9	±1,9	16,6	±2,2	
6	VLF, %	20,1	±2,2	23,3	±3,0	
7	LF, %	37,2	±3,6	34,0	±1,8	
8	HF, %	41,2	±3,8	41,0	±2,8	
9	ИВР,усл.ед	38,9	±4	52,1	±4,3	<0,05
10	ВПР,усл.ед	1,2	±0,26	1,79	±0,68	
11	ПАПР,усл.ед	49,4	±7,2	43,5	±5,3	
12	ИН,усл.ед	27,5	±3,2	30,8	±3,8	

Таким образом, пролонгированное воздействие композиционного одоранта «Полиола» способствует оптимизации вегетативного баланса в регуляции физиологических функций, что позволяет за счет включения дополнительных управляющих стимулов обеспечить совершенствование механизмов адаптации.

ВЫВОДЫ

1. Для молодых девушек с низкими показателями физической работоспособности характерным является преобладание анаэробных процессов в метаболизме, недостаточные функциональные резервы системы внешнего дыхания, усиление вагусных влияний в регуляции физиологических функций.

2. Пролонгированное воздействие композиционного одоранта «Полиол» способствует оптимизации функционального состояния респираторной системы, что нашло свое отражение в росте бронхиальной проходимости, совершенствовании метаболических процессов в сторону увеличения аэробного звена энергообеспечения.
3. Корректирующие воздействия «Полиола» связаны с нормализацией вегетативного баланса, усилением симпатических модуляций, включением центральных механизмов регуляции кардио-респираторного гомеостаза организма.

Список литературы

1. Агаджанян Н.А. Проблемы адаптации и учение о здоровье / Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. – М.: Из-во РУДН, 2006. – 284 с.
2. Меерсон Ф.З. Адаптация, стресс и профилактика / Ф.З. Меерсон / М.: Из-во Наука, 1981. – 234 с.
3. Апанасенко Г.Л. Соматическое здоровье и максимальная аэробная способность индивида. / Г.Л. Апанасенко, Р.Г. Науменко // Теория и методика физической культуры – 1986. – №5. – С. 39–45.
4. Солдатченко С.С. Ароматерапия. Профилактика и лечение заболеваний эфирными маслами / Солдатченко С.С., Кашенко Г.Ф., Пиддаев В. – Симферополь: «Таврида», 2002. – 43 с.
5. Макаруч М.Ю. Роль нюхового анализатора в интегративной деятельности мозга: Автореф. / М.Ю. Макаруч / Дис. докт. биол. наук: 03.00.13. К. Видавн. Київ нац. У-ту – 1999. – 34 с.
6. Грейхман Л.З. Аэрофитотерапия. / Грейхман Л.З. – К., Здоровье, 1986. – 128 с.
7. Дудченко Л.Г. Ароматерапия и аромамассаж / Дудченко Л.Г., Потебня Г.П., Кривенко Н.А.; под ред. канд. мед. наук В.В. Кривенко. – К. Изд. Дом «Максимум». 1999. – 352 с.
8. Дубровский В.И. Реабилитация в спорте / Дубровский В.И. – М.: Физическая культура и спорт, 1991. – 206 с.
9. Миргородская С. Ароматерапия: мир запахов запахи мира / Миргородская С. – М.: «НАВЕУС», 1998. – 120 с.
10. Карпман В.Л. Исследование физической работоспособности у спортсменов / Карпман В.Л., Белоцерковский З.Б., Гудков И.А. – М.: ФиС, 1974. – 95 с.
11. Баевский Р.М. Вариабельность сердечного ритма в условиях космического полета / Р.М. Баевский // Физиология человека. – 2002. – Т.28, №1. – С. 55–58.

Буков Ю.О. Можливості корекції функціонального стану організму дівчат з використанням композиційного одоранта «Поліол» / Ю.О. Буков, О.М. Мініна // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 42-49.

Зміни кардіо-респіраторного гомеостазу є лімітуючим чинником пристосовних можливостей організму. Пролонгована дія композиційного одоранта «Поліол» забезпечує оптимізацію вегетативного балансу, вдосконалення механізмів адаптації.

Ключові слова: композиційний одорант «Поліол», вегетативний баланс, фізична працездатність, функціональні резерви, респіраторна система.

Bukov Y. Possibilities of girls' functional state correction with using of "Polyol" composite odorant / Y. Bukov., E. Minina // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 42-49.

Changes of a kardio-respiratory homeostasis are the limiting factor of adaptive possibilities of an organism. The prolonged influence of a composite odorant of "Poliol" provides optimization of vegetative balance, perfection of mechanisms of adaptation.

Keywords: a composite odorant of "Poliol", vegetative balance, physical working capacity, functional reserves, respiratory system.

Поступила в редакцию 19.10.2010 г.

УДК: 616-006.52-071:575.22

ГЕНОТИПИРОВАНИЕ ВИРУСА ПАПИЛЛОМЫ ЧЕЛОВЕКА ПРИ СКРИНИНГОВОМ ИССЛЕДОВАНИИ В НИКОЛАЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Верко Н.П.¹, Литвиненко А.В.², Верба И.Н.², Шишко Е.Ю.³

¹*Крымский государственный медицинский университет им. С.И.Георгиевского, Украина*

²*Медицинский центр «VALEO», Николаев, Украина*

³*Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, Симферополь, Украина*

E-mail: venapo@rambler.ru

В работе проанализирована частота встречаемости различных генотипов вируса папилломы человека у пациенток Николаевской области, определяемых методом полимеразной цепной реакции. Установлена достаточно высокая частота встречаемости вируса папилломы человека в клинических образцах. Наибольшую частоту имеют генотипы 18, 31, 33, 35, 39, 45, 52, 58, 59, 67, сравнительно низкие показатели частоты встречаемости зарегистрированы для высококанцерогенного типа 16. Частота встречаемости различных генотипов папилломавирусной инфекции зависит от возраста и группы крови пациенток.

Ключевые слова: вирус папилломы человека, полимеразная цепная реакция, Николаевская область, генотип.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в мире отмечается общий рост инфицированности вирусом папилломы человека (ВПЧ), и папилломавирус рассматривается как основной этиологический фактор развития рака шейки матки [1]. Распространенность различных типов ВПЧ неодинакова в разных странах и даже регионах. Во многих странах проводятся организованные скрининговые исследования распространенности различных типов ВПЧ в популяции. В основе таких исследований лежит использование современных молекулярно-биологических методов, позволяющих установить факт инфицирования и провести генотипирование ВПЧ. Наиболее чувствительным из молекулярных методов исследования в настоящее время признана полимеразная цепная реакция (ПЦР) с типоспецифическими и видоспецифическими праймерами, позволяющая выявить вирусные последовательности в геноме пораженных клеток в 95-100% случаев [2]. Благодаря использованию полимеразной цепной реакции в настоящее время идентифицировано более 100 типов ВПЧ, подробно описаны более 70 типов, твердо установлен факт, что определенные типы ВПЧ могут инфицировать строго определенный вид эпителия и вызывать характерные изменения [1, 3]. Такие мероприятия позволили значительно улучшить эффективность диагностики папилломавирусной инфекции, снизить частоту онкологических заболеваний, а также оценить эффективность применения профилактических вакцин против ВПЧ-инфекции. В Украине такие исследования не проводились в виду отсутствия дорогостоящего оборудования и надежных тест-систем для генотипирования. В настоящее время в некоторых регионах Украины, в

частности в Николаевской области, появилось оборудование для проведения ПЦР-анализа и специальные тест-системы, позволяющие типировать вирусы папилломы человека высокого и низкого канцерогенного риска.

В связи с этим целью настоящей работы явилось изучение частоты встречаемости различных генотипов вируса папилломы человека у пациенток Николаевской области методом полимеразной цепной реакции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено у 3328 пациенток в возрасте от 17 до 58 лет, проходивших обследование в медицинском центре «VALEO» (г. Николаев) в 2008-2010 г и получивших направление в лабораторию медицинского центра для уточнения диагноза или этиологии воспалительного процесса. Материалом для ПЦР-исследования служили соскобы из урогенитального тракта женщин. На первом этапе ПЦР-исследования проводили экстракцию ДНК из исследуемого материала. Для экстракции ДНК использовали комплект реагентов «ДНК-сорб-АМ». На втором этапе проводили ПЦР-амплификацию. Для проведения реакции амплификации ДНК вирусов папилломы человека высокого канцерогенного риска использовали комплект реагентов «ПЦР-комплект», рассчитанный на выявление (без определения генотипа) ДНК ВПЧ 11 типов: 16, 18, 31, 33, 35, 39, 45, 52, 58, 59, 67, с отдельным определением ДНК ВПЧ 16 типа. ПЦР-амплификацию проводили в автоматическом режиме на термоциклере «Терцик МС 202». Для ПЦР-амплификации использовали две смеси праймеров и зондов. ПЦР-смесь-1-FER ВПЧ-1 - для амплификации и детекции ДНК ВПЧ 16, 31, 35, 39 и 59 генотипов. Детекция 31,35, 39 и 59 генотипов осуществлялась по каналу FAM (канал «Специфика» в детекторе «Джин»), детекция 16 генотипа осуществлялась отдельно по каналу HEX/JOE (канал «ВК» в детекторе «Джин»). Детекция 18, 33, 45, 52, 58 и 67 генотипов осуществлялась по каналу FAM (Канал «Специфика» в детекторе «Джин»), детекция сигнала внутреннего контроля осуществлялась отдельно по каналу HEX/JOE (канал «ВК» в детекторе «Джин»). Для проведения анализа осуществлялась амплификация ДНК с ПЦР-смесями-1-FER ВПЧ-1 и ВПЧ-2. Результат считался положительным, если положительный сигнал регистрировался хотя бы с одной из ПЦР-смесей.

Продукты ПЦР-амплификации анализировали путем гибридационно-флуоресцентной детекции по «конечной точке» с помощью мультиканального роторного флуориметра «АЛА- ¼». Анализатор предназначен для оценки результатов ПЦР при использовании тест-систем, основанных на принципах флуоресцентной детекции.

Результаты ПЦР интерпретировали по следующим критериям с обозначением группы выявляемых ВПЧ-генотипов: не обнаружен ВПЧ высокого канцерогенного риска (ВКР); обнаружен один или несколько ВПЧ ВКР (без типа 16) – группа ВПЧ 10; обнаружен наиболее канцерогенный ВПЧ типа 16 – группа Т16; обнаружен один или несколько ВПЧ ВКР в том числе 16 типа – группа ВПЧ 10+Т16.

Все пациентки с положительным ПЦР – результатом на ВПЧ были распределены на группы по возрастному признаку: I группа – 17-25 лет, II группа – 26-35 лет; III группа – 36-45 лет, IV группа - 46-58 лет.

Полученные результаты были обработаны с использованием программ: АЛА 1 Setup.exe., Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ результатов генотипирования вируса папилломы человека показал, что частота встречаемости генотипов ВПЧ высокого канцерогенного риска достаточно высокая среди женского населения Николаевской области – 30% клинических образцов имели положительный ПЦР-результат. Наиболее высокой она была в 2009г, когда удельный вес общего количества положительных результатов ПЦР-анализа на ВПЧ составил 42%. Анализируя частоту встречаемости различных генотипов ВПЧ (табл. 1) обнаружили, что наиболее высокой она была для 10 выявляемых ВПЧ-генотипов (группа генотипов ВПЧ10) на протяжении анализируемых лет. Сравнительно низкие показатели частоты встречаемости зарегистрированы для типа 16 и комбинации генотипов (группа ВПЧ10+Т16). В 2008г и 2010г на долю ВПЧ10+Т16 приходилось 9% и 8% соответственно. Высококанцерогенный тип 16 выявлялся в 11% и 10% случаев в 2008г и 2010г. Самые низкие значения встречаемости данных генотипов зарегистрированы в 2008г. и 2010г.

Таблица 1
Количество образцов, в которых выявлены ДНК различных типов ВПЧ

года		Типы ВПЧ			
		ВПЧ10	ВПЧ10+Т16	Т16	Всего
2008	Абс.	184	22	27	233
	%	78,9	9,4	11,6	
2009	Абс.	486	78	107	671
	%	72,4	11,6	16	
2010	Абс.	82	9	10	101
	%	81,1	8,9	9,9	

В результате исследования выявлена зависимость между частотой встречаемости различных генотипов ВПЧ и возрастом пациенток (рис. 1). Чем моложе контингент обследуемых, тем выше частота встречаемости у них одного или нескольких из 10 ВПЧ-генотипов (группа ВПЧ10). Так, в возрастной группе 17-25 лет удельный вес генотипов ВПЧ10 составил: в 2008г 92%, в 2009г 80%, в 2010г 92%. С возрастом частота встречаемости генотипов ВПЧ10 несколько снижалась, однако, в возрастной группе 26-35 лет количество положительных результатов ПЦР-анализа на ВПЧ10 оставалось также высоким. В динамике частоты встречаемости высококанцерогенного ВПЧ-генотипа 16, напротив, с возрастом отмечался прогрессивный рост. Максимальные значения положительных результатов ПЦР-анализа на генотип 16 зарегистрированы в возрастных группах 36-45 лет и 46-58 лет. Так, в 2008г в возрастной группе пациенток 17-25 лет количество положительных результатов ПЦР-анализа на тип 16 составляло менее

ГЕНОТИПИРОВАНИЕ ВИРУСА ПАПИЛЛОМЫ ЧЕЛОВЕКА...

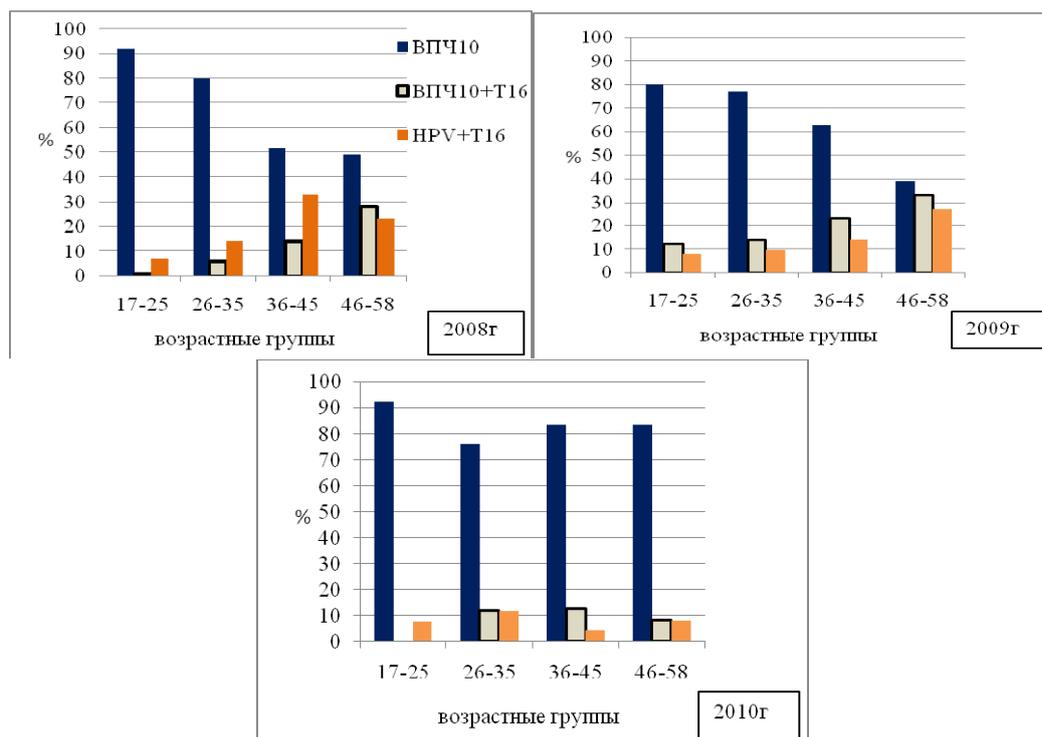


Рис.3. Частота встречаемости ВПЧ-генотипов у пациенток различных возрастных групп (2008 г, 2009 г, 2010 г).

1%, а в возрастной группе 46-58 лет генотип 16 встречался уже в 28% случаев. В 2009г в возрастной группе пациенток 17-25 лет доля генотипа 16 составила 12% от общего количества положительных результатов ПЦР-анализа на ВПЧ, в группе 36-45 лет уже 23%. Аналогичная тенденция отмечалась и в 2010г. Среди пациенток возрастной группы 17-25 лет генотип 16 не встречался вообще, а в группе 36-45 лет его встречаемость достигала 12,5% от общего числа положительных результатов ПЦР-анализа на ВПЧ. В работе также обнаружено, что с возрастом пациенток повышалось инфицирование множественными генотипами ВПЧ, то есть повышалась частота встречаемости одного или нескольких тестируемых ВПЧ-генотипов, в том числе генотипа 16 (группа ВПЧ 10+Т16). Такая тенденция отмечалась на протяжении всех лет исследования. В 2008г частота выявления генотипов ВПЧ 10+Т16 составила в группе 17-25 лет 7%, а в группе 36-45 лет она достигала 33%. В 2009г возрастная динамика частоты выявления генотипов ВПЧ10+Т16 изменялась от 8% в группе 17-25 лет до 27% в возрастной группе 46-58 лет.

Сравнительно одинаковая возрастная тенденция в частоте встречаемости ВПЧ – генотипов 18, 31, 33, 35, 39, 45, 52, 58, 59, 67 и высококанцерогенного типа 16 указывает на возможность, с одной стороны, снижения элиминации вируса с возрастом и, с другой стороны, повышение с возрастом вероятности инфицирования сразу несколькими генотипами, преимущественно одной филогенетической группы.

Родственные с ВПЧ-16 штаммы 31, 33, 35, 52. Результаты нашего исследования согласуются с результатами других исследований по этой проблематике. Несмотря на то, что с возрастом снижается частота первичного инфицирования ВПЧ, в то же время возрастает вероятность персистенции инфекции и риск быть инфицированным филогенетически родственным типом ВПЧ [4, 5]. Так, при инфекции ВПЧ типа 16 часто обнаруживают и другие штаммы этого вируса, как высокой, так и низкой степени онкогенности. Чем дольше обнаруживается присутствие одного или нескольких онкогенных генотипов ВПЧ в организме женщины, тем выше риск развития РШМ, так как решающее значение для развития этой формы рака имеет персистенция вирусного генома [6].

При анализе удельного веса общего количества выявляемых генотипов ВПЧ для каждой возрастной группы установлено, что максимум встречаемости генотипов ВПЧ приходился на 17-25 лет (391 положительный результат) и 26-35 лет (384 положительных результата). В возрастных группах 36-45 лет и 46-58 лет общее количество положительных результатов ПЦР-анализа на ВПЧ примерно в 3 раза меньше (101 и 122 соответственно) по сравнению с пациентками более молодого возраста. Высокий уровень инфицирования ВПЧ в молодом возрасте связывают с наиболее значимыми факторами риска: раннее начало половой жизни и наличие многочисленных половых партнеров, наличие других инфекций, вредных привычек [7].

В настоящее время эритроцитарные антигены рассматриваются как генетические маркеры многих заболеваний. В настоящей работе была проанализирована частота встречаемости различных генотипов ВПЧ у пациенток с разной группой крови. Большинство носительниц различных ВПЧ-генотипов имели II (А) группу крови. Наименьшая частота встречаемости ВПЧ-генотипов зарегистрирована у пациенток с IV (АВ) группой крови. У пациенток со II группой крови количество ВПЧ-положительных случаев составило 374, тогда как на долю инфицированных с IV группой крови приходилось 67 ВПЧ-положительных случаев. Промежуточное положение занимали обследуемые с I и III группами крови, на долю которых приходилось 302 и 113 ВПЧ-положительных случаев соответственно. Детальный анализ частоты встречаемости различных ВПЧ-генотипов по группам крови показал, что наибольшую частоту встречаемости у лиц с различной группой крови имели генотипы группы ВПЧ10. Генотип 16 и его комбинация с другими из 10 выявляемых ВПЧ-генотипов в разной степени встречались у пациенток с разными группами крови. Высокая частота встречаемости генотипа 16 отмечалась у обследуемых со II группой крови. Пациентки с I группой крови в основном являлись носительницами нескольких генотипов ВПЧ, в том числе типа 16.

ВЫВОДЫ

1. Частота встречаемости вируса папилломы человека в клинических образцах пациенток Николаевской области достаточно высокая – 30% обследуемых являются носительницами ВПЧ.
2. Наибольшую частоту встречаемости имеют генотипы группы ВПЧ10. Сравнительно низкие показатели частоты встречаемости зарегистрированы для типа 16 и комбинации генотипов (группа ВПЧ10+Т16).

3. Частота встречаемости различных ВПЧ-генотипов зависит от возраста пациенток. В возрастной группе 17-25 лет максимальна частота встречаемости генотипов группы ВПЧ10, с возрастом повышается частота встречаемости высококанцерогенного ВПЧ-генотипа 16.
4. С возрастом повышается вероятность инфицирования сразу несколькими генотипами, преимущественно одной филогенетической группы – 16, 18, 31, 33, 35, 39, 45, 52, 58, 59, 67.
5. Большинство носительниц различных ВПЧ-генотипов имеют А(II) группу крови, наименьшую частоту встречаемости ВПЧ-генотипов - пациентки с АВ (IV) группой крови.

Список литературы

1. Дмитриев Г.А. Папилломавирусная инфекция / Г.А. Дмитриев, О.А. Биткина – М. : Медицинская книга, 2006. – 80 с.
2. Глик Б. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение / Б. Глик, Дж. Пастернак – М. : Мир, 2002. – 589 с.
3. Киселев В.И. Вирусы папилломы человека в развитии рака шейки матки / В.И. Киселев, О.И. Киселев – М., 2003. – 90 с.
4. De Villiers E.M. Human pathogenetic papillomavirus types / E.M. De Villiers // Topics in Microbiology and Immunology, Berlin, 1994. – Vol. 186. – P. 1–13.
5. Zur Hausen H. Human pathogenetic papillomaviruses / H. Zur Hausen // Topics in Microbiology and Immunology, Berlin, 1994. – Vol. 186. – P. 131–157.
6. Бохман Я.В. Рак шейки матки / Я.В. Бохман, У.К. Лютра – Кишнев, 1991. – 180 с.
7. Двойрин В.В. Статистика злокачественных новообразований в России и некоторых странах СНГ / Двойрин В.В., Аксель М.Е., Трапезников Н.Н. – М., 1995. – 76 с.

Верко Н.П. Генотипування вірусу папіломи людини при скринінговому дослідженні в Миколаївській області / Н.П. Верко, А.В. Литвиненко, І.М. Верба, О.Ю. Шишко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 50-55.

У роботі проаналізовано частота зустрічальності різних генотипів вірусу папіломи людини у пацієнток Миколаївській області методом полімеразної ланцюгової реакції. Встановлена досить висока частота зустрічальності вірусу папіломи людини в клінічних зразках – 30% клінічних зразків мали позитивний ПЛР-результат. Найбільшу частоту мали генотипи 18, 31, 33, 35, 39, 45, 52, 58, 59, 67, порівняно низькі показники частоти зустрічальності зареєстровані для висококанцерогенного типу 16. Частота зустрічальності різних генотипів папіломавірусної інфекції залежить від віку та групи крові пацієнток.

Ключові слова: вірус папіломи людини, полімеразна ланцюгова реакція, Миколаївська область, генотип.

Verko N.P. The dispersive analysis of indicators of heart rate variability conditions under the influence of controlled breath with individually fitted frequency / N.P. Verko, A.V. Litvinenko, I.N. Verba, E.Y. Shishko // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 50-55.

Quite high frequency of human papillomavirus in clinical samples – 30% of clinical specimens had positive PCR result. The greatest frequency of genotypes were 18, 31, 33, 35, 39, 45, 52, 58, 59, 67, a relatively low frequency of occurrence reported for type 16. The frequency of different genotypes of human papillomavirus infection depends on age and blood group of patients

Keywords: human papillomavirus, polymerase chain reaction, Mykolaiv region, genotype.

Поступила в редакцію 02.10.2010 г.

УДК 612.11:616.074/078:616.97:-(477)

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРАЗНОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ЗАБОЛЕВАНИЙ, ПРИОБРЕТЕННЫХ ПОЛОВЫМ ПУТЕМ, НА ТЕРРИТОРИИ НИКОЛАЕВСКОЙ ОБЛАСТИ

Верко Н.П.¹, Литвиненко А.В.², Верба И.Н.², Шишко Е.Ю.³

¹*Крымский государственный медицинский университет им. С.И.Георгиевского, Украина*

²*Медицинский центр «VALEO», Николаев, Украина*

³*Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, Симферополь, Украина*

E-mail: venapo@rambler.ru

С помощью полимеразной цепной реакции проанализирована частота встречаемости инфекций, передающихся половым путем, в Николаевской области. Наиболее распространенными заболеваниями оказались уреаплазмоз, гарднереллез, генитальный герпес. Все обследуемые, независимо от тестируемой инфекции, относились к возрастной категории – 17-35 лет. Частота встречаемости различных инфекций зависит от пола и группы крови обследуемых.

Ключевые слова: полимеразная цепная реакция, заболевания, приобретенные половым путем.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время насчитывается более 20 заболеваний, приобретенных половым путем (ЗППП) [1]. Они характеризуются высокой контагиозностью и сравнительно быстрым распространением среди определенных групп населения. Несмотря на успехи, достигнутые в диагностике и терапии ЗППП, проблема их эффективной профилактики остается актуальной [2]. Велика роль ранней диагностики ЗППП для своевременного лечения, снижающего вероятность осложнений и дальнейшего распространения инфекции. Ведущим методом диагностики при этом является метод полимеразной цепной реакции (ПЦР), использование которого позволяет провести расширенную этиологическую расшифровку ЗППП и выбрать оптимальную тактику терапии [3,4]. Выбор метода ПЦР обусловлен рядом преимуществ, определяющими из которых являются высокая аналитическая чувствительность и диагностическая специфичность.

В связи с этим целью настоящей работы явилось изучение распространенности ЗППП на территории Николаевской области с помощью метода полимеразной цепной реакции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено у 8941 пациента, поступившего на обследование в медицинский центр «VALEO» г.Николаева в 2007-2009гг. Пациентами были лица мужского и женского пола с признаками воспалительного процесса

урогенитального тракта, обратившиеся в лабораторию медицинского центра для уточнения этиологии воспалительного процесса или оценки эффективности проводимого лечения. Материалом для исследования служили соскобы из эпителия уретры у мужчин, соскобы из уретры и цервикального канала у женщин, а также образцы крови, слюны, ликвора. Материал для исследования помещали в пробирки типа «эппендорф», который затем подвергали ПЦР-анализу. Для экстракции ДНК использовали комплект реагентов «ДНК-сорб-АМ». Для ПЦР-амплификации ДНК исследуемых проб (*Ureplasma urealiticum*, *Mycoplasma genitalium*, *Chlamidia trachomatis*, *Trichomonas vaginalis*, HSV (генитальный герпес), CMV (цитомегаловирус), *Candida albicans*, *Gardnerella vaginalis*) и контрольных проб использовали пробирки с ПЦР-смесью (реакционная смесь). ПЦР-амплификацию проводили в автоматическом режиме на термоциклере «Терцик МС 202». Продукты ПЦР-амплификации анализировали путем гибридизационно-флуоресцентной детекции по «конечной точке» с помощью мультиканального роторного флуориметра «АЛА- ¼».

Полученные результаты были обработаны с использованием программ: АЛА 1 Setup.exe., Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты ПЦР-исследования распространенности ЗППП среди населения Николаевской области показали, что частота их встречаемости стойко удерживается в течение анализируемого периода времени. Так, в 2007-2009гг количество положительных результатов ПЦР-анализа по всем тестируемым нозологическим единицам составило 1/5 от общего количества анализируемых образцов (табл. 1).

Таблица 1

Частота встречаемости ЗППП в 2007-2009 гг

	Годы исследования		
	2007	2008	2009
Общее кол-во анализов (абс.)	3863	2848	2230
Удельный вес положительных ПЦР-анализов (абс.)	802	570	466
Удельный вес положительных ПЦР-анализов (%)	21 мужчины – 8 женщины - 13	20 мужчины – 5 женщины - 15	21 мужчины – 7 женщины - 14

Детальный анализ частоты встречаемости различных возбудителей в 2007-2009гг выявил следующие особенности. Первое место по частоте врачебных направлений занимали исследования по идентификации ДНК *Ureplasma urealiticum*

– 40%. В результате проведения ПЦР-анализа диагноз подтвердился у 25%. Второе место по обращаемости занимали ДНК-исследования на хламидиоз. Количество анализируемых клинических образцов составило 22% от общего количества ПЦР-анализов, а ДНК данного возбудителя выявлялось в 14%. Следующими в ряду врачебных направлений на подтверждение диагноза находились ПЦР-исследования на микоплазмоз – 11% от общего количества ПЦР-анализов. Частота выявления ДНК *Mycoplasma genitalium* сравнительно такая же, как для *Chlamidia trachomatis* – 13%. Анализ частоты встречаемости микоплазмы в анализируемых образцах показал, что количество положительных результатов ПЦР-анализа на данный возбудитель значительно снижалось в течение исследуемого периода: в 2 и 3 раза в 2008-2009гг по сравнению с 2007г. С помощью ПЦР-анализа трихомонадная ДНК выявлялась в 12% случаев. Частота встречаемости трихомонадной инфекции по годам несколько снижалась. Так, в 2007г процент положительных результатов ПЦР-анализа на данный вид инфекции составил 17%, в 2008-2009гг частота выявляемости трихомонады имела место в 8% и 10% случаев соответственно.

Несмотря на сравнительно небольшое количество врачебных направлений на генитальный герпес, цитомегаловирусную инфекцию, гарднереллез, кандидоз, количество положительных результатов ПЦР-анализа, подтверждающих диагноз, было достаточно высоким. Особенно это касается вирусных инфекций (генитальный герпес и цитомегаловирусная инфекция), удельный вес анализов для которых составил 22% и 19%. Не случайным также стал высокий процент идентификации ДНК *Gardnerella vaginalis* и *Candida albicans*, возбудителей гарднереллеза и кандидоза – 37% для *Gardnerella vaginalis* и 20% для *Candida albicans*. Эти микроорганизмы относятся к разряду условно-патогенных, в небольшом количестве входят в состав вагинальной микрофлоры. Однако в силу различных причин, например бактериальной инфекции, изменении pH в урогенитальном тракте или антибиотикотерапии, становятся следствием генитального дисбактериоза и провоцируют развитие бактериального вагиноза.

Результаты данной части ПЦР-исследования могут быть полезны для оценки эпидемиологической ситуации инфекционных заболеваний на территории Николаевской области. Как показали результаты, большинство врачебных направлений на ПЦР-исследования, в основном, были направлены на подтверждение диагноза хламидиоз, трихомониаз, уреплазмоз, микоплазмоз. Однако частота выявления ДНК хламидии, трихомонады, микоплазмы была невысокой. В какой-то степени это может быть обусловлено тем, что направление на обследование получали пациенты, прошедшие курс антибиотикотерапии (постановка ПЦР для контроля качества проведенного лечения). Напротив, случаи выявления вирусных инфекций, приобретенных половым путем, были количественно выше.

При анализе структуры заболеваемости по возрастному составу не было обнаружено особых различий. Все обследуемые, независимо от тестируемой инфекции, относились к возрастной категории – 17-35 лет. Средний возраст пациентов по разным нозологическим единицам составлял 25-28 лет.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРАЗНОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ...

Анализ данных лабораторных исследований по половому признаку показал, что наиболее высокий процент встречаемости инфекций, приобретенных половым путем, отмечался среди женщин. Чаще всего у женщин выявлялись бактериальные инфекции – хламидия (80-87% случаев), уреаплазма (64-82% случаев), трихомонада (84-95% случаев). Лидером по частоте выявляемости была бактерия *Gardnerella vaginalis*. Частота ее встречаемости среди женщин практически не изменялась за исследуемый период времени и имела самый высокий процент обнаружения – 91-94%. Важно отметить, что в частоте встречаемости этих инфекций в женской популяции наблюдалась тенденция к росту, особенно хламидийной и уреоплазменной инфекций. В 2007 г частота идентификации ДНК *Chlamidia trachomatis* составила 85%, тогда как в 2009 г этот показатель составил уже 87%. Для уреоплазменной инфекции частота встречаемости в 2007 г равнялась 69, но уже в 2009 г этот показатель достиг 82% положительных результатов ДНК-анализа. Высоким был также процент положительных результатов ПЦР-анализа на вирусные генитальные инфекции. Так, частота встречаемости генитального герпеса среди женщин в 2007-2009 гг составила 67-93%, цитомегаловирусной инфекции – 78-92%.

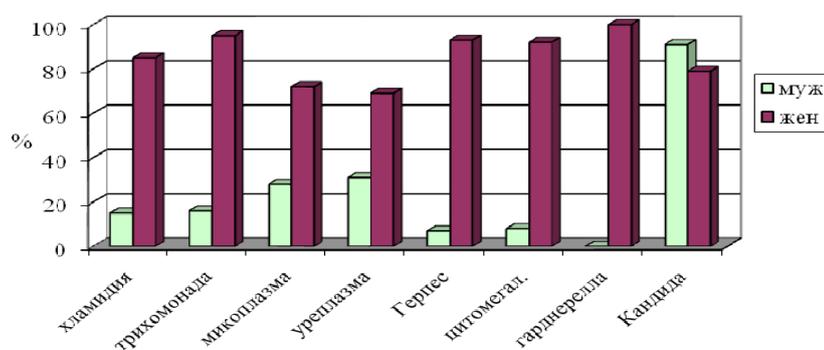


Рис. 1. Частота встречаемости ЗППП у мужчин и женщин в 2007 г.

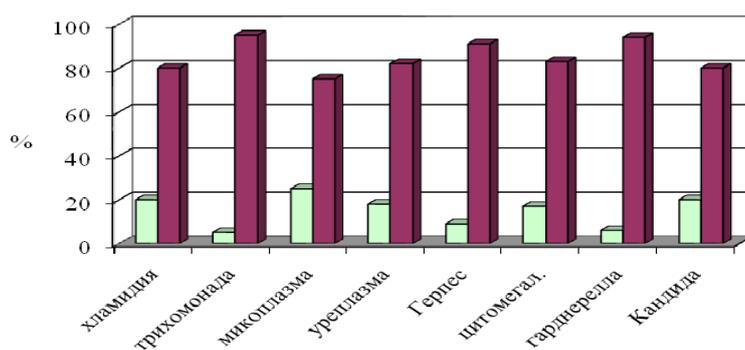


Рис. 2 Частота встречаемости ЗППП у мужчин и женщин в 2008 г.

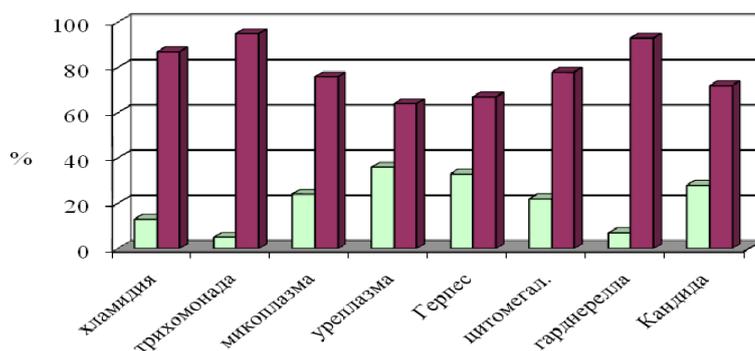


Рис. 3. Частота встречаемости ЗППП у мужчин и женщин в 2009г.

В сравнении с женщинами, частота встречаемости инфекций, приобретенных половым путем, у мужчин была ниже. Частота обнаружения ДНК различных возбудителей составляла от 5% до 36%. Если у женщин наблюдалась тенденция к возрастанию частоты встречаемости бактериальной инфекции, то для мужчин характерно увеличение частоты обнаружения ДНК вирусных инфекций. Так, генитальный герпес встречался у 7% мужчин в 2007 г, а в 2009 г – у 33%. Цитомегаловирусная инфекция в 2007 г по частоте встречаемости составила 8%, тогда как в 2009 г этот показатель достигнул 22%. Для мужчин было также характерно увеличение частоты встречаемости уреплазменной инфекции. Если в 2007 г уреплазменная инфекция зарегистрирована в 31% случаев, то в 2009г – в 64% случаев. Однако количество положительных результатов ПЦР-анализа на другую бактериальную инфекцию, *Trichomonas vaginalis*, напротив, снижалось с 16% в 2007 г до 5% в 2009 г.

Анализ частоты встречаемости заболеваний, приобретенных половым путем, в зависимости от группы крови (ABO) позволил выявить самый высокий процент положительных результатов ПЦР-анализа по всем тестируемым инфекциям среди носителей II (A) группы крови – 24-52% за период времени 2007-2009гг. Следующими в ряду встречаемости инфекций, приобретенных половым путем, являлись носители I (0) группы крови, у которых частота обнаружения ДНК различных инфекционных агентов колебалась от 19% до 35%. Небольшой процент по частоте инфицирования составляли пациенты с III (B) и IV (ABO) группами крови.

ВЫВОДЫ

1. Частота встречаемости инфекций, передающихся половым путем, в Николаевской области в 2007-2009гг составляет 1/5 от общего количества анализируемых образцов.
2. Наиболее распространенными заболеваниями, передающимися половым путем, на территории Николаевской области являются уреплазмоз (частота встречаемости 25%), гарднереллез (37%), генитальный герпес (22%).

3. Все обследуемые, независимо от тестируемой инфекции, относятся к возрастной категории – 17-35 лет. Средний возраст пациентов по разным нозологическим единицам составляет 25-28 лет.
4. Наиболее высокий процент встречаемости инфекций, приобретенных половым путем, отмечается среди женщин. Чаще всего у женщин выявляются бактериальные инфекции – хламидия (80-87% случаев), уреаплазма (64-82% случаев), трихомонада (84-95% случаев).
5. Самый высокий процент положительных результатов ПЦР-анализа по всем тестируемым инфекциям наблюдается среди носителей II (A) (24-52%) и I (0) групп крови (19-35%).

Список литературы

1. Адашкевич В.П. Заболевания, передаваемые половым путем / Адашкевич В.П. – Витебск: Изд-во Витебского медицинского института, 1997. – 310с.
2. Аксенов М.Ю. Диагностика инфекционных заболеваний с помощью метода полимеразной цепной реакции / М.Ю. Аксенов, А.Л. Гинцбург // Молекулярная генетика, 1993. – №4, С. 3–8.
3. Значение ПЦР для диагностики урогенитальных инфекций в практическом здравоохранении / А.Г. Бойцов, А.А. Порин, Е.В. Белоусова [и др.] // Тез. Докл. 3-й Всерос. Научн.-практ. конф. «Генодиагностика в современной медицине». – Москва, 2000. – С. 22–23.
4. Карлина В.П. Частота выявления бактериальных возбудителей заболеваний мочеполовой системы методом ПЦР / В.П. Карлина, Г.И. Сторожук // Тез. Докл. 3-й Всерос. Научн.-практ. конф. «Генодиагностика в современной медицине». – Москва, 2000. – С. 29–30.

Верко Н.П. Застосування полімеразної ланцюгової реакції для оцінки поширеності захворювань, придбаних статевим шляхом, на території Миколаївської області / Н.П. Верко, А.В. Литвиненко, І.М. Верба, О.Ю. Шишко // Вчені записки Таврійського національного університету ім.В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 56-61.

За допомогою полімеразної ланцюгової реакції проаналізована частота зустрічальності інфекцій, що передаються статевим шляхом, у Миколаївській області. Найбільш поширеними захворюваннями виявилися уреаплазмоз, гарднерельоз, генітальний герпес. Всі обстежувані, незалежно від тестованої інфекції, ставилися до вікової категорії - 17-35 років. Частота зустрічальності різних інфекцій залежить від статі та групи крові обстежуваних.

Ключові слова: полімеразна ланцюгова реакція, захворювання, придбані статевим шляхом.

Verko N.P. Application of polymerase chain reaction to assess the prevalence of diseases, acquired infections in the Nikolayev region / N.P. Verko, A.V. Litvinenko, I.N. Verba, E.Y. Shishko // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 56-61.

Using polymerase chain reaction, analyzed the frequency of occurrence of infections, sexually transmitted infections in the Mykolaiv region. The most common diseases were ureplazmoz, gardnerellez, genital herpes. All of the subjects, regardless of the tested infections were in the age category - 17-35 years. The frequency of various infections depends on the sex and blood group surveyed.

Keywords: polymerase chain reaction, disease acquired through sexual contact.

Поступила в редакцію 02.10.2010 г.

УДК 574.3.591.3

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ
НА ВЕЛИЧИНУ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТОВОЙ
ПЛАСТИНКИ *ARMENIACA VULGARIS L.***

Ибрагимова Э.Э.

*РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», Симферополь, Украина
E-mail: evelina_biol@mail.ru*

Проведена оценка изменений стабильности развития *Armeniacca vulgaris L.* в биотопах с различным уровнем техногенной нагрузки. Установлено, что ухудшение экологического состояния урбосреды обуславливает снижение стабильности развития *Armeniacca vulgaris L.*, оцениваемое по величине флуктуирующей асимметрии листовой пластинки.

Ключевые слова: *Armeniacca vulgaris L.*, техногенное загрязнение, стабильность развития, флуктуирующая асимметрия.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных проблем современности является воздействие техногенной деятельности на объекты окружающей среды, приобретающее в последние десятилетия глобальные масштабы. Данный факт явился решающим для увеличения экологических исследований с целью определения степени влияния техногенной нагрузки на биотический компонент экосистем. Следует отметить, что растительные организмы являются очень удобным объектом для мониторинговых экологических исследований, так как составляют 99% биомассы экосистем. Важными индикаторными признаками, характеризующими изменения в результате техногенного пресса, являются скорость фотосинтеза, состав органических соединений, процессы семяношения и плодоношения, качество и количество продуцируемой пыльцы, уровень мутирования клеток различных тканей и т.д. Изучение данных показателей легло в основу биоиндикационных исследований, которые можно проводить на любом уровне организации живой материи (от молекулярного до биоценотического). Повышение уровня организации живой природы приводит к неоднозначности взаимосвязи биологического отклика с антропогенными факторами исследуемой среды, так как на них накладываются и природные факторы, в связи с чем в качестве биотестов выбирают наиболее чувствительные к исследуемым загрязнителям организмы [1].

На фиксации морфологических отклонений растений от нормы под действием загрязнителей основана биоиндикация на тканевом уровне. К морфологическим отклонениям высших растений относят изменение окраски листьев, хлороз, пожелтение, некроз, увядание листвы и ее опадание [1]. В силу чего листья

древесных растений, как листопадных, так и вечнозеленых, представляют собой важный объект для осуществления экофизиологических исследований [2]. Таким образом, изменения, происходящие в ассимиляционном аппарате высших растений, могут служить надежным информативным источником отрицательного влияния антропогенных факторов.

В последнее время предлагается довольно широкий спектр различных методов для биоиндикации антропогенной нагрузки, основное требование, предъявляемое к подобному рода методам – простота и быстрота выполнения при высокой степени чувствительности и достоверности. Одним из таких методов является определение интегрального показателя флуктуирующей асимметрии ассимиляционного аппарата многолетних древесных растений в качестве критерия стабильности их развития. Выбор многолетних древесных растений в качестве объекта исследования связан с рядом причин. Во-первых, у древесных форм растений ежегодно формируются листья, во-вторых, многие виды имеют повсеместное распространение и четко выраженные признаки, что позволяет проводить постоянный мониторинг. Принцип исследования стабильности развития по показателю флуктуирующей асимметрии основан на нарушении симметрии листовой пластины у древесных форм растений под воздействием антропогенных факторов.

Под флуктуирующей асимметрией (ФА) понимают незначительные и случайные отклонения от строгой билатеральной симметрии биообъектов [3]. По мнению А.Т. Чубинишвили [4], отсутствие абсолютно симметричных организмов является следствием несовершенства механизмов, контролирующих онтогенез, проявляющимся в их неспособности противостоять негативному воздействию факторов внешней среды. В связи с этим, ФА организмов по билатеральным признакам представляет собой макроскопическое событие, заключающееся в независимом проявлении либо на левой, либо на правой, или на обеих сторонах тела, но в разной степени выраженных признаков, что позволяет на макроскопическом уровне флуктуирующую асимметрию использовать в качестве меры в оценке стабильности развития организма [5]. Уровень морфогенетических отклонений (т.е. ФА) от нормы оказывается минимальным лишь при определенных (оптимальных) условиях среды и неспецифически возрастает при любых стрессовых воздействиях. В связи с этим оценка ФА дает возможность диагностировать отклонения от условной нормы на более ранних стадиях патологического состояния дерева, когда по этим критериям оно является еще «здоровым» [6]. Таким образом, стабильность развития, оцениваемая по уровню ФА – чувствительный индикатор состояния природных популяций [7, 8].

В связи с этим предметом данного исследования явилось определение влияния техногенного химического загрязнения на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластинки популяций *Armeniaca vulgaris L.*

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служили деревья абрикоса обыкновенного (*Armeniaca vulgaris* L.), произрастающие в пригородной зоне г. Симферополя на значительном удалении от техногенных источников загрязнения, что позволило нам определить данный биотоп как условный контроль. В качестве опытного варианта была использована придорожная популяция *Armeniaca vulgaris* L., произрастающая на ул. Севастопольской, характеризующейся высокой автотранспортной нагрузкой [9]. Материал собирали во второй половине июля после остановки роста листьев. В каждом биотопе собирали по 10 листьев с укороченных побегов нижней части кроны 10 деревьев генеративного возраста. Для оценки величины флуктуирующей асимметрии листовой пластинки абрикоса обыкновенного использовали стандартный набор из 5 морфологических признаков [7] характеризующих стабильность формообразования листовой пластинки *Armeniaca vulgaris* L. в онтогенезе:

- 1 – ширина левой и правой половинок листа (от границы центральной жилки до края листа);
- 2 – длина жилки второго порядка, второй от основания листа;
- 3 – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка;
- 4 – расстояние между концами этих же жилок;
- 5 – угол между главной жилкой и второй от основания листа жилкой второго порядка.

Расчет интегрального показателя флуктуирующей асимметрии комплекса морфологических признаков листовой пластинки производили с использованием алгоритма нормированной разности [10]:

$$\bar{A}_1 = \frac{1}{m \cdot n} \cdot \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{(L_{ij} - R_{ij})}{(L_{ij} + R_{ij})},$$

где L_{ij} и R_{ij} – значение j -го признака у i -го листа соответственно слева и справа от плоскости симметрии и свертки функций, которая в виде конечных сумм может быть представлена следующей формулой [11]:

$$\bar{A}_2 = 1 - \frac{1}{m} \cdot \frac{\sum_{i=1}^m \frac{2 \sum_{j=1}^{n_1} L_{ij} \cdot R_{ij}}{\sum_{j=1}^{n_1} (L_{ij}^2 + R_{ij}^2)}}{m}$$

Общая фенотипическая изменчивость оценивалась по дисперсии суммы значений признака с левой и правой стороны листа.

Статистическую обработку экспериментальных данных проводили по Г.Ф. Лакину [12] с помощью пакета прикладных программ Microsoft Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование флуктуирующей асимметрии и общей фенотипической изменчивости листовых пластин абрикоса, произрастающих в биотопах с различной

степенью техногенного загрязнения, показало, что исследованные популяции существенно отличаются по показателю величины ФА. В контрольной зоне величина интегрального показателя составила 0,164; для деревьев, произрастающих вдоль трассы на ул. Севастопольской – 0,585, что свидетельствует о нарушении стабильности их развития (рис. 1). Полученный показатель характеризуется высоким уровнем значимости различий с контрольной выборкой по критерию Стьюдента – $p < 0,001$.

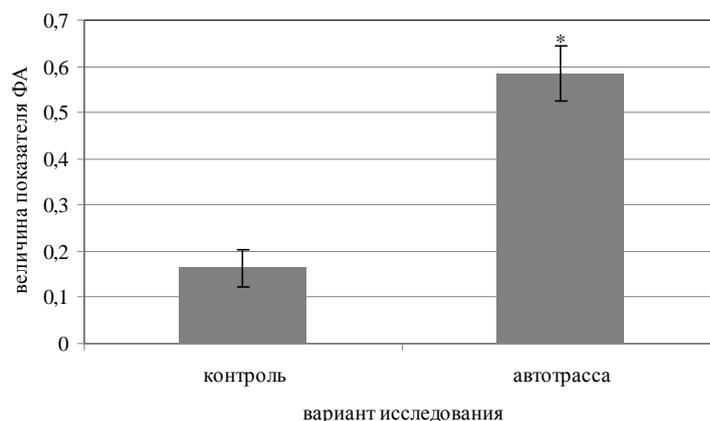


Рис. 1. Сравнительные показатели величины флуктуирующей асимметрии (ФА) ассимиляционного аппарата у популяций *Armeniaca vulgaris* L., произрастающих в биотопах с различным уровнем техногенной нагрузки (отличия от контроля достоверны при * – $p < 0,001$).

Анализ показателей стабильности развития *A. vulgaris* L. по ул. Севастопольской показал, что показатель качества среды существенно отклоняется от контрольного биотопа и может быть определен как неблагоприятная экологическая ситуация. Нарушения стабильности развития наиболее ярко были выражены вблизи источника загрязнения, в зоне выбросов автотранспортных средств. Аэрополлютанты оказывали выраженное отрицательное воздействие, проявляющееся в повышении уровня асимметрии ассимиляционного аппарата исследованной культуры.

В нашем исследовании установлена выраженная «экспрессивность» асимметричности признаков, связанная с высоким показателем «пенетрантности». В частности, в опытной зоне выявлена очень высокая доля асимметричных листовых пластин – показатель «пенетрантности» составил 88%. Следовательно, в качестве меры онтогенетического гомеостаза будет выступать доля симметричных листьев, а маркером произошедшего внешнего воздействия (аэротехногенного загрязнения) – степень отклонения от теоретически ожидаемого соотношения различных форм в исследуемой выборке.

В нашем исследовании установлены существенные отличия между исследованными популяциями по значениям дисперсии общей фенотипической

изменчивости по изученным показателям. Сравнение листовых пластин деревьев контрольного и опытного биотопа показало большие различия по морфологической изменчивости. Они выражаются в значительно больших значениях дисперсии как флуктуирующей асимметрии, так и общей фенотипической изменчивости у деревьев, произрастающих в техногенной зоне, что является результатом снижения уровня их стабильности развития (табл. 1).

Таблица 1

Сравнительные показатели ФА *Armeniaca vulgaris* L., произрастающих в биотопах с различным уровнем техногенного загрязнения

№	Вариант исследования	ФА	Стандартное отклонение	Дисперсия	Ошибка	t
1.	Контроль	0,164	0,257	0,197	0,036	–
2.	Автотрасса	0,585	0,434	1,003	0,061	5,85

Высокий уровень флуктуирующей асимметрии у деревьев, произрастающих вдоль автотрассы по сравнению с контрольными, может свидетельствовать о пониженном уровне стабильности их развития в худшую сторону.

Результаты проведенного исследования свидетельствуют, что информация, получаемая в отношении ограниченного набора морфологических признаков, дает возможность охарактеризовать уровень стабильности организма в целом, а также оценить суммарное воздействие комплекса техногенных поллютантов, что в конечном итоге позволяет дать экологическую оценку качества окружающей природной среды. Методика определения показателя флуктуирующей асимметрии дает интегральную оценку, позволяющую охарактеризовать состояние живых организмов при всем комплексе воздействий абиотического и биотического характера. Данный аспект позволяет выявлять отклонения от нормы не зависимо от конкретных причин его вызывающих, что представляется абсолютно невозможным при использовании специфических тестов, определяющих последствия конкретных воздействий. Все это позволяет использовать данный подход для определения степени техногенного загрязнения на биотический компонент экосистем.

ВЫВОДЫ

1. Выявлена значимая зависимость величины флуктуирующей асимметрии от уровня антропогенной нагрузки.
2. Высокий уровень флуктуирующей асимметрии у деревьев, произрастающих вдоль автотрассы по сравнению с контрольными, свидетельствует о пониженном уровне стабильности их развития и ухудшении качества среды.
3. Информация, полученная в отношении ограниченного набора морфологических признаков, дает возможность охарактеризовать уровень стабильности организма в целом, а также оценить суммарное воздействие комплекса техногенных поллютантов, позволяющее дать экологическую оценку качества окружающей природной среды.

Список литературы

1. Евгеньев М.И. Тест-методы и экология / М.И. Евгеньев // Соросовский образовательный журнал. – 1999. – № 11. – С. 29–34.
2. К методологии экофизиологических исследований листьев древесных растений / Л.М. Кавеленова, Е.В. Малыхина, С.А. Розно [и др.] // Поволжский экологический журнал. – 2008. – № 3. – С. 200–210.
3. Захаров В.М. Асимметрия животных / Захаров В.М. – М.: Наука, 1987. – 216 с.
4. Чубинишвили А.Т. Морфогенетическая и цитогенетическая характеристика природных популяций зеленых лягушек гибридогенного комплекса *Rana esculenta* в естественных условиях и подверженных антропогенному воздействию: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. / А.Т. Чубинишвили. – М., 1997. – 20 с.
5. Захаров В.М. Онтогенез и популяция (стабильность развития и популяционная изменчивость) / В.М. Захаров // Экология. – 2001. – № 3. – С. 177–191.
6. Влияние лесопатологического состояния березы повислой на величину флуктуирующей асимметрии листовой пластинки / Д.Б. Гелашвили, И.В. Лобанова, Е.А. Ерофеева [и др.] // Поволжский экологический журнал. – 2007. – № 2. – С. 106–115.
7. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур) / МПР РФ; Введ. 16.10.03. – №460-Р. – М., 2003. – 24 с.
8. Солдатова В.Ю. Флуктуирующая асимметрия березы плосколистной (*Betula platyphylla* Sukacz.) как критерий качества городской среды и территорий, подверженных антропогенному воздействию (на примере Якутии): Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / В.Ю. Солдатова – Якутия, 2006. – 18 с.
9. Асанова У.Б. Учет автотранспортной нагрузки в урбоэкосистемах / У.Б. Асанова, Л.А. Усеинова // Ключ к будущей профессии. Выпуск 4. – Симферополь: НИЦ КИПУ, 2009. – С. 137–139.
10. Здоровье среды: практика оценки. Центр экологической политики России / [Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Дмитриев С.Г. и др.] – М., 2000. – 318 с.
11. Гелашвили Д.Б. Структурные и биоиндикационные аспекты флуктуирующей асимметрии билатерально-симметричных организмов / Д.Б. Гелашвили, Е.В. Чупрунов, Д.И. Иудин // Журнал общей биологии. – 2004. – Т. 65, № 5. – С. 433–441.
12. Лакин Г.Ф. Биометрия / Лакин Г.Ф. – М.: Высш. шк., 1973. – 343 с.

Ібрагімова Е.Е. Вплив техногенного хімічного забруднення на величину флуктуючої асиметрії листової пластинки *Armeniaca vulgaris* L. / Е.Е. Ібрагімова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 62-67.

Проведено оцінку змін стабільності розвитку *Armeniaca vulgaris* L. у біотопах з різним рівнем техногенного навантаження. Встановлено, що погіршення екологічного стану урбосередовища обумовлює зниження стабільності розвитку *Armeniaca vulgaris* L., оцінюване по величині флуктуючої асиметрії листової пластинки.

Ключові слова: *Armeniaca vulgaris* L., техногенне забруднення, стабільність розвитку, флуктуюча асиметрія.

Ibragimova E.E. Influence of technogenic chemical pollution on size of fluctuating asymmetry of the leaf laminae on *Armeniaca vulgaris* L. / E.E. Ibragimova // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 62-67.

The article deals with the estimate of stability changes in the development of *Armeniaca vulgaris* L. in biotopes with different level of technogenic work. It was determined that the deterioration of the urbanized environment ecological condition causes the decrease of stability in development of *Armeniaca vulgaris* L., which is evaluated by the size of fluctuating asymmetry of the leaf laminae.

Keywords: *Armeniaca vulgaris* L., technogenic pollution, development stability, fluctuating asymmetry.

Поступила в редакцию 28.09.2010 г.

УДК 595.799:591.563

**МАТЕРИАЛЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ГНЕЗДОВАНИЯ
ПЧЕЛ-ЛИСТОРЕЗОВ (HYMENOPTERA, MEGACHILIDAE, MEGACHILE
LATR.). СООБЩЕНИЕ I. РАЗНООБРАЗИЕ ГНЕЗДОВЫХ ПОСТРОЕК**

Иванов С.П.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: spi2006@list.ru*

Проведен анализ разнообразия способов гнездования диких одиночных пчел рода *Megachile*. Все пчелы этого рода (гнездование которых известно) строят полнокомпонентные ячейки. Ячейки гнезд чаще всего размещаются в готовых полостях самого разнообразного происхождения, реже в полостях выгрызенных самкой в земле или другом субстрате. Только пчелы подрода *Chalicodoma* строят свободные ячейки на поверхности субстрата. Представители 16 подродов этого рода используют для строительства ячеек вырезки из листьев и реже – из лепестков цветков. Из них только вырезки используют самки 7 подродов. Остальные дополнительно используют замазку из влажной земли (6) или из пережеванных листьев (4), смолу (1), песок (1) или опилки (1). Представители трех подродов используют землю, некоторые с добавлением камешков, смолы или растительной замазки. Отмечается слабая изученность гнездования пчел рода *Megachile* – способы гнездования известны для представителей менее половины подродов. Определены основные направления дальнейшего изучения гнездования пчел-листорезов, дан перечень параметров гнезд, представляющих наибольший интерес для исследований.

Ключевые слова: дикие пчелы, *Megachile*, способы гнездования, строение ячейки, строительный материал.

ВВЕДЕНИЕ

Пчелы-мегахилиды – одно из наиболее высокоорганизованных и многовидовых семейств пчел. Общее число описанных видов мегахилид приближается к 3 тысячам [1], в Крыму обитает не менее 115 видов [2], а на территории Украины – более 150 [3]. От пчел других семейств пчелы-мегахилиды хорошо отличаются морфологически – собирательный аппарат этих пчел имеет вид щетки, которая хорошо заметна на нижней стороне брюшка (рис. 15). Пчелы этого семейства характеризуются исключительным разнообразием гнездостроительных инстинктов (рис. 1–14). Разнообразие гнездовых построек пчел-мегахилид связано с тем, что большинство из них для устройства гнезд выбирают готовые полости самого разного происхождения, но могут устраивать гнезда и в земле, как это делает большинство диких пчел других семейств. Исключительное разнообразие гнездовых построек пчел-мегахилид определяется также строением ячеек. Эти пчелы освоили приемы строительства ячеек большинства типов, известных для диких одиночных пчел [13, 14], используя для их возведения самые разные строительные материалы: сухую или влажную землю, камешки, песок, смолу, замазку из пережеванных листьев, опилки, растительную вату, вырезки из листьев или лепестков, в некоторых случаях используя их

комбинации. Многие пчелы-мегахилиды, заселяющие готовые полости, охотно

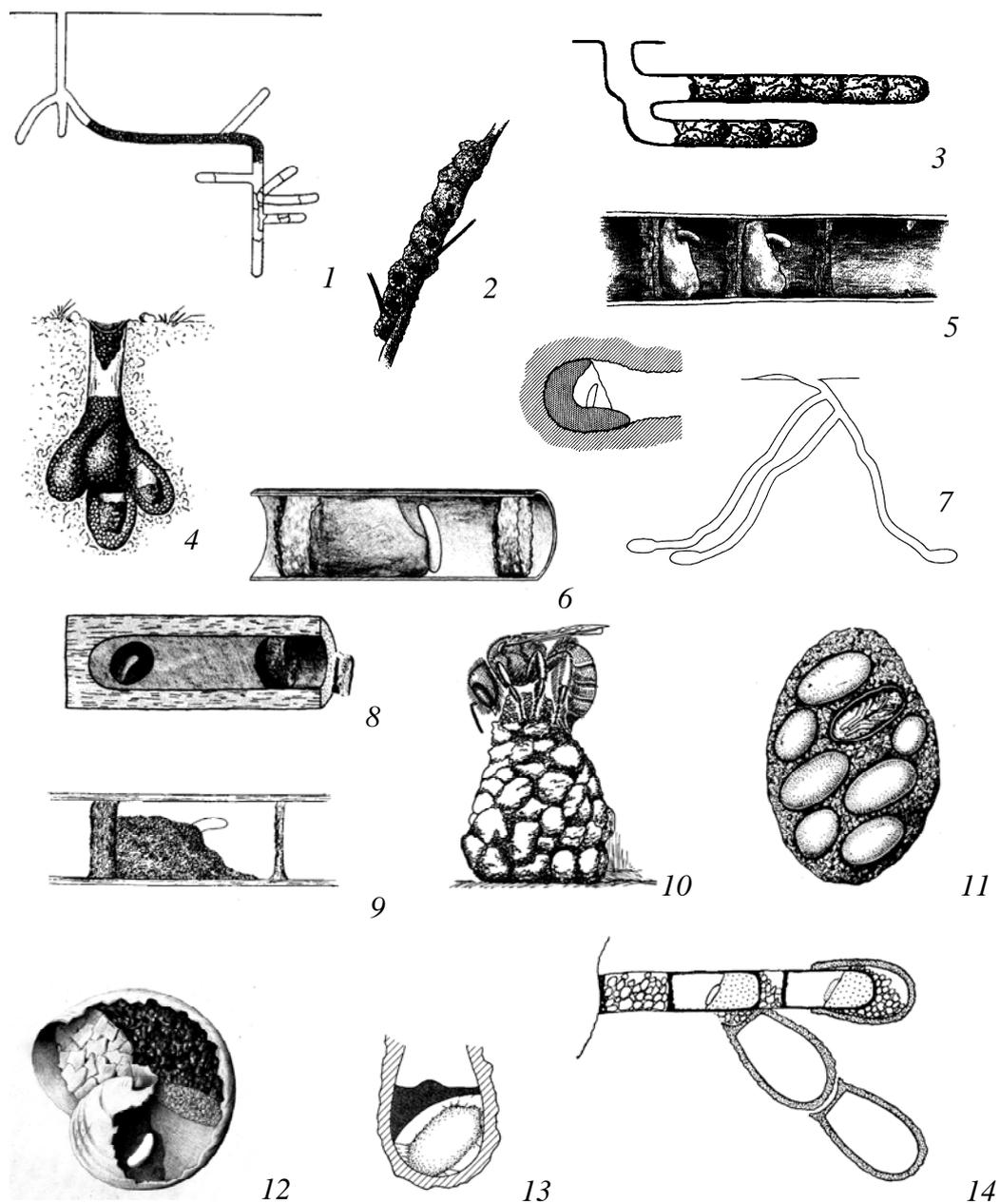


Рис. 1–14. Разнообразие гнезд пчел семейства Megachilidae.

поселяются в ульях Фабра (рис. 22) и гнездах-ловушках [15].

Это облегчает получение гнезд для изучения их строения. Обладая широкими трофическими связями, пчелы-мегахилиды выполняют в природе важную экологическую функцию – они являются опылителями большого числа дикорастущих растений. Среди мегахилид есть особо охраняемые виды. В Красную книгу Украины внесены 5 видов пчел-мегахилид [16, 17]. С практической точки зрения пчелы-мегахилиды представляют интерес как эффективные опылители многих мелиттофильных культурных растений. Более 20 видов этих пчел успешно разводятся для опыления сельскохозяйственных растений в теплицах и в открытом грунте.

Род *Megachile* один из самых многовидовых родов семейства Megachilidae, в его составе – более 1110 видов пчел из 55 подродов [1]. Способы гнездования пчел *Megachile* известны для представителей 19 подродов. Относительно слабая изученность гнездования *Megachile* связана с тем, что, несмотря на широкое расселение этих пчел по континентам, наибольшее количество их видов обитает в Эфиопской и Неотропических областях и меньшее – в более изученных областях – Палеарктике и Неарктике [1, 18].

Цель настоящих исследований – провести анализ разнообразия способов гнездования пчел рода *Megachile*, оценить уровень изученности гнезд данной группы пчел и перспективы их дальнейшего изучения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ данных по гнездованию пчел рода *Megachile* проведен по результатам изучения литературных источников и обобщения результатов собственных исследований. В последнем случае материалом послужили гнезда пчел, обнаруженные в местах их естественного гнездования в Крыму. Большинство гнезд было получено в результате заселения пчелами гнезд-ловушек [15] или ульев Фабра (рис. 22), которые специально устанавливались в течение ряда лет (начиная с 1975 года) в различных районах Крыма. Часть гнезд были получены в результате установки гнезд-ловушек в других областях Украины коллегами энтомологами и были любезно предоставлены нам для изучения. Имена этих коллег и наши благодарности им приведены в заключительной части этой статьи. В данной работе использованы результаты непосредственного изучения гнезд 12 видов пчел из рода *Megachile* Latreille, 1802. В том числе из подрода *Chalicodoma* Lepeletier, 1841 – *M. (Ch.) lefebvrei* Lepeletier, 1841, *M. (Ch.) parietina* (Geoffroy, 1785); из подрода *Creightonella* Cockerell, 1908 – *M. (C.) albisepta* (Klug, 1817); из подрода *Eutricharaea* Thomson, 1872 – *M. (E.) apicalis* Spinola, 1808, *M. (E.) deceptoria* Pérez, 1890, *M. (E.) rotundata* (Fabricius, 1787); из подрода *Megachile* s. str. – *M. (M.) centuncularis* (Linnaeus, 1758), *M. (M.) genalis* Morawitz, 1880, *M. (M.) octosignata* Nylander, 1852, *M. (M.) versicolor* Smith, 1844; из подрода *Pseudomegachile* Friese, 1898 –

Подписи к Рис. 1–14: 1 – *Megachile leucomalla* [4]; 2 – *Dianthidium concinnum* [5]; 3 – *Megachile inermis* [5]; 4 – *Hoplitis bisulca* [7]; 5 – *Osmia lignaria* [5]; 6 – *Megachile pugnata* [5]; 7 – *Neofidelia profuga* [6]; 8 – *Lithurgus cornutus* [5]; 9 – *Osmia rufa* [8]; 10 – *Hoplitis anthocopoides* [9]; 11 – *Megachile parietina* [7]; 12 – *Rhodanthidium septemdentatum* [10]; 13 – *Osmia cerinthidis* в ячейке *Anthophora fulvitaris* [11]; 14 – *Dianthidium curvatum* в ячейках *Melitoma taurea* [12].

M. (P.) ericetorum Lepeletier, 1841; из подрода *Xanthosarus* Robertson, 1903: *M. (X.) circumcincta* (Kirby, 1802), *M. (X.) lagopoda* (Linnaeus, 1761), *M. (X.) maritima* (Kirby, 1802), *M. (X.) willughbiella* (Kirby, 1802). Гнезда некоторых видов были обнаружены и исследованы в единственном числе (*M. genalis*, *M. circumcincta*, *M. lagopoda*, *M. willughbiella*), гнезда других видов были обнаружены в большем числе, а некоторых, наиболее часто заселяющих искусственные гнездовые конструкции, – в числе нескольких десятков. Применявшаяся нами методика изучения общего строения гнезд пчел-листорезов проста и известна со времен первых исследователей гнездования пчел – Ж. А. Фабра, Г. Фризе и С. И. Малышева [19–22]. Оригинальные методики изучения деталей строения гнезд пчел-листорезов будут изложены в последующих сообщениях.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Все представители рода *Megachile* (гнездование которых известно) строят полнокомпонентные ячейки. Ячейки гнезд строятся самкой-хозяйкой из привнесенного из природы материала и имеют полный набор компонентов: дно, стенки, горловину и пробку. Каждое гнездо состоит из нескольких ячеек. В цилиндрических полостях ячейки располагаются линейно (рис. 21). В широких полостях ячейки могут располагаться в несколько рядов (рис. 24) или мозаично. Кроме ячеек гнездо может иметь дополнительные элементы – завал из строительного материала, перекрывающий гнездовой канал в глубине гнезда (рис. 23). Он возводится до строительства первой ячейки и служит основанием для ее дна. Ряд ячеек может заканчиваться пустым пространством – преддверием или вестибюлем гнезда. В вестибюле могут находиться частички строительного материала (например, свободно лежащие вырезки листьев), которые, постепенно уплотняясь, образуют пробку гнезда. Пробка гнезда может начинаться сразу за пробкой последней ячейки, являясь ее продолжением.

Типичное гнездо пчелы из подрода *Megachile* состоит из ячеек, все компоненты которых состоят из вырезок листьев [7, 23–28]. Из вырезок листьев состоят и все другие конструктивные элементы гнезда. Большинство авторов обращают внимание на присутствие в гнездах двух типов вырезок – овальных и круглых. Это хорошо видно даже на тех порезах, которые остаются на листьях растений (рис. 17 и 18). Овальные вырезки идут на строительство дна и стенок ячеек, а круглые – на пробки ячеек и гнезда. При более внимательном изучении вырезок нами установлено наличие в гнездах пчел-листорезов 7 типов вырезок [29], отличающихся размерами, формой, размещением в гнезде и функциональной нагрузкой. В гнездах некоторых видов (*M. centuncularis*, *M. versicolor*, *M. genalis*) в составе пробки гнезда может присутствовать плотная перегородка из пережеванных вырезок листьев, она может располагаться и между последними ячейками, ею часто заканчивается пробка

Подписи к рис. 15–24: 15 – *Megachile centuncularis*; 16 – *Megachile maritima*; 17, 18 – листья растений с вырезками пчел-листорезов; 19 – гнездо *Megachile lefebvrei*, устроенного в ячейках брошенного гнезда *Megachile parietina*; 20 – *Megachile versicolor* с вырезкой листа у входа в гнездовой канал; 21, 24 – гнезда *Megachile apicalis* в полостях разного диаметра; 22 – ульи Фабра; 23 – гнездо *Megachile maritima*, извлеченное из гнездового канала.

гнезда. Среди вырезов, образующих стенки ячеек гнезд у *M. centuncularis* иногда встречаются вырезки из лепестков цветков. В выборе места для закладки гнезд пчелы этого подрода проявляют разнообразие, при этом каждый из видов, видимо, все же склонен к определенному субстрату. Так все гнезда *M. octosignata* располагались в земляных норках, одно гнездо – в полости под камнем (при этом ячейки располагались в два ряда). Самые разные надземные полости использует *M. centuncularis*. Готовые надземные полости использует и *M. versicolor*, однако, в условиях дефицита полостей самки способны самостоятельно выгрызть полости в выветрившейся древесине или в стеблях травянистых растений с мягкой сердцевинкой, например, в Крыму – в прошлогодних стеблях *Asphodeline*. Явную приуроченность к цветочным стрелкам лука проявляет *M. genalis* [20; 30], хотя нами было обнаружено гнездо этого вида и в стебле болиголова. В широкой полости стрелки лука самка укладывает вырезки особым образом – с отгибом края в сторону стенки. Это позволяет закрепить «сигару» из ячеек внутри стебля, не слишком увеличивая количество вырезов, приходящихся на одну ячейку.

Все семь типов вырезов или их большинство обнаружены нами, по крайней мере, в гнездах двух видов пчел подрода *Xanthosarus* – *M. maritima* (рис. 23) и *M. willughbiella*. Для каждого из исследованных нами видов выявлены специфические особенности формы листовых вырезов и способа их укладки. Стремление к устройству гнезд в земле, возможно, является характерной особенностью пчел этого подрода, при этом часть видов самостоятельно выкапывают норки в земле [7, 8, 20, 23, 25, 27, 31]. Типичным в этом отношении видом являются *M. circumcincta* и *M. lagopoda*. Весьма специфичные черты гнездования проявляет *M. giraudi* Gerstaecker, 1869, заселяющий чаще всего отверстия между камнями [33], и *M. willughbiella*, выгрызающий полости в выветрившейся древесине [34].

«Строят гнезда в различных полостях, ячейки из вырезов листьев» – в такую краткую характеристику обычно укладываются сведения о способах гнездования и строении гнезд огромного по количеству видов (236) подрода *Eutricharaea* [4, 5, 7, 19, 23-27, 35, 36]. Видовое своеобразие гнездового поведения у изученных нами видов этого рода проявляется, во-первых, в выборе мест для гнездования. От широкой пластичности, как например у *M. apicalis* (рис. 21, 24), до узкой специфичности, как, например, заселение ходов брошенных гнезд пчел рода *Nomiapis* самками *M. deceptoria*. И, во-вторых, в видовой принадлежности, форме и характере укладки листовых вырезов.

Представители подродов *Pseudomegachile* и *Chalicodoma* резко отличаются по характеру гнездования от других представителей рода *Megachile*. Пчелы из подрода *Pseudomegachile* устраивают гнезда в полостях разной формы. Ячейки могут располагаться в несколько рядов, стенки и дно ячеек вылепливаются из влажной земли, а изнутри покрываются смолой [27, 28, 37-39].

Свободные ячейки на поверхности камней строят представители подрода *Chalicodoma* [7, 19, 23, 25, 27, 38, 40]. Ячейки строятся из земляной замазки, которая получается при смешивании сухой земли со слюной самки. *M. lefebvrei* в Крыму для устройства гнезд выбирает камни с выемкой, иногда соизмеримой по объему с одной ячейкой [41]. И одноячейковые и многоячейковые гнезда *M. lefebvrei* снаружи инкрустируются камешками, которые самка прикрепляет на растительную

замазку. Нами отмечено несколько случаев заселения самками *M. lefebvrei* освободившихся ячеек прошлогодних гнезд *M. parietina* (рис. 19).

В литературных источниках гнездование пчел подрода *Creightonella* в большинстве случаев описывается просто – гнезда в земляных норках, ячейки из вырезок листьев и земляной замазки [23, 38, 42, 43]. Детальные изучения строения ячеек гнезд *M. albisecta*, проведенные в Крыму, показали, что по своей сложности и искусности изготовления они не уступают наиболее сложным ячейкам некоторых видов рода *Hoplitis* [44]. Ячейка встраивается в полость гнездового хода, стенки ячеек в основной части вылепливаются из грубых комочков земли, их внутренняя поверхность полируется и покрывается тонким слоем растительной замазки, которая ближе к горловине переходит в слои вырезок из листьев, образующих горловину ячейки. Пробка ячейки также многослойна и изготавливается из разных материалов.

Самый простой способ добывания строительного материала обнаружен у пчел подрода *Argyropile* [45]. При заготовке строительного материала самки не вырезают кусочки листьев, а откусывают целиком части сложных листьев.

Гнезда в полостях стеблей растений, в древесине или в земле строят из вырезок листьев, влажной земли или смолы самки подрода *Callomegachile* [46, 47]. К ним относится и самая крупная из всех известных пчел – *M. (C.) pluto* В. Smith ex Wallace, 1869, чудом сохранившаяся на отдельных островах Индонезии.¹ Самки *M. pluto* поселяются в термитниках и строят свои гнезда из земли и смолы [48].

Гнезда пчел подрода *Chelostomoda*, на наш взгляд, носят черты примитивности с позиций гипотезы происхождения и развития гнездостроительных инстинктов пчел-мегахилид [49]. Гнезда располагаются в полостях древесины, перегородки между ячейками строятся из вырезок листьев неправильной формы с примесью растительной замазки, пробка гнезда – из земляной замазки [50]. Вероятнее всего, такая примитивность – явление вторичное, как и гнездовые повадки обнаруженные у *Chelostomoides*. Ячейки их гнезд строятся из смолы, а вырезки из листьев используются только при строительстве пробок гнезда [26, 38, 51].

Гнезда, составленные только из вырезок листьев, строят представители подродов *Melanosarus* [26] и *Megachiloides* [52], из вырезок листьев и лепестков – *Litomegachile* [26, 52, 53], только из вырезок лепестков – *Stelodides* [54]. Гнезда из вырезок листьев, но с использованием также и других строительных материалов, например, растительной замазки и песка строят представители – *Sayapis* [5, 26,55], растительной замазки – *Pseudocentron* [56] и *Chrysosarus* [57], опилок – *Eumegachile* [8, 58, 59]. В двух последних случаях дополнительный материал используется только для изготовления пробок гнезд.

Из растительной замазки и земли (здесь земля также используется только для изготовления пробок гнезд) строят гнезда *M. assumptionis* из подрода *Schrottkyapis* [60]. Эти пчелы строят одначейковые гнезда в брошенных гнездах пчел *Ptilothrix*, проявляя редкое для пчел свойство – квартиранство, отмеченное нами только для очень пластичного вида *M. apicalis*, заселяющего иногда брошенные гнезда ос *Sceliphron*, и наоборот – узко специализированного *M. deceptoris* – заселяющего, как отмечалось выше, гнездовые каналы *Nomiapis*.

¹ Этот вид считался вымершим до своего переоткрытия в 1981 году.

Из данного обзора гнездования пчел-листорезов следует, что изученные виды представляют менее половины общего числа подродов этого рода. Кроме того, для большинства из них сведения о гнездовании носят поверхностный характер. Более внимательное и детальное изучение гнезд пчел-листорезов позволяет выявить ряд важных отличий в строении гнезд даже у представителей одного подрода. Наиболее информативны в этом отношении следующие параметры гнезд: 1) размеры и размерные соотношения вырезок, их форма, положение в ячейке и других структурах гнезда; 2) последовательность, способ и место укладки разных строительных материалов; 3) форма и размеры внутренней полости ячейки, форма хлебца и положение яйца; 4) количество ячеек, их положение относительно друг друга, соотношение полов в потомстве. Особую ценность представляют также сведения о средних значениях массы отдельных структурных элементов гнезда.

ВЫВОД

Все пчелы рода *Megachile* по крайней мере видов, гнездование которых известно, строят полнокомпонентные ячейки. Ячейки гнезд чаще всего размещаются в готовых полостях самого разнообразного происхождения, реже в полостях выгрызенных самкой в земле или другом субстрате. Только пчелы подрода *Chalicodoma* строят свободные ячейки на поверхности субстрата. Представители 16 подродов этого рода используют для строительства ячеек вырезки из листьев и реже – из лепестков цветков. Из них только вырезки используют самки 7 подродов. Остальные дополнительно используют замазку из влажной земли (6) или из пережеванных листьев (4), смолу (1), песок (1) или опилки (1). Представители трех подродов используют землю, некоторые с добавлением камешков, смолы или растительной замазки. Способы гнездования пчел рода *Megachile* известны для представителей менее половины подродов. Основные направления дальнейшего изучения гнездования пчел-листорезов: выявление способов гнездования видов из подродов, гнездование которых неизвестно; детальное изучение строения гнезд и тонкого строения ячеек; качественная и количественная оценка отдельных параметров гнезд и ячеек.

Благодарности. Автор выражает благодарность Михаилу Филатову, Любви Свольнской, Александру Амолину, Екатерине Брустило, Лине Кобзарь за любезно предоставленные для изучения гнезда пчел, а также Александру Фатерыге за электронную поддержку.

Список литературы

1. Michener C.D. The Bees of the World / Michener C.D. – Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2007. – 953 p.
2. Иванов С.П. Чеклист пчел-мегахалид (Hymenoptera: Apoidea: Megachilidae) фауны Крыма / С.П. Иванов, М.А. Филатов, А.В. Фатерыга // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана (Тематический сборник научных трудов). – Симферополь: ТНУ, 2007. – Вып. 17. – С. 3–12.
3. Ромасенко Л.П. Гнездостроящие мегахалиды (Hymenoptera, Apoidea, Megachilidae) Украины и их экологические особенности: Дис. ... канд. биол. наук / Ромасенко Л.П. – Киев, 1984. – 297 с.

4. Мариковская Т.П. Новые данные по биологии некоторых видов колониальных пчелиных (Hymenoptera, Megachilidae) Юго-Востока Казахстана / Т.П. Мариковская // Энтотомол. обозр. – 1968. – Т. 47, вып. 4. – С. 796–805.
5. Stephen W.P. The biology and external morphology of bees with a synopsis of the genera of synopsis of the genera of northwestern America / Stephen W.P., Bohart G.E., Torchio P.F. // Corvallis: Agric. Exper. Station Oregon State Univ., 1969. – 140 p.
6. Rozen J.G. Life history and immature stages of the bee Neofidelia (Hymenoptera, Fideiidae) / Rozen J.G. // Amer. Mus. Novit. – 1973. – No 2519. – 14 p.
7. Hardouin R. La vie des abeilles solitaires / Hardouin R. – Gallimard, 1948. – 271 p.
8. Malyshev S.I. The nesting habits of solitary bees. A comparative study / S.I. Malyshev // Eos. – (1935) 1936. – Т. 11, cuad. 3. – P. 201–309.
9. Eickwort G.C. Nest building behavior of mason bee *Hoplitis anthocopoides* (Hymenoptera: Megachilidae) / G.C. Eickwort // Z. Tierpsychol. – 1975. – Vol. 37. – P. 237–254.
10. Grandi G. Contributi alla conoscenza degli imenotteri aculeati. XXVI. / G. Grandi // Boll. 1st Entomol. Univ. Bologna. – 1954. – Vol. 20. – P. 81–255.
11. Rozen J.G. Egg deposition of the cleptoparasitic bee *Dioxys cincta* (Apoidea: Megachilidae: Megachilinae) / J.G. Rozen, H. Özbek // J. Kansas entomol. Soc. – 2005. – Vol. 78, No 3. – P. 221–226.
12. Michener C.D. Nests of *Paranthidium jugatorium* in association with *Melitoma taurea* (Hymenoptera: Megachilidae and Anthophoridae) / C.D. Michener // J. Kansas. entomol. Soc. – 1975. – Vol. 48, No 2. – P. 194–200.
13. Радченко В.Г. Биология пчел (Hymenoptera, Apoidea) / В.Г. Радченко, Ю.А. Песенко. – СПб: Зоологический ин-т РАН, 1994. – 350 с.
14. Иванов С.П. Классификация гнезд пчел-мегахилид (Hymenoptera: Apoidea: Megachilidae) / С.П. Иванов // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – Симферополь: ТНУ, 2006. – № 4. – С. 99–110.
15. Иванов С.П. Использование гнезд-ловушек и ульев Фабра для изучения фауны и биологии гнездования одиночных видов ос и пчел (Hymenoptera: Aculeata) в Карадагском природном заповеднике / С.П. Иванов, А.В. Фатерыга, В.Ю. Жидков // Карадаг-2009. Сборник научных трудов, посвященный 95-летию Карадагской научной станции и 30-летию Карадагского природного заповедника Национальной академии наук Украины / Ред. А.Л. Гаевская, А.Л. Морозова. – Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2009. – С. 215–222.
16. Червона книга України. Тваринний світ / [ред. І. А. Акімов]. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 624 с.
17. «Краснокнижные» виды пчел семейства мегахилиды (Hymenoptera, Megachilidae) на карте Крыма / В.Г. Радченко, С.П. Иванов, М.А. Филатов [и др.] // Экосистемы, их оптимизация и охрана. – 2009. – Вып. 1 (20). – С. 165–179.
18. Иванов С.П. Биология пчел-мегахилид (Hymenoptera, Apoidea, Megachilidae) и эволюция их гнездостроительных инстинктов: Дис. ... докт. биол. наук. / Иванов С.П. – Симферополь, 2007. – 555 с.
19. Фабр Ж.А. Инстинкт и нравы насекомых / Фабр Ж.А. [пер. с франц., под. ред. И.Я. Шевырева] – СПб.: Изд-во А.Ф. Маркса, 1898. – 590 с.
20. Friese H. Das Tierreich. Lieferung 28: Hymenoptera. Apidae I. Megachilinae / Friese H. – Berlin: Friedländer, 1911. – 440 p.
21. Малышев С.И. Наставления к собиранию и изучению гнезд пчел и некоторых других перепончатокрылых / Малышев С.И. – Л.: Изд-во АН СССР, 1931. – 81 с.
22. Малышев С.И. Дикie опылители на службе человека / Малышев С.И. – М.–Л.: Наука, 1963. – 68 с.
23. Friese H. Die europäischen Bienen (Apidae) / Friese H. – Berlin-Leipzig, 1923. – 456 p.
24. Malyshev S.I. The nesting habits of solitary bees. A comparative study / S.I. Malyshev // Eos. – (1935) 1936. – Т. 11, cuad. 3. – P. 201–309.
25. Grandi G. Studi di un entomologo sugli imenotteri superiori / Grandi G. // Boll. 1st Entomol. Univ. Bologna. – 1961. – Vol. 25. – 659 p.
26. Krombein K.V. Trap-nesting wasps and bees: life histories, nests, and associates / Krombein K.V. – Washington: Smits. Inst. Press, 1967. – 570 p.
27. Müller A. Bienen. Mitteleuropäische Gattungen, Lebensweise, Beobachtung / Müller A., Krebs A., Amiet F. – München: Naturbuch Verlag, 1997. – 384 p.

28. Banaszak J. Megachilid Bees of Europe / J. Banaszak, L. Romasenko. – Second ed. – Bydgoszcz: Pedagogical Univ. of Bydgoszcz, 2001. – 239 p.
29. Иванов С.П. Разнообразие форм и размеров вырезок листьев, используемых пчелами-листорезами (Hymenoptera, Megachilidae, Megachile) при строительстве гнезд, и их функциональное значение / С.П. Иванов, В.Ю. Жидков // Программа и тезисы докладов (II Симпозиум стран СНГ по перепончатокрылым насекомым, Россия, Санкт-Петербург, 18–19 сентября 2010 г.). – Санкт-Петербург, 2010. – С. 63.
30. Тарбинский С.П. О гнездовании пчел-листорезов в цветочных стрелках лука / С.П. Тарбинский // Сборн. энтомол. работ. – Фрунзе: Изд-во АН КиргССР. – 1962. – С. 137–145.
31. Мариковская Т.П. Данные к морфологии и экологии пчел-мегахилид подрода *Xanthosarus Robertson* (Hymenoptera, Megachilidae) / Т.П. Мариковская // Тр. Зоол. ин-та АН КазССР. – 1984. – Т. 128. – С. 64–73.
32. Романьков А.В. О гнездовании пчел рода *Megachile* на юге Приморского края России (Hymenoptera, Megachilidae) / А.В. Романьков, Е.Г. Романькова // Вестн. зоологии. – 1997. – Т. 31, № 5–6. – С. 71–77.
33. Радченко В.Г. *Megachile bicoloriventris Mocs.* (Hymenoptera, Apoidea) – новый для фауны СССР вид и особенности его гнездования / В.Г. Радченко // Фауна и биоэкологические связи насекомых Украины. – К.: Наук. думка, 1987. – С. 61–65.
34. Боднарчук Л.И. *Megachile willughbiella* – перспективный опылитель люцерны на юго-востоке Украины / Л.И. Боднарчук, В.Г. Радченко, А.А. Владимирский // Вестн. зоологии. – 1988. – № 2. – С. 38–40.
35. Stephen W.P. Artificial nesting sites for the propagation of the leaf-cutter bee, *Megachile (Eutricharaea) rotundata*, for alfalfa pollination / W.P. Stephen // J. econ. Entomol. – 1961. – Vol. 54, No 5. – P. 989–993.
36. Butler G.D. Biological notes on *Megachile concinna* Smith in Arizona / G.D. Butler, M.G. Wargo // Pan-Pacif. Entomol. – 1963. – Vol. 39, N 3. – P. 201–206.
37. Bonelli B. Osservazioni biologiche sugli imenotteri melliferi e predatori della Val di Fiemme. XXXV / B. Bonelli // Boll. 1st entomol. Univ. Studi Bologna. – 1970. – Vol. 29. – P. 197–206.
38. Iwata K. Evolution of instinct. Comparative ethology of Hymenoptera / Iwata K. – New Dehly: Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd., 1976. – 535 p.
39. Grozdanić S. Über den Nestbauinstinkt Bei *Megachile ericetorum* Lep. (Appidea, Hymenoptera) / S. Grozdanić, Z. Mučalica // Arh. Biol. nauka, Beograd. – 1968. – Bd. 20, No 1–2. – P. 7–8.
40. Bonelli B. Osservazioni biologiche sugli imenotteri melliferi e predatori della Val di Fiemme. XVIII Contributo. *Chelostoma maxillosum* Linnè (Hymenoptera, Megachilidae) / B. Bonelli // Studi Trent. Sci. Natur. Sez. B. – 1967. – Vol. 44, No 1. – P. 14–29.
41. Иванов С.П. Гнездование пчел-каменниц, обнаруженное в Крыму / С.П. Иванов // Актуальные вопросы экологии и охраны природных экосистем (Сб. матер. межресп. научн.-практич. конф.). – Краснодар, 1993. – Часть 1. – С. 91.
42. Michener C.D. Observations on the biology of a leaf-cutter bee “*Megachile frontalis*” in New Guinea / C.D. Michener, J.J.H. Szent-Ivany // Papua and New Guinea Agricult. J. – 1960. – Vol. 13. – P. 22–35.
43. Vasič Z. Aktivnost vrste *Megachile sericans* Fonsc. na ingradnjij gnezda / Z. Vasič // Bull. Mus. Hist. Nat. – 1968. – Vol. 23. – P. 201–209.
44. Иванов С.П. Строение ячеек гнезд диких пчел *Megachile albisecta*, *Hoplitis mocsaryi* и *Osmia tergestensis* (Hymenoptera: Apoidea: Megachilidae) / С.П. Иванов, М.А. Филатов // Известия Харьковского энтомологического общества. – 2007 (2008). – Т. XV, вып. 1–2. – С. 109–116.
45. Fischer R.L. Observations on the nesting habits of megachilid bees / R.L. Fischer // J. Kansas. entomol. Soc. – 1951. – Vol. 24, No 2. – P. 46–50.
46. Piel O. Nidification de *Megachile monticola* Smith, chez *Xylocopa rufipes* Sm. [♀], *pictifrons* Sm. [♂] / O. Piel // Notes Entomol. Chinoise., Mus. Heude. – 1930. – Vol. 5. – P. 1–8.
47. Tsuneki K. Bionomics of some species of *Megachile*, *Dasydopa*, *Colletes* and *Bombus* / K. Tsuneki // Etizenia. – 1970. – No 48. – P. 1–20.
48. Messer A.C. *Chalicodoma pluto*: The world’s largest bee rediscovered living communally in termite nest / A.C. Messer // J. Kansas entomol. Soc. – 1984. – Vol. 57. – P. 165–168.
49. Иванов С.П. Возникновение и эволюционное развитие гнездостроительных инстинктов пчел-мегахилид (Hymenoptera, Megachilidae) / С.П. Иванов // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – Симферополь: ТНУ, 2000. – № 2. – С. 42–56.
50. Yamamoto D. The habits of *Megachile spissula* Ckll. / D. Yamamoto // Hati. – 1944. – N 2 (6). – P. 29–34.

51. Medler J.T. A resin bee using trap-nests in Wisconsin and a note of other resin bees (Hymenoptera: Megachilidae) / J.T. Medler // Entomol. News. – 1966. – Vol. 37. – P. 228–230.
52. Eickwort G. C. Observations on the nesting behavior of *Megachile rubi* and *M. texana* with a discussion of the significance of soil nesting in the evolution of megachilid bees (Hymenoptera: Megachilidae) / G.C. Eickwort, R.W. Matthews, J. Carpenter // J. Kansas entomol. Soc. – 1981. – Vol. 54, N 3. – P. 557–570.
53. Michener C.D. The biology of a leafcutter bee (*Megachile brevis*) and its associates / C.D. Michener // Univ. Kansas Sci. Bull. – 1953. – Vol. 35, No 16. – P. 1659–1748.
54. Claude-Joseph F. Recherches biologiques sur les hymenopteres du Chili (Melliferes) / F. Claude-Joseph // Ann. Sci. natur. Zool. Ser. 10. – 1926. – T. 9, No 3/4. – P. 113–268.
55. Medler J.T. A note on *Megachile* (*Sayapis*) *pugnata* *pugnata* Say in trap-nests in Wisconsin (Hymenoptera: Megachilidae) / J.T. Medler // Canad. Entomol. – 1964. – Vol. 96. – P. 918–921.
56. Friese H. Über die Nestzellen der Blatschneiderbiene *Megachile azteca* Cr. (bei San José de Costa Rica) / H. Friese // Ztschr. wiss. Insektenbiol. – 1924 – Bd. 19. – P. 193–194.
57. Laroca S. Notas sobre a nidificação de *Chrysosarus tapytensis* Mitchell / S. Laroca // Bol. Univ. Federal Parana. Zool. – 1971. – T. 4, No 8. – P. 39–44.
58. Мальшева М.С. Пчелы-листорезы рода *Megachile* Latr. (Hymenoptera, Megachilidae), вредящие молодым насаждениям в СССР / М.С. Мальшева // Энтомол. обозр. – 1958. – Т. 37, вып. 2. – С. 319–329.
59. Пашина Л.С. Новое в экологии пчел мегахил / Л.С. Пашина // Проблемы экологии. – Томск: Гос. ун-т, 1967. – Т. 1. – С. 116–121.
60. Martins R.P. Is the bee, *Megachile assumptionis* (Hymenoptera: Megachilidae), a cavity nesting specialist? / R.P. Martins, D.A.O. Almeida // J. Insect Behavior. – 1994. – Vol. 7. – P. 759–765.

Иванов С.П. Матеріали порівнянню вивчення гніздування бджіл-листорізів (Hymenoptera, Megachilidae, *Megachile* Latr.). Повідомлення I. Різноманіття гніздових споруд / С.П. Иванов // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 68–78.

Здійснено аналіз різноманіття засобів гніздування диких поодиноких бджіл *Megachile*. Усі бджоли цього роду (гніздування яких звісно) будують повнокомпонентні комірочки. Комірочки гнізд частіше за все розміщуються в готових порожнинах самого різного походження, іноді в порожнинах які вигризла сама самка. Тільки бджоли підроду *Chalicodoma* будують вільні комірочки на поверхні субстрату. Представники 16 підродів використовують для будівлі комірок вирізки із листових платівок рослин, іноді із пелюстків квітів. З них тільки вирізки використовують самки 7 підродів. Решта додатково використовують замазку з вологої землі (6), або пасту з пережованих листів (4), смоли (1), пісок (1) або ошурки (1). Представники 3 підродів використовують землю, де які з додатком камінців, смоли або рослинної замазки. Відзначено недостатня вивченість гніздування *Megachile* – засоби гніздування звісні тільки для представників менш чим половина підродів. Окреслено основні напрямки подальшого вивчення гніздування бджіл-листорізів, наведено параметри гнізд, які представляють найбільшу цінність для науковців.

Ключові слова: дикі бджоли, *Megachile*, засоби гніздування, будова комірочки, будівельний матеріал.

Ivanov S.P. Materials of the comparative study of the leafcutter bees nesting (Hymenoptera, Megachilidae, *Megachile* Latr.). Part I. Nest buildings diversity / S.P. Ivanov // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 68–78.

The analysis of nesting modes diversity of wild solitary bees of the genus *Megachile* was carried out. All the bees of the genus (their nesting is known) build fully component cells. More often nest cells are located in ready hollows of various origins, more seldom in hollows that are gnawed out by a female bee in the ground or some other substrate. Only bees of the subgenus *Chalicodoma* build free cells on the surface of the substrate. The representatives of 16 subgenera of this genus use slices of leaves or more seldom – slices of flower petals for cell building. Female bees of 7 subgenera use only slices. Others also use a chewed leaf material (4) or wet soil (6), resin (1), sand (1) or sawdust (1). The representatives of 3 subgenera mostly use the soil; sometimes they add resin, leaf mastic. It should be noted that the nesting of the bees of the genus *Megachile* is weakly studied. The modes of nesting are known for the representatives of less than a half of the subgenera. General concepts for the further observation of a bee leafcutter nesting are defined. List of nest parameters that are the most interesting for the observation is given.

Keywords: wild bees, *Megachile*, modes of nesting, cell building, building material.

Поступила в редакцію 17.10.2010 г.

УДК 159.938 : 612.821

ИНДИВИДУАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ «КОРОНАРНОГО» ТИПА ЛИЧНОСТИ

Конарева И.Н.

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

В работе выявлены индивидуально-психологические детерминанты типов личности, определяемых с помощью опросника Дженкинса. Дана психологическая характеристика «коронарного» типа, основанная на корреляционном и дисперсионном анализе. Показаны гендерные различия у личностей «коронарного» типа.

Ключевые слова: поведение типа А, «коронарный» тип личности, опросник Дженкинса.

ВВЕДЕНИЕ

Поведение, характерное для лиц так называемого типа А, демонстрирующих предрасположенность к коронарным заболеваниям, определяется комплексом поведенческих и личностных характеристик. Лица типа А способны к длительной борьбе за достижение цели при существенном внешнем сопротивлении, склонны к соперничеству. Для них типичны деятельность «на износ» и неумение отдыхать, ощущение постоянной нехватки времени, обычны высокие уровни враждебности и открытой агрессии при общении с другими лицами. Исследователи выделяют такие аргументы в пользу позитивных свойств поведения типа А, как высокие способности к достижению целей и параллельному выполнению многих видов работы. Лица противоположного типа поведения (тип Б) характеризуются менее интенсивной жизненной активностью, они умеют чередовать работу и отдых, хорошо соизмеряют свои жизненные устремления и имеющиеся у них для этого возможности [1]. Перечисленные различия определяют разную чувствительность людей упомянутых типов к стрессогенным воздействиям и проявляются практически во всех сферах жизнедеятельности.

Манифестация поведения типа А у человека является прогностическим признаком развития сердечно-сосудистых заболеваний, в частности тяжелого атеросклероза, а также тяжести протекания постинфарктного периода. Поведение типа А исследуется в русле нескольких основных направлений: изучаются психологические детерминанты поведения типа А и их соотношение с клиническими проявлениями сердечно-сосудистых заболеваний [2]. Знание психологических характеристик типа А как его предикторов позволяет своевременно выявлять данный поведенческий тип и грамотно строить профилактическую работу, предотвращая в той или иной мере риск появления

сердечно-сосудистых заболеваний. Цель работы – выявить индивидуально-психологические свойства «коронарного» типа поведения на различных уровнях индивидуальности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 72 испытуемых в возрасте 19-35 лет. Психологическое тестирование основывалось на восьми опросниках: 1) Опросник Д. Дженкинса (Jenkins Activity Survey – JAS, 1967) в адаптации А.А. Гоштаутаса, позволяющий диагностировать степень выраженности поведения типа А на основании итоговой балльной оценки: до 335 – тип А, от 336 до 459 – промежуточный тип АБ и от 460 и выше – тип Б. 2) Тест темперамента Я. Стреляу. 3) Опросник структуры темперамента В.М. Русалова. 4) Опросник Г. Айзенка EPQ. 5) Опросник Р. Кэттела 16 PF (форма А). 6) Опросник для оценки уровня агрессивности А. Басса и А. Дарки. 7) Опросник для тестирования мотивации достижения А. Мехрабиана. 8) Опросник «Уровень субъективного контроля» в адаптации Е.Ф. Бажина. Математический аппарат исследования включал в себя корреляционный анализ (вычисление коэффициента ранговой корреляции R Спирмена) и дисперсионный анализ ANOVA (критерий F Фишера).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные, полученные с использованием опросника Дженкинса, показали, что выраженное поведение типа А было характерно для семи человек (9,7 % общей выборки, в среднем для данной подгруппы оценка составляла 292,6 балла). Поведение типа Б наблюдалось у 11 человек (480,1 балла; 15,3 %), а поведение типа АБ – у 54 человек (399,1 балла; 75 %). Различия между типами, согласно критерию Фишера, были статистически достоверны ($F=71,09$ при $p=0,000$). Это соотношение в целом соответствует результатам других популяционных исследований распределения соответствующих признаков. Так, в группе из 1603 человек выявлено 170 лиц с поведением типа А и 183 человека – с поведением типа Б [3].

Для определения взаимосвязей между оценками по опроснику Дженкинса и результатами других психологических тестов, мы провели корреляционный анализ, по Спирмену. Напомним, что при рассмотрении приведенных ниже данных необходимо постоянно учитывать следующее обстоятельство. Согласно опроснику Дженкинса, чем меньше баллов набирал испытуемый, тем более выраженными были характеристики типа А, и наоборот.

Оценки по опроснику Дженкинса коррелировали с показателями всех шкал опросника Стреляу: «сила процесса возбуждения» ($r=-0,375$ при $p=0,011$), «сила процесса торможения» ($r=0,275$ при $p=0,019$), «подвижность нервных процессов» ($r=-0,304$ при $p=0,010$). Итак, чем более был выражен тип А, тем меньшей была интегральная оценка силы процесса торможения, и сильнее проявлялись процессы возбуждения и выше была подвижность нервных процессов. Это означает, что у таких индивидов медленно и непрочно формируются тормозные условные рефлексы, подобные лица неспособны к отказу от активности в условиях действия запретов. Для них характерны сильные реакции на внешние раздражители,

способность к осуществлению эффективной деятельности в ситуациях, требующих проявления особо энергичных действий. Данные люди способны к быстрой перестройке при столкновении с новой ситуацией, проявляют готовность и желание взаимодействовать с новыми предметами и явлениями. Соответственно, представители типа Б характеризуются противоположными свойствами. У них сильно выражены процессы торможения и снижена сила процесса возбуждения; подвижность нервных процессов относительно низка. Есть данные, что лица типа Б психологически и физиологически возбуждены только в период напряженной работы, тогда как лица типа А – и в период бездеятельности. Об этом судили по ряду биохимических показателей, в частности по уровням катехоламинов и кортизона в крови, а также по показателям сердечного ритма [4].

Балльная оценка типа А негативно коррелировала с показателями шкалы «экстраверсия» ($r=-0,522$ при $p=0,000003$) опросника Айзенка. Иными словами, представители типа А, как правило, являлись ярко выраженными экстравертами. Типичного экстраверта отличает общительность, импульсивность, вспыльчивость, он предпочитает движение и действие состоянию спокойствия, проявляет тенденцию к агрессивности. Как считается, подобное противоречие между стремлением к межличностным контактам, эмоциональной отзывчивостью, с одной стороны, и враждебностью с другой, обуславливает хроническое эмоциональное напряжение у лиц типа А [2]. В целом поведение типа А часто соотносится с высокими уровнями экстраверсии и нейротизма (по опроснику Айзенка) [3, 5].

Оценки по опроснику Дженкинса негативно коррелировали со следующими показателями шкал опросника Русалова: «предметная эргичность» ($r=-0,342$ при $p=0,003$); «социальная эргичность» ($r=-0,242$ при $p=0,040$); «предметный темп» ($r=-0,259$ при $p=0,028$); «социальный темп» ($r=-0,347$ при $p=0,003$); «предметная эмоциональность» ($r=-0,235$ при $p=0,047$). Таким образом, лицам типа А свойственна хорошо выраженная предметная и социальная эргичность, предметный и социальный темп и в то же время – высокая эмоциональность. Содержательная характеристика этого блока корреляционных связей такова. У индивидуумов типа А отмечается высокая потребность в освоении предметного и социального мира, жажда деятельности, коммуникативная активность, стремление к напряженному умственному и физическому труду, легкость умственного пробуждения, стремление к лидерству, общительность. Для них типичны высокий темп поведения и речедвигательная быстрота в процессе общения, высокая скорость выполнения операций при осуществлении предметной деятельности и коммуникативных программ, высокая скорость при выполнении конкретных заданий, высокая эмоциональность в коммуникативной сфере, высокая чувствительность к неудачам в общении и к оценкам товарищей.

Отмечено, что определенные показатели темперамента ребенка уже в возрасте трех – четырех лет являются предикторами поведения типа А во взрослом возрасте (21 год). Стремление к достижениям у таких лиц коррелировало с высокими способностями к адаптации и, в то же время, с негативным настроением в раннем детстве, а нетерпеливость и раздражительность – с низкими значениями сенсорных порогов, выносливости и адаптируемости [6]. Среди других характеристик

темперамента, коррелирующих с типом А, называют импульсивность и ориентацию на награду [7].

Между показателями по опросникам Дженкинса и Кэттела мы обнаружили такие значимые корреляции балльных оценок выраженности типа А: с факторами Е «доминантность» ($r=-0,257$ при $p=0,029$); Н «смелость» ($r=-0,267$ при $p=0,023$); L «подозрительность» ($r=-0,313$ при $p=0,007$); Q₄ «напряженность» ($r=-0,267$ при $p=0,023$); Q1 «экстраверсия» ($r=-0,371$ при $p=0,001$). Таким образом, лица типа А имеют высокие показатели по этим факторам. Высокие оценки по фактору Е характеризуют человека как властного, самоуверенного, упрямого вплоть до агрессивности; независимого в суждениях и поведении; конфликтен и в конфликтах обычно обвиняет других, не признает власти и давления со стороны, борется за более высокий статус. Высокие оценки по фактору Н характерны для социально смелого и активного индивидуума, готового иметь дело с незнакомыми обстоятельствами и людьми, склонного к риску, расторможенного. Высокие оценки по фактору L свидетельствуют о ревности, подозрительности, завистливости, эгоцентричности. Подобные оценки по фактору Q₄ свойственны человеку напряженному, фрустрированному, «взвинченному» из-за повышенной мотивации достижений. Высокие оценки по фактору 2-го порядка «экстраверсия» характеризуют человека как социально открытого, ориентированного на общение. В целом поведение лиц типа А можно охарактеризовать как направленное на общение, так как факторы Е, Н и L входят в коммуникативный блок факторов опросника Кэттела.

Считаем, что данная характеристика совпадает с классическим описанием лиц типа А как честолюбивых, нетерпеливых, агрессивных, общительных [1, 2]. Что интересно, Лобель не нашел корреляции выраженности поведения типа А с тревожностью как чертой личности, оцениваемой по опроснику Спилбергера [5]. Смит отметил, что обычно результаты тестирования по опроснику Дженкинса не коррелируют с оценками личностной тревожности, в отличие от таковых при использовании опросника Framingham Type A Scale (FTAS) [8].

Сопоставляя результаты тестирования по опросникам Дженкинса и Басса – Дарки, мы выявили значимые корреляции оценок типа А с показателями по шкалам: «физическая агрессивность» ($r=-0,244$ при $p=0,040$); «косвенная агрессивность» ($r=-0,356$ при $p=0,002$); «вербальная агрессивность» ($r=-0,272$ при $p=0,022$); «индекс агрессивности» ($r=-0,334$ при $p=0,004$). Люди типа А по сравнению с представителями типа Б, характеризуются большей физической, косвенной и вербальной агрессивностью и высоким интегральным индексом агрессивности. Полученные нами корреляции подтверждают результаты исследований других авторов, сообщавших о тесной связи агрессивности с выраженностью поведения типа А. Так, Карвер и Гласс (1978) впервые показали, что лица типа А, спровоцированные помощником экспериментатора, проявили более сильную прямую агрессию по отношению к последнему, применяя ноцицептивную электрическую стимуляцию, тогда как лица типа Б были значительно менее агрессивны [цит. по: 9]. В дальнейшем это подтверждалось многими исследователями [10].

Высказано предположение, что непосредственной причиной высокого уровня агрессивности у лиц типа А могут быть особенности гормональной регуляции. В исследовании Бермана, Глэтью и Тэйлора (1993) было показано, что лица типа А с высоким уровнем тестостерона в крови отвечают на провокацию агрессией более высокого уровня чем лица типа А с низким уровнем этого гормона. Участники эксперимента, относящиеся к типу Б, с высоким и низким уровнями тестостерона, напротив, не отличались друг от друга по уровню агрессивности. Мужчины типа А с высоким уровнем тестостерона вообще особенно склонны отвечать на провокацию насилием [цит. по: 9].

Корреляция между показателями по шкалам опросников Дженкинса и Мехрабиана «Мотивация достижения» не достигла значимого уровня ($r=-0,250$ при $p=0,059$), но все же была очевидной тенденция к тому, что лица типа А имеют более выраженную мотивацию достижений, чем лица типа «Б». В связи с этим отметим, что в нашем исследовании взаимосвязь оценок, соответствующих типу А, с показателями агрессивности оказалась значительно сильнее, чем с показателями мотивации достижений. Вспомним в этой связи работу, в которой у лиц типа А степень учащения сердечного ритма и увеличение скорости проведения пульсовой волны при переходе от состояния покоя к деятельности были тесно связаны с факторами импульсивности, возбудимости, торопливости и не связаны с фактором «стремление к достижению, стремление быть лучше других» [11]. Лобель выявил у лиц типа А большую потребность в одобрении соответственно шкале Марлоу-Крауна [5].

Значимой корреляции с показателем уровня субъективного контроля (УСК) не обнаружено, однако лица типа А имели заметно больший показатель интернальности, т.е. внутреннего локуса контроля (6,2 стена) по сравнению с лицами типа Б (5,2 стена). Считается, что в основе поведения типа А лежит повышенная мотивация к контролю над внешними событиями [8]. В субъективно неконтролируемой ситуации с негативным исходом лица типа А склонны в большей степени, чем лица типа Б, считать свое поведение реализованным на уровне ниже нормативного, сердятся на себя и приписывают себе ответственность за причины негативного исхода ситуации [12].

Результаты дисперсионного анализа во многих аспектах согласовывались с данными корреляционного анализа (табл.). Испытуемые разных типов достоверно отличались значениями показателей по шкалам «сила процесса возбуждения» ($F=5,18$ при $p=0,008$), «подвижность нервных процессов» ($F=8,42$ при $p=0,0005$) опросника Стреляу, по показателю «экстраверсия» ($F=6,53$ при $p=0,002$) опросника Айзенка, а также по шкалам «предметная эргичность» ($F=4,02$ при $p=0,022$), «социальная эргичность» ($F=3,32$ при $p=0,042$), «социальный темп» ($F=3,52$ при $p=0,035$) опросника Русалова, факторам Н «смелость» ($F=3,70$ при $p=0,030$), L «подозрительность» ($F=4,87$ при $p=0,011$), Q1 «экстраверсия» ($F=3,96$ при $p=0,023$) и Q3 «чувствительность» ($F=4,45$ при $p=0,015$) опросника Кэттела.

Таблица
Среднегрупповые значения психологических показателей в подгруппах,
выделенных по типам поведения согласно опроснику Дженкинса

Показатели	Типы поведения			Показатели	Типы поведения		
	А	АБ	Б		А	АБ	Б
Баллы по шкале Дженкинса*	292,6	399,1	480,1	Фактор А	8,0	6,3	6,3
Сила процесса возбуждения*	67,6	57,4	46,8	Фактор В	5,6	5,4	5,4
Сила процесса торможения	54,6	60,6	63,8	Фактор С	6,4	6,6	5,8
Подвижность нервн. проц.*	72,6	59,5	49,3	Фактор Е	7,6	6,5	6,0
Эргичность*	8,7	6,6	5,2	Фактор F	6,1	5,9	4,7
Социальная эргичность*	10,0	7,9	7,0	Фактор G	6,0	5,0	4,4
Пластичность	9,1	6,8	5,7	Фактор Н*	7,0	5,4	4,4
Социальная пластичность	6,6	5,5	4,2	Фактор I	8,4	6,2	7,6
Темп	9,1	7,4	6,0	Фактор L*	7,4	6,3	5,5
Социальный темп*	9,4	6,8	7,0	Фактор М	7,0	6,3	6,5
Эмоциональность	7,6	6,9	5,7	Фактор N	5,9	4,9	4,4
Социальная эмоциональность	7,0	6,7	6,3	Фактор О	6,0	5,4	4,6
Экстраверсия*	20,0	15,3	12,0	Фактор Q ₁	7,7	5,3	6,4
Нейротизм	14,9	13,7	14,0	Фактор Q ₂	4,7	5,2	6,1
Психотизм	5,7	6,8	5,5	Фактор Q ₃	4,7	5,0	4,4
Мотивация достижения	156,4	144,5	134,5	Фактор Q ₄	5,6	4,7	3,7
Индекс агрессивности	20,3	16,6	14,7	Экстраверсия*	7,4	6,3	4,7
Индекс враждебности	7,2	7,4	6,6	Тревожность	6,0	5,1	4,9
УСК	6,2	5,6	5,2	Сенситивность*	3,2	5,1	3,6
				Доминирование	6,0	5,7	6,4

Примечание: Показаны «*» случаи межгруппового сравнения, в которых использование критерия F Фишера свидетельствовало о наличии значимого различия. Значения критерия F Фишера указаны в тексте.

Отметим, что в соответствии с опросником Айзенка у лиц типа А были заметно более выраженными показатели экстраверсии и нейротизма. Нейротизм, согласно некоторым данным, в значительной степени связан с показателями лабильности нервной системы. Эмоционально устойчивый человек (в данном случае относящийся к типам АБ и Б) характеризуется зрелостью, адекватной адаптацией,

отсутствием постоянной напряженности и беспокойства. Эмоциональная устойчивость – черта, выражающая сохранение организованного поведения, ситуативной целенаправленности в обычных и стрессовых ситуациях. Нейротизму же соответствует эмоциональность, импульсивность, неровность в контактах с людьми, изменчивость интересов, неуверенность в себе, выраженная чувствительность, впечатлительность, склонность к раздражительности. Такие лица характеризуется неадекватно сильными реакциями по отношению к вызывающим их стимулам (причем часто не несущим угрозы и вообще малозначачим).

Таким образом, детерминантами поведения типа А, согласно результатам нашего исследования, можно считать высокие оценки по шкалам «экстраверсия», «сила процесса возбуждения» и «подвижность нервных процессов», «эргичность» и «темп», факторам Н «смелость» и L «подозрительность» (рис. 1).

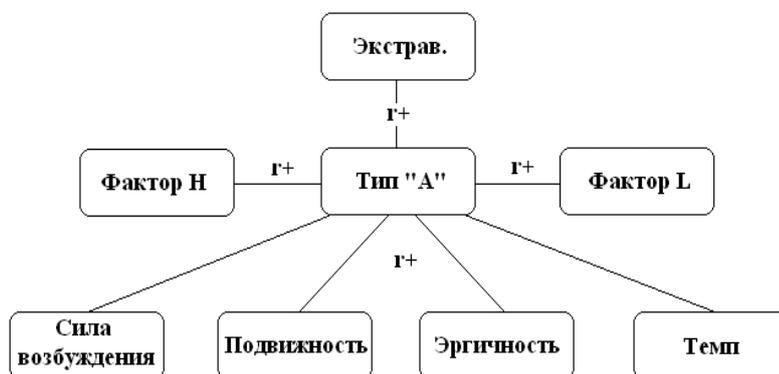


Рис. 1. Корреляционные плеяды оценок по шкале Дженкинса и данных психологического тестирования.

Анализ психологических особенностей здоровых лиц типа А показывает, что эти характеристики перекликаются с личностными особенностями пациентов, страдающих сердечно-сосудистыми заболеваниями. Отмечается, что лица с ишемической болезнью сердца (ИБС) отличались повышенными показателями по «невротической» триаде шкал опросника ММРІ. Предвестниками фатальных форм ИБС являются высокие показатели тревожности и нейротизма, склонность к депрессии, ригидность. У пациентов со стенокардией отмечены аномально повышенные показатели агрессивности, межличностной чувствительности, параноидного мышления, депрессии и психотизма [цит. по: 13]. В проспективном обследовании, проведенном Остфельдом (1964), было отмечено, что лица, у которых к концу периода исследования развились инфаркт миокарда и стенокардия, отличались подозрительностью, завистливостью, внутренней напряженностью и неуверенностью в себе. Установлено также, что до развития болезни для лиц с поведением типа А были характерны повышенная враждебность, легкий переход к ярости, недоверчивость, конфликтность, заниженная самооценка, гиперреактивность [14].

В обследованную нами группу входили 52 женщины и 20 мужчин. Мы не обнаружили значимых гендерных различий согласно критерию Фишера. У женщин усредненный показатель для подгруппы составил 402,15 балла, а у мужчин – 398,45 баллов. Внутри поведенческих типов соотношение полов оказалось следующим. В тип А из 7 обследованных человек вошли шесть женщин и один мужчина, в тип Б из 11 человек – восемь женщин и три мужчины.

Корреляционный анализ выявил некоторые особенности корреляций в подгруппе женщин. Показатель по шкале Дженкинса коррелировал с показателями по шкалам «сила процесса возбуждения» и «подвижность нервных процессов, «экстраверсия», «предметная пластичность» и «социальный темп», а также факторам Е «доминантность», L «подозрительность», Q₄ «напряженность» и фактору 2-го порядка «экстраверсия». Таким образом, в выборке женщин с общей выборкой совпало восемь случаев значимых корреляций. В то же время не обнаружилось корреляций с показателями «сила процесса торможения», «предметная эргичность», «социальная эргичность», «предметный темп», «предметная эмоциональность», фактора Н «смелость», «физическая агрессивность», «косвенная агрессивность», «вербальная агрессивность», «индекс агрессивности».

Специфичной для выборки женщин оказалась корреляция оценок по шкале Дженкинса со шкалой «предметная пластичность» ($r=-0,363$ при $p=0,008$) опросника Русалова. Таким образом, женщины типа А обычно проявляют хорошо выраженную «предметную пластичность», а именно легкость переключения с одного вида деятельности на другой, способность к быстрому переходу с одних форм мышления к другим в процессе взаимодействия с предметной средой, стремление к разнообразию форм предметной деятельности.

В подгруппе мужчин были обнаружены корреляции с оценками по шкалам «сила процесса торможения», «экстраверсия», «предметная эргичность» и «предметная эмоциональность», фактору Q₂, «физическая агрессивность», «косвенная агрессивность», «вербальная агрессивность», «индекс агрессивности». Таким образом, в выборке мужчин с картиной в общей выборке совпало также восемь корреляций (но частично они были иными). Не обнаружилось корреляций со значениями по шкалам «сила процесса торможения», «подвижность нервных процессов», «социальная эргичность», «предметный темп», «социальный темп», с факторами Е, Н, L, Q₄ и Q₁ «экстраверсия» (по опроснику Кэттела).

Положительная корреляция оценок по шкале Дженкинса с фактором Q₂ «самостоятельность» ($r=0,445$ при $p=0,049$) оказалась специфической для выборки мужчин. Видимо, мужчины типа А сильно зависимы от группы, часто являются конформистами, следуют за общественным мнением, предпочитают работать и принимать решения вместе с другими людьми, ориентируются на социальное одобрение, демонстрируют общительность, но при этом нуждаются в поддержке группы.

Фактор Q₂ входит в коммуникативный блок факторов Кэттела. Из-за своих психологических особенностей пациенты с поведенческим типом А, перенесшие инфаркт миокарда, начинали обычно испытывать отчуждение от социальной среды. Они не стремились более к контактам с людьми, которые могли бы помочь им,

оказать поддержку. У представителей противоположного типа Б стремление к социальным контактам не зависело от состояния здоровья [2].

В настоящее время имеются лишь единичные работы, касающиеся половых различий у лиц с «коронарным» поведением. Сообщалось, например, что у женщин этого типа ярче, чем у мужчин, выражено доминирование экстраверсии. Считается, что у женщин проявляется большая склонность к поведению типа А [3]. По мнению Д.В. Плотникова, поведение типа А у женщин в большей степени детерминируется биологическими предпосылками, чем у мужчин. Предполагается, что решающее значение для детерминации такого типа поведения имеют две составляющих характера. Во-первых, это гипертимность, сопровождаемая повышенным фоном настроения, высокой психической и двигательной активностью. Во-вторых, очень важны экзальтированность и эмотивность, большая глубина эмоциональных переживаний, эмоциональная вовлеченность в происходящие события [цит. по: 2]. Однако следует учесть, что отцы в семье оказывают большее влияние, чем матери, на формирование поведения типа А у своих сыновей [15].

В заключении отметим, что «коронарный» тип личности связан с определенной спецификой нейрогуморальных и физиологических реакций. В целом у представителей этого типа интегральная интенсивность активации ЦНС повышена, и системы сердечно-сосудистой регуляции функционируют с высоким напряжением, что увеличивает вероятность серьезных нарушений кардиоваскулярной функции. Следует учитывать и социальные условия формирования данного типа поведения: борьба за существование у лиц данного типа выступает как доминирующий жизненный стиль [7]. Очевидно, что своевременное объективное выявление поведения «коронарного» типа и его психологических детерминант позволит снизить риск появления сердечно-сосудистых и других заболеваний на ранних стадиях их возникновения у подобных индивидуумов.

ВЫВОДЫ

1. Теоретический анализ психологических характеристик лиц типа «А» показал, что в данном типе объединены поведенческие и личностные особенности индивидуума, поэтому «коронарный» тип можно считать стилевой характеристикой личности.
2. Детерминантами поведения «коронарного» типа являются высокие оценки по шкалам «сила процесса возбуждения», «подвижность нервных процессов», «экстраверсия», «эргичность» (активность), «темп» и по факторам Н (смелость) и L (подозрительность).
3. Детерминантами коронарного типа «А» у женщин являются высокие оценки по шкале «предметная пластичность», а у мужчин – низкие оценки по фактору Q₂ «самостоятельность».
4. При разных функциональных состояниях нервной системы химические элементы влияли на различные ритмические диапазоны ЭЭГ-активности. Характер связи регрессионных коэффициентов определял специфику влияния свинца, стронция и кальция на мозговую деятельность детей.

Список литературы

1. Rosenman R.H. Modifying type A behavior pattern / R.H. Rosenman, M. Friedman // J. Psychosom. Res. – 1977. – Vol. 21, No 4. – P. 323–331.
2. Урванцев Л.П. Психология соматического больного [Электронный ресурс] / Л.П. Урванцев // Медицинская психология в России. – Ярославль, 2000. Рукопись. – Режим доступа: medpsy.ru.
3. Llorente M. Neuroticism, extraversion and the Type A behavior pattern / M. Llorente // Pers. and Individ. Differ. – 1986. – Vol. 7, No 3. – P. 427–429.
4. Frankenhaeuser M. Note on arousing Type A persons by depriving them of work / M. Frankenhaeuser, U. Lunuberg, L. Forsman // J. Psychosom. Res. – 1980. – Vol. 24, No 1. – P. 45–47.
5. Lobel T.E. Personality correlates of Type A coronary-prone behavior / T.E. Lobel // Journal of Personality Assessment. – 1988. – Vol. 52, No 3. – P. 434–440.
6. Steinberg L. Early temperamental antecedents of adult type A behavior / L. Steinberg // Dev. Psychol. – 1985. – Vol. 21, No 6. – P. 1171–1180.
7. de Flores T. Behavior pattern A: Reward, fight or punishment? / T. de Flores, M. Valdes // Pers. and Individ. Differ. – 1986. – Vol. 7, No 3. – P. 319–326.
8. Smith T.W. The inequivalence of self-reports of type A behavior: differential relationships of the Jenkins Activity survey and the Framingham Scale with affect, stress, and control / T.W. Smith, J.L. O’Keeffe // Motiv. and Emot. – 1985. – Vol. 9, No 3. – P. 299–311.
9. Бэрн Р. Агрессия / Р. Бэрн, Д. Ричардсон. – СПб.: Питер, 1998. – 336 с.
10. Type A behavior and Buss’s instrumental aggression paradigm (BIAP) / M. Llorente, M. Bernardo, T. de Flores [et al.] // Activ. nerv. super. – 1985. – Vol. 27, No 2. – P. 106–109.
11. Öhman A. Components of type A behavior and task-induced cardiovascular activation / A. Öhman, H. Nordby, S. Svebak // Psychophysiology. – 1989. – Vol. 26, No 1. – P. 81–88.
12. Furnham A. Type A behavior pattern and attributions of responsibility / A. Furnham, A. Hillard, C. Brewin // Motiv. and Emot. – 1985. – Vol. 9, No 1. – P. 39–51.
13. Агеенкова Е.К. Психосоматические аспекты развития сердечно-сосудистых заболеваний. (История вопроса) / Е.К. Агеенкова. – Вестник Белорусского государственного университета. Серия 3. – 1999. – № 2. – С. 56–60.
14. Empirical correlates of the type A behavior pattern / M. Waltz, B. Badura, G. Kaufhold [et al.] // Activ. nerv. super. – 1988. – Vol. 30, No 2. – P. 113–114.
15. Type A behavior in children, adolescents, and their parents / G. Weidner, G. Sexton, J. Matarazzo [et al.] // Dev. Psychol. – 1988. – Vol. 24, No 1. – P. 118–121.

Конарева І.М. Індивідуально-психологічні детермінанти "коронарного" типу особистості / I.M. Konareva // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 79–88.

В роботі виявлені індивідуально-психологічні детермінанти типів особистості, визначених за допомогою питальника Дженкінса. Дана психологічна характеристика "коронарного" типу, базована на результатах кореляційного та дисперсійного аналізів. Продемонстровані гендерні відмінності у особистостей "коронарного" типу.

Ключові слова: поведінка типу А, "коронарний" тип особистості, питальний Дженкінса.

Konareva I.N. Individual psychological determinants of a coronary-prone type of the personality / I.N. Konareva // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 79–88.

Individual psychological determinants of the personality types determined using the Jenkins' questionnaire are described. The coronary-prone type is psychologically characterized basing on the results of correlation and dispersion analyzes. Gender differences between the subjects of the coronary-prone type are shown.

Keywords: type A behavior, coronary-prone personality type, questionnaire by Jenkins.

Поступила в редакцію 15.09.2010 г.

УДК 577.112.4:598/599

ИЗМЕНЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭРИТРОЦИТОВ КРОВИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ГИПЕРИНСУЛИНЕМИИ

Никольская В.А.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: nikolskaja@crimea.edu*

При экспериментальной гиперинсулинемии наблюдаются реципрокные изменения содержания молекул средней массы в гемолизате эритроцитов крови лабораторных крыс и повышение активности каталазы. Методом определения окислительной модификации белков установлена активация перекисных процессов в эритроцитах крови с образованием альдегидных и кетонных продуктов нейтрального и основного характера.

Ключевые слова: гиперинсулинемия, эритроциты крови, окислительная модификация, молекулы средней массы.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из фундаментально-прикладных перспективных направлений биохимии является исследование состояний, сопровождающихся гиперинсулинемическим синдромом [1-7]. Данное состояние отмечено помимо инсулиннезависимого сахарного диабета при целом ряде заболеваний сердечно-сосудистой системы [7-18]. Вместе с тем хорошо известен феномен гиперинсулинемии как адаптивный процесс, который развивается в ответ на тканевую гипоксию после достаточно длительного периода гипоксических тренировок [1].

Известно, что в систему транспорта инсулина включаются эритроциты крови [19]. Несмотря на то, что эритроциты не относятся к классическим чувствительным к инсулину структурам, показано их участие в обеспечении инсулиндепонирующей функции за счет участия специфических и гидрофобных взаимодействий. Однако их состояние при гиперинсулинемии не исследовано. Изучение на молекулярно-клеточном уровне процессов развития гиперинсулинемического синдрома способствует формированию знаний о механизмах биорегуляции, определяющих состояние организма.

В связи с этим, целью работы явилось изучение отдельных биохимических показателей эритроцитов крови лабораторных крыс, подвергшихся воздействию экспериментальной гиперинсулинемии.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований служил гемолизат эритроцитов крови лабораторных крыс у которых вызывали инсулиновый шок. Гемолизат эритроцитов

получали по методу Драбкина [20]. Определение уровня глюкозы в гемолизате эритроцитов проводили ферментативным методом [21-25]. Опыты выполнены на 100 лабораторных белых крысах-самцах (*Rattus norvegicus*) массой 180 – 200 г. Все животные содержались в обычных условиях вивария на стандартном пищевом рационе и были разделены на следующие группы: интактная; группа, у которой выражена гиперинсулинемия; группа, у которой состояние гиперинсулинемии купировалось глюкозой. Лабораторным крысам опытных групп натошак подкожно вводили по 3,5 Ед инсулина. После появления судорог, развития гипогликемической комы, часть животных декапитировали. Остальным крысам для купирования комы вводили внутривенно по 3,5 мл 20% раствора глюкозы. Контрольные животные получали в таком же объеме физиологический раствор. После исчезновения признаков гиперинсулинемии животных декапитировали.

Для определения окислительной модификации белков гемолизата эритроцитов крови использовали метод Е.Е. Дубининой [26]. Оптическую плотность образовавшихся динитрофенилгидразонов регистрировали при длинах волн: 346 и 370 нм (альдегидные и кетонные продукты окислительной модификации нейтрального характера), а также при 430 нм и 530 нм (альдегидные и кетонные продукты окислительной модификации основного характера). Содержание молекул средней массы в гемолизате эритроцитов определяли по методу Н.И. Габриэлян и др. [27, 28].

Оценка достоверности различий между данными, полученными в результате исследования, проводилась с использованием t-критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В ходе исследований для подтверждения наличия гипогликемической комы и её купирования проводилось определение концентрации глюкозы в гемолизате эритроцитов интактной группы и групп крыс в состоянии гиперинсулинемии (рис. 1).

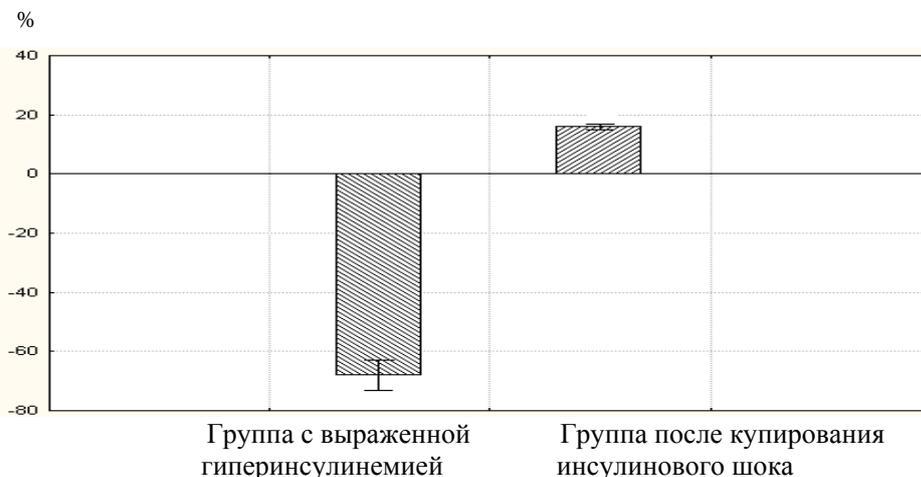


Рис. 1. Изменения концентрации глюкозы в гемолизате эритроцитов лабораторных крыс экспериментальных групп относительно показателя интактной группы, ($\bar{x} \pm S\bar{x}$).

Результаты проведенного определения свидетельствуют о том, что содержание глюкозы в гемолизате эритроцитов группы с выраженной гиперинсулинемией уменьшается в 3 раза ($p < 0,05$) по сравнению с интактной группой. Это свидетельствует о наличии состояния инсулинового шока. Повышение данного показателя у группы лабораторных животных после купирования комы по сравнению с группой в состоянии инсулинового шока в 3,5 раза ($p < 0,05$) доказывает устранение действия гиперинсулинемии.

Однако следует отметить дальнейшую тенденцию к повышению концентрации глюкозы в эритроцитах крови группы лабораторных животных, введенных в инсулиновый шок с последующим его купированием, по сравнению с интактной группой, что возможно связано с искусственной коррекцией её уровня, приведшей к компенсаторной перестройке метаболизма глюкозы в эритроцитах организма, подвергшегося действию избыточных доз инсулина.

Одним из направлений данного исследования явилось изучение содержания молекул средней массы (МСМ) в гемолизате эритроцитов лабораторных крыс в условиях гиперинсулинемии и после выведения животных из состояния инсулинового шока.

Результаты исследования (рис. 2) свидетельствуют о реципрокных изменениях содержания МСМ в гемолизате эритроцитов крови лабораторных крыс, подвергшихся воздействию инсулинового шока: повышению – для λ регистрации 254 ($p < 0,05$) и снижению – при λ регистрации 272 и 280 нм ($p < 0,05$).

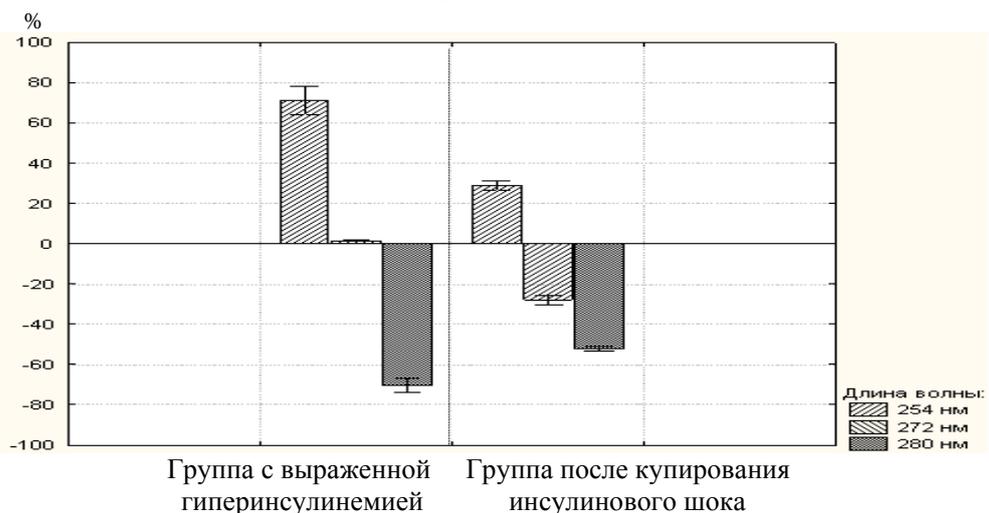


Рис. 2. Изменения содержания молекул средней массы в гемолизате эритроцитов крови лабораторных крыс экспериментальных групп относительно показателя интактной группы, ($\bar{x} \pm S\bar{x}$).

Снижение молекул средней массы при $\lambda=280$ нм может быть обусловлено уменьшением свободного триптофана и триптофансодержащих среднемолекулярных олигопептидов. При окислении олигопептидов и белков гидроксильным радикалом и синглетным кислородом происходит фрагментация белков. Одновременно происходит

разрушение триптофана. Триптофан и тирозин подвергаются окислительным превращениям, которые сопровождаются модификацией аминокислотных остатков, образованием внутри- или межмолекулярных сшивок между полипептидными цепями, снижением уровня триптофана и значительной продукцией битирозинфенола [26-28]. Кроме того, не исключена возможность участия молекул средней массы $\lambda=280$ нм в посттрансляционной модификации белкового каркаса эритроцитарной мембраны [29], что также будет отражаться на уровне их регистрации.

Повышение данного показателя для λ регистрации 254 в гемолизате эритроцитов крови экспериментальных групп лабораторных крыс может быть связано с поступлением олигопептидов из сыворотки крови, и в данном случае может служить аргументом в подтверждение теории зарубежных авторов, указывающей на наличие специализированного канала для пептидов в эритроцитарных мембранах [30].

Возможно, уровень молекул средней массы в эритроцитах крови отражает их вклад в механизмы компенсаторной стабилизации данных структурных компонентов крови. Можно также предположить, что именно повышение/снижение определенного вида данных регистрируемых соединений имеет существенное значение в регуляции внутриэритроцитарных процессов метаболизма, поскольку в литературе имеются данные, свидетельствующие о широком спектре биологической активности фракций молекул средней массы, в том числе антиоксидантной [31-32]. Однако этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Поскольку инсулиновый шок является состоянием, активизирующим процессы образования активных форм кислорода [33-36], вполне обоснованным явилось определение уровня окислительной модификации белков в гемолизате эритроцитов крови лабораторных крыс (рис.3).

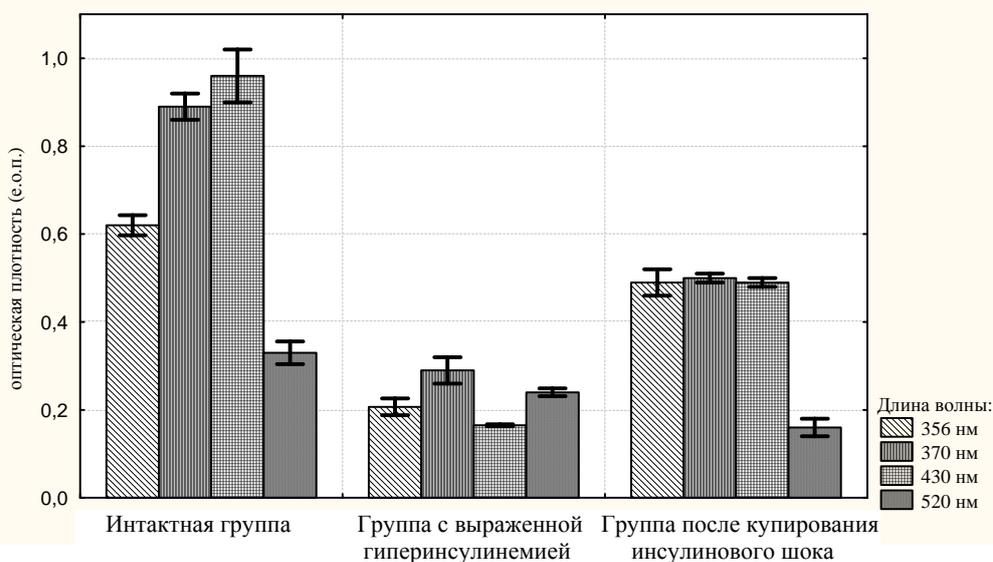


Рис. 3. Изменение содержания продуктов окислительной модификации белков в гемолизате эритроцитов крови лабораторных крыс при воздействии экспериментальной гиперинсулинемии, ($\bar{x} \pm S\bar{x}$).

Как следует из данных, представленных на рисунке 3, содержание продуктов окислительной модификации в эритроцитах крови лабораторных крыс экспериментальной группы с выраженной гиперинсулинемией ниже уровня данного показателя интактной группы в 1,3-6 раз ($p < 0,05$).

В литературе накоплено достаточное количество материала об увеличении количества активных форм кислорода (АФК), выступающих в роли вторичных посредников, при воздействии различных факторов, в том числе и инсулина [32-34, 37-41]. В пользу этого свидетельствует аккумуляция АФК, модификация эффектов этого гормона под влиянием АФК и их снижение или блокада антиоксидантами [37]. Вероятно, полученные результаты связаны с тем, что при воздействии избыточных доз инсулина происходит усиление модификации белков, которые окисляются АФК до образования кислот с последующим снижением регистрируемого показателя.

Обращает внимание тот факт (рис.3), что после купирования инсулинового шока достоверно повышается уровень альдегидных продуктов (нейтрального и основного характера, длины регистрации $\lambda = 356$ в 2,3 раза и $\lambda = 430$ нм в 3 раза, соответственно, ($p < 0,05$)) окислительной модификации белков по сравнению с группой в состоянии выраженной гиперинсулинемии.

Из литературных данных известно, что глюкоза проявляет свойства альдегида [42-43]. В результате взаимодействия с белками и последующих химических перегруппировок образуются ендиолы, которые при взаимодействии с металлами переменной валентности, в физиологических условиях представленными главным образом железом, преобразуются в ендиольные анион-радикалы, трансформирующиеся глюкозоны, восстанавливая при этом кислород до супероксида [42]. То есть, глюкоза может проявлять окислительные свойства, а, так как экспериментальная группа крыс подверглись искусственному купированию избыточности инсулина глюкозой, и уровень последней проявляет тенденцию к увеличению, то, возможно, с этим и связано увеличение альдегидных и кетонных продуктов окислительной модификации белков в гемолизате крови.

Биологическая роль каталазы заключается в деградации перекиси водорода и обеспечении эффективной защиты клеточных структур от разрушения под действием перекиси водорода. В связи с этим одним из направлений данного исследования явилось изучение изменения активности каталазы в эритроцитах лабораторных животных, подвергшихся воздействию инсулинового шока.

Представленные данные (рис. 4) свидетельствуют об увеличении активности каталазы в эритроцитах крови лабораторных крыс экспериментальных групп по сравнению с интактной группой практически в 2 раза ($p < 0,05$), что может отражать высокую степень активизации антиоксидантной защиты, динамику адаптационных и антиокислительных механизмов, опосредованных антиоксидантной системой, которая активно тормозит спонтанную цепную пероксидацию. Возможно, происходит накопление перекисных соединений – предполагаемых вторичных посредников сигнальной системы передачи действия инсулина, что и приводит к увеличению активности каталазы.

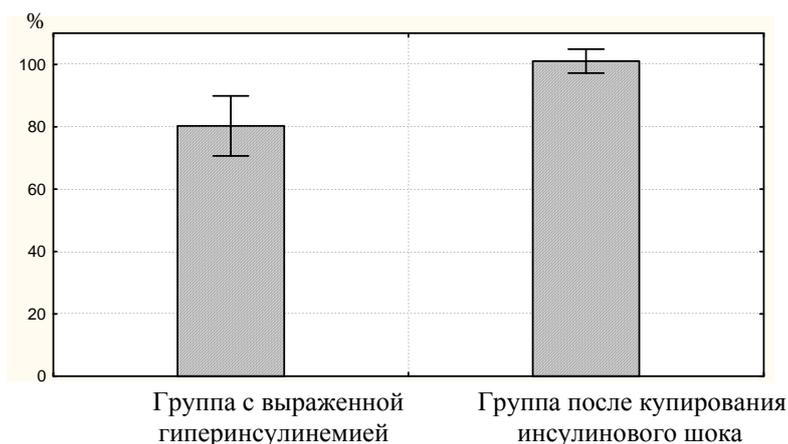


Рис. 4. Изменение активности каталазы в гемолизате эритроцитов лабораторных крыс экспериментальных групп относительно интактной группы, ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Таким образом, полученные результаты исследования свидетельствуют о значительных компенсаторных возможностях эритроцитов крови лабораторных животных, подвергшихся экспериментальной гиперинсулинемии, как клеток, реализуемых на уровне антиоксидантной системы, одним из звеньев которой могут являться молекулы средней массы.

ВЫВОДЫ

1. Воздействие инсулинового шока приводит к уменьшению концентрации глюкозы в эритроцитах крови лабораторных крыс, подвергшихся экспериментальной гиперинсулинемии, в 3 раза по сравнению с интактной группой. У лабораторных животных, выведенных из состояния инсулинового шока, данный показатель увеличивается в 3,5 раза по сравнению с группой без купирования и проявляет дальнейшую тенденцию к повышению по сравнению с интактной группой.
2. В состоянии экспериментальной гиперинсулинемии в эритроцитах крови лабораторных животных наблюдается снижение содержания молекул средней массы при λ регистрации 272 и 280 нм в 2,3 раза и повышение – в 1,5 раза при $\lambda=254$ нм по сравнению с интактной группой.
3. Экспериментальная гиперинсулинемия снижает содержание продуктов окислительной модификации белков в эритроцитах крови лабораторных крыс в 1,3-6 раз по сравнению с интактной группой. После купирования инсулинового шока наблюдается повышение данного показателя у лабораторных животных по сравнению с группой без устранения гиперинсулинемии.
4. Под влиянием гиперинсулинемии выявлено увеличение активности каталазы в гемолизате эритроцитов крови лабораторных крыс группы в состоянии выраженной гиперинсулинемии по сравнению с интактной группой. Данный

показатель проявляет тенденцию к увеличению в эритроцитах крови группы лабораторных крыс после купирования инсулинового шока глюкозой.

Список литературы

1. Ogilvy-Suart A. Hypoglycemia, management of hyperinsulinism / A. Ogilvy-Suart, P. Midgley // *Practical Neonatal Endocrinology*. – 2006. – P. 7–27.
2. Архипов В.Ф. Особенности раннего послеоперационного периода у больных органическим гиперинсулинизмом / В.Ф. Архипов // *Вестник хирургии*. – 1996. – Том 155, №2. – С. 29–32.
3. Асмоловская М.Б. Пато- и морфогенетические особенности диабетических ангиопатий / М.Б. Асмоловская, А.Е. Доросевич // *Здравоохранение Белоруссии*. – 1992. – №7. – С. 53–59.
4. Диагностика и лечение органического гиперинсулинизма / А.В. Егоров, Н.М. Кузин, С.А. Кондрашин [и др.] // *Хирургия*. – 1999. – №12. – С. 21–26.
5. Инсулинотерапия больных сахарным диабетом / [Ефимов А.С., Скробонская Н.А., Ткач С.Н., Сакало Е.А.]. – К.: Здоровье, 2000. – 248 с.
6. 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.
7. Органический гиперинсулинизм / Н.М. Кузин, А.В. Егоров, М.Г. Лакреева [и др.] // *Клиническая медицина*. – 1998. – №4. – С. 7–11.
8. High blood glucose concentration is a risk factor for mortality in middle-aged nondiabetic me/ B. Balkou, M. Shipley, Jarrett R.J. [et al.] // *Diabetes Care*. – 1998. – V. 21. – P. 360–367.
9. Barrett Connor E.M. Does hyperglycemia really cause coronary heart disease? / E.M. Barrett Connor // *Diabetes Care*. – 1997. – V. 20. – P. 1620–1623.
10. Mortality from coronary heart disease in the Tecumseh Study. Long-term effect of diabetes mellitus, glucose tolerance and other risk factors / W.J. Butler, L.D. Ostrander, W.J. Carman [et al.] // *Am. J. Epidemiol.* – 1985. – V. 121. – P. 541–547.
11. Diabetes and cardiovascular disease. A statement for healthcare professionals from the American Heart Association / S.M. Grundy, I.J. Benjamin, G.L. Burke [et al.] // *Circulation*. – 1999. – V. 100. – P. 1134–1146.
12. 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.
13. Ginsberg Henry N. Insulin resistance and cardiovascular disease / N. Henry Ginsberg // *Journal of clinical investigation. New York*. – 2000. – Vol. 106, № 4. – P. 453–457.
14. 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.
15. Компоненты метаболического синдрома у больных с артериальной гипертензией / М.Н. Мамедов, Н.В. Перова, В.А. Метельская [и др.] // *Кардиология*. – 1997. – № 12. – С. 37–41.
16. Stamler J. Diabetes, other risk factors and 12-yr cardiovascular mortality for men screened in the Multiple Risk Factor Intervention Trial / J. Stamler, O. Vaccaro, J.D. Neaton [et al.] // *Diabetes Care*. – 1993. – Vol. 16. – P 434–444.
17. Kaplan N.M. The deadly quartet: upper-body obesity, glucose intolerance, hypertriglyceridemia and hypertension / N.M. Kaplan // *Arch. Intern. Med.* – 2009. – V.149. – P. 1514–1520.
18. Бритов А.Н. Профилактика артериальной гипертензии на популяционном уровне: возможности и актуальные задачи / А.Н. Бритов // *Русский медицинский журнал*. – 1997. – № 5. – С. 571–576.
19. Исследование природы взаимодействий инсулина с поверхностью эритроцитов и состава гормонтранспортирующего комплекса плазмы крови человека / О.С. Елисеева, Н.А. Киреева, А.С. Першина [и др.] // *Вестник ОГУ*. – 2009. – № 6. – С. 476–478.
20. Drabkin D. A simplified technique for large crystallisation of haemoglobin in the enistalline / D. Drabkin // *Fnn N. S. Acad. Sci.*, 1964 – Vol. 121, № 11 – P. 404–407.

21. Долгов В.В. Лабораторная диагностика нарушений обмена углеводов / В.В. Долгов, Т.Ю. Демидова. – Москва: Практика, 2002. – 80 с.
22. Базарнова М.А. Руководство по клинической лабораторной диагностике / М.А. Базарнова, В.Т. Морозова. – Киев: Вища школа, 1986. – 175 с.
23. Меньшиков В.В. Лабораторные методы исследования в клинике / В.В. Меньшиков, Л.Н. Делекторская. – Москва: Медицина, 1987. – С.215–228.
24. Камышников В.С. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике / В.С. Камышников. – Москва: Медпрес – информ, 2004. – 451 с.
25. Хаггинс Ч. Расшифровка клинических лабораторных анализов / Чарльз Б. Хаггинс, пер. с англ. В.Л. Эмануэля. – Москва: Бином, 2004. – С. 41–87.
26. Дубинина Е. Окислительная модификация белков / Е. Дубинина, В. Шугалей // Успехи современной биологии. – 1993. – Т. 113, Вып. 1. – С. 71–81.
27. Скрининговый метод определения средних молекул в биологических жидкостях. Метод. рекоменд. / [Н.И. Габриэлян, Э.Р. Левицкий, А.А. Дмитриев и др.] – М.: Медицина, 1985. – 18 с.
28. Гаврилов В.Б. Определение тирозин- и триптофансодержащих пептидов в плазме крови по поглощению в УФ-области спектра / В.Б. Гаврилов, Н.Ф. Лобко, С.В. Конев // Клин. лаб. диагн. – 2004. – Вып.3. – С. 12–16.
29. Tomasevic N. Insulin-induced glycosylphosphatidylinositol (GPI) binding to red cell membrane proteins / N. Tomasevic, M. Nikolic, V. Niketic // J. Serb. Chem. Soc. – 2002. – Vol. 67, № 12 – С. 819–824.
30. Lochs H. Uptake and metabolism of dipeptides by human red blood cells / Herbert Lochs, L. Morse Emile, A Siamak // Biochem. J. – 1990. – Vol. 271. – P. 133–137.
31. Абакумова Ю.В. Свободнорадикальное окисление при атеросклерозе как патогенный фактор / Ю.В. Абакумова, Н.А. АрдаMATский // Медико-биологический вестник им. Я.Д. Витебского. – 1996. – Т. 21. – Вып. 2. – С. 15–21.
32. Калусев А.В. Выполняют ли регуляторную роль в клетке взаимодействия АФК с ДНК? / А.В. Калусев // Український біохімічний журнал. – 1999. – Т. 71. – Вып. 2. – С. 104–108.
33. Зенков Н.К. Окислительный стресс: Биохимический и патофизиологический аспекты / Зенков Н.К., Ланкин В.З., Меньщикова Е.Б. – М.: МАИК, 2001. – 343 с.
34. Зайцев В.Г. Активные формы кислорода (синопсис) / В.Г. Зайцев // Успехи современной биологии. – 2004. – Вып. 2. – С. 69–75.
35. Кутлубаев М.А. Свободнорадикальное окисление и его регуляция психотропными препаратами в условиях хронического стресса (клинико-экспериментальное исследование): автореф. дис. на соискание ученой степени кандидата медицинских наук: спец. 14.00.16 «Патологическая физиология» / М.А. Кутлубаев. – Омск, 2007. – 22 с.
36. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease / Valko Marian, Dieter Leibfritz, Jan Moncol [et al.] // The International Journal of Biochemistry & Cell Biology. – 2007. – Vol. 39.– P. 44–84.
37. Кулинский В.И. Активные формы кислорода и оксидативная модификация макромолекул: польза, вред и защита / В.И. Кулинский // Соросовский Образовательный Журнал. – 1999. – № 1. – С. 2–7.
38. Скулачев В.П. Кислород в живой клетке: Добро и зло / В.П. Скулачев // Соросовский Образовательный Журнал. – 1996. – № 3. – С. 4–10.
39. Соколовский В.В. Тиоловые антиоксиданты в молекулярных механизмах неспецифической реакции организма на экстремальное воздействие / В.В. Соколовский // Вопр. мед. химии. – 1988. – № 34 (6). – С. 2–11.
40. Свободные радикалы в живых системах / Ю.А. Владимиров, О.А. Азизова, А.И. Деев [и др.] // Итоги науки и техники. Сер. Биофизика. – 1991. – Т. 29. – С. 3–15.
41. Голубев А.Г. Изнанка метаболизма / А.Г. Голубев // Биохимия. – 1996. – Т.61, Вып. 11. – С. 2018–2026.
42. Биохимия человека. Т.2 / [Марри Р., Греннер Д., Мейес П., Родуэлл В.]; пер. с англ. М.Д. Гроздовой. – Москва: МИР, 1993. – 415 с.

Нікольська В.О. Зміни біохімічних показників еритроцитів крові під впливом експериментальної гіперінсулінемії / **В.О. Нікольська** // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 89-97.

Наведено дані, що свідчать про те, що вплив експериментальної гіперінсулінемії призводить до реципрокних змін вмісту молекул середньої маси в гемолізаті еритроцитів крові лабораторних щурів і підвищенню активності каталази. Методом визначення окисної модифікації білків встановлена активація перекисних процесів в еритроцитах крові з утворенням альдегідних і кетонних продуктів нейтрального й основного характеру.

Ключові слова: гіперінсулінемія, еритроцити крові, окислювальна модифікація, молекули середньої маси.

Nikolskaya V.A. Changes of biochemical indexes of red blood cells effects in experimental hyperinsulinemia / **V.A. Nikolskaya** // Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 89-97.

Evidence that the effects of experimental hyperinsulinemia leads to reciprocal changes in the content of middle molecules in hemolysate red blood cells of laboratory rats and increased activity of catalase has presented. By the method of determining the oxidative modification of proteins activation of peroxidation processes in erythrocytes with the formation of aldehyde and ketonic products of neutral and basic character is established.

Keywords: hyperinsulinemia, erythrocytes, oxidative modification, middle molecules.

Поступила в редакцію 19.10.2010 г.

УДК612.769:796.015.572

**АКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ В РЕГУЛЯЦИИ
УРОВНЯ КРОВОТОКА У ПЛОВЦОВ РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА В
ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К СПЕЦИФИЧЕСКИМ ФИЗИЧЕСКИМ
НАГРУЗКАМ**

Погодина С.В.

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

Изучались особенности функциональной взаимосвязи и коррелированности компонентов системы кровообращения в обеспечении оптимального уровня кровотока у пловцов разного возраста при физических нагрузках субмаксимальной мощности.

Ключевые слова: функциональная система кровообращения, внутрисистемные взаимосвязи, этапы онтогенеза, адаптация, физические нагрузки.

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность адаптации к воздействию различных внешних факторов зависит, как от степени выраженности приспособительных реакций в организме, что в свою очередь определяется этапом онтогенеза, так и от силы внешнего воздействия [1]. При занятиях спортом сила этого воздействия варьирует в достаточно-большом диапазоне [2], и основной проблемой в данном случае выступает адекватность применяемых физических нагрузок физиологической зрелости организма юных спортсменов на различных этапах онтогенеза [3]. Причем, при определении адекватности реакции на внешнее воздействие необходимо учитывать не только количественные характеристики величин основных параметров компонентов системы, но и характер взаимосвязей между этими компонентами, что в совокупности и обуславливает эффективность функционирования системы в достижении полезного приспособительного результата [4]. Как известно, при физических нагрузках, полезным приспособительным результатом функциональной системы кровообращения является адекватный, метаболическому запросу организма, уровень кровотока [5]. При этом в процессе долговременной адаптации к физическим нагрузкам формируется тип взаимодействия кардио-гемодинамических параметров, обеспечивающих достижение оптимального приспособительного эффекта [6]. Количество внутрисистемных взаимодействий может характеризовать активность системы в регуляции уровня кровотока. В этой связи представляет практический интерес изучение функциональной сопряженности и коррелированности различных компонентов системы кровообращения в

обеспечении оптимального уровня кровотока у пловцов различного возраста в процессе адаптации к специфическим физическим нагрузкам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях приняли участие 75 пловцов мужского пола в возрасте от 9 до 16 лет. Испытуемые были разделены на 3 группы (9-10, 11-13, 14-16 лет). Исследование возрастной динамики показателей системы кровообращения как в покое, так и при физических нагрузках субмаксимальной мощности проводили реографическим методом с помощью реоанализатора РА 5-01. Изучали следующие кардио-гемодинамические показатели: частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), ударный объем крови (УО, мл), минутный объем крови (МОК, л/мин), сердечный индекс (СИ, л/мин/м²), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС, дин·с⁻¹·м⁻⁵), длительность сердечного цикла (ДСЦ, с). Расчетным методом определяли среднее артериальное давление (САД, мм рт. ст.), объемную скорость выброса (ОСВ, мл/с). Результаты исследований обрабатывались с помощью методов математической статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Процессы формирования долговременной адаптации к физическим нагрузкам представляют собой динамическое единство количественных преобразований, происходящих в организме спортсменов, сочетающихся с качественными изменениями [3]. При этом необходимо учитывать, что возрастная специфика вегетативных функций определяется не только морфо-функциональной организацией деятельности системы кровообращения, но и характером внутрисистемных взаимодействий [4]. С целью выявления особенностей взаимосвязей основных кардио-гемодинамических показателей между собой в онтогенезе пловцов нами был проведен корреляционный анализ параметров системы кровообращения у спортсменов трех возрастных групп. На Рис. 1-А представлены корреляционные связи между исследуемыми показателями, определяющими уровень кровотока в состоянии покоя у детей 9-10 лет.

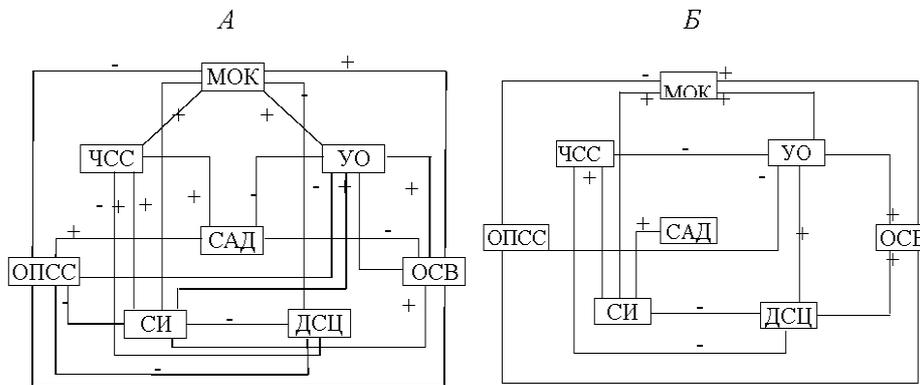


Рис. 1. Корреляционные связи между показателями, определяющими уровень кровотока в состоянии покоя А – у пловцов 9-10 лет, Б – у пловцов 11-13 лет.

Всего выявлено 20 достоверных связей. Стабильный уровень ОСВ обеспечивался у детей этого возраста ЧСС и величиной УО ($r=0,63$). Однако между этими параметрами не выявлено достоверного взаимодействия. Величина МОК была связана с СИ ($r=0,96$), ОПСС, ($r=-0,79$), ОСВ, ($r=0,82$), ДСЦ, ($r=-0,57$). Важное значение, с точки зрения сбалансированности системы кровообращения, имело наличие отрицательной взаимосвязи между ОПСС и СИ ($r=-0,89$). У пловцов 11-13 лет отмечалось уменьшение достоверных связей до 14, что свидетельствовало об изменениях в механизмах регуляции системы кровообращения (рис. 1-Б). Отмечено снижение корреляционной взаимосвязи между ОПСС и СИ до статистически незначимой. Для спортсменов в возрасте 14-16 лет характерным явилось увеличение количества достоверных корреляционных связей до 18 лет (рис. 2). МОК в большей степени зависел от величины УО ($r=0,81$), ОПСС ($r=-0,83$) и объёмной скорости выброса, ($r=0,89$). Увеличение количества достоверных связей в этом возрасте было связано с повышением количества компонентов системы кровообращения, обеспечивающих регуляцию и поддержание постоянной величины САД. Сбалансированность системы кровообращения определялась наличием высокой отрицательной зависимости между ОПСС и СИ, ($r=-0,87$). При выполнении субмаксимальной физической нагрузки направленность и количество достоверных корреляционных связей у всех испытуемых изменялось. У детей 9-10 лет число этих связей уменьшилось до 11, (рис. 3-А). Значительное влияние на величину объёмной скорости кровотока оказывали ОПСС, ($r=-0,52$), УО, ($r=0,60$), среднее артериальное давление ($r=-0,42$), и площадь поверхности тела ($r=0,69$).

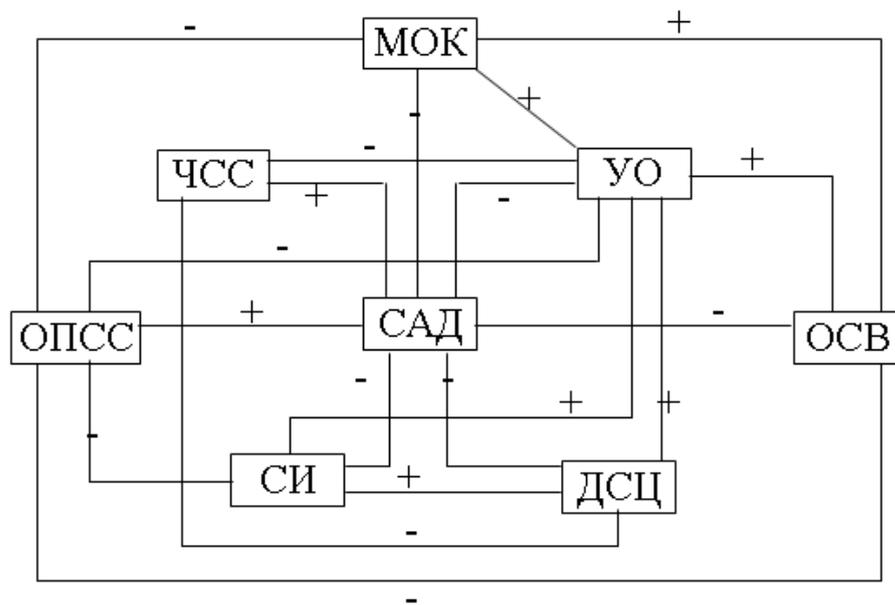


Рис. 2. Корреляционные связи между показателями, определяющими уровень кровотока в состоянии покоя у детей 14-16 лет.

У подростков 11-13 лет зафиксировано увеличение количества корреляционных

связей до 14, (рис. 3-Б). Величина МОК определялась ростом УО ($r=0,78$), объёмной скорости выброса, ($r=0,86$), снижением ОПСС, ($r=-0,73$). Отмечено увеличение числа связей, оказывающих влияние на повышение сердечного индекса. Прирост МОК у пловцов 14-16 лет определялся ЧСС, ($r=0,78$) и ОСВ, ($r=0,42$) (рис.4).

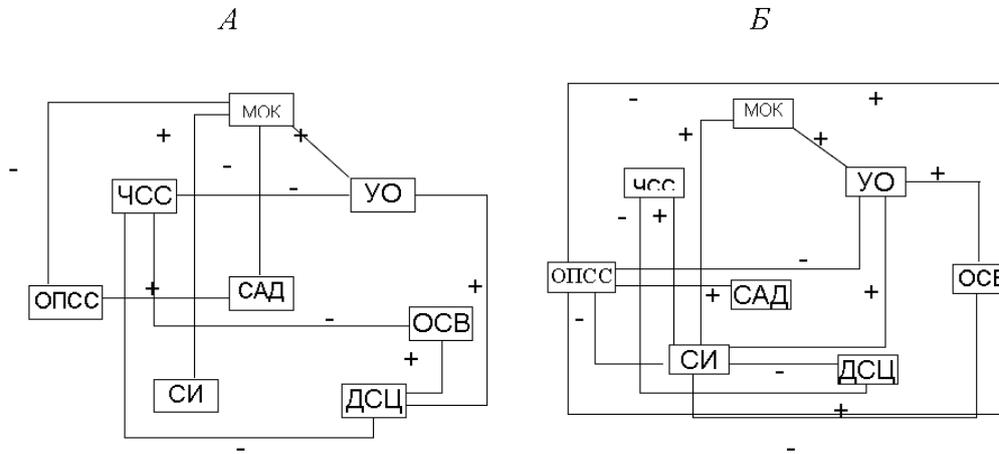


Рис. 3. Корреляционные связи между показателями, определяющими уровень кровотока при выполнении субмаксимальной физической нагрузки А – у детей 9-10 лет, Б – у детей 11-13 лет.

Основные усилия компонентов системы кровообращения были направлены на обеспечение стабильного уровня САД. У пловцов 14-16 лет количество достоверных корреляционных составило 17. При анализе внутрисистемных взаимодействий исходили из того, что количество достоверных корреляционных связей может характеризовать активность компонентов системы в регуляции уровня кровотока. Проведенный анализ показал, что у детей 9-10 лет общее количество внутрисистемных взаимосвязей составило 20. Очевидно, в состоянии относительного мышечного покоя, в силу недостаточной сократительной способности миокарда, включение большого числа внутрисистемных взаимодействий обеспечивало необходимый уровень МОК, что влекло за собой снижение экономичности функционирования всей системы. Однако наличие отрицательной зависимости между ОПСС и СИ можно отнести к положительному фактору, обеспечивающему в процессе роста расширение функциональных возможностей системы кровообращения. В дальнейшем, адаптация системы кровообращения в сочетании с повышением общей тренированности пловцов, определялась в состоянии покоя увеличением МОК исключительно за счет роста ударного объема сердца. Экономизирующий эффект адаптивных перестроек проявлялся снижением числа внутрисистемных взаимосвязей у пловцов 11-13 лет до 14. Следует обратить внимание на изменение уровня корреляционной взаимосвязи между ОПСС и СИ до статистически незначимой.

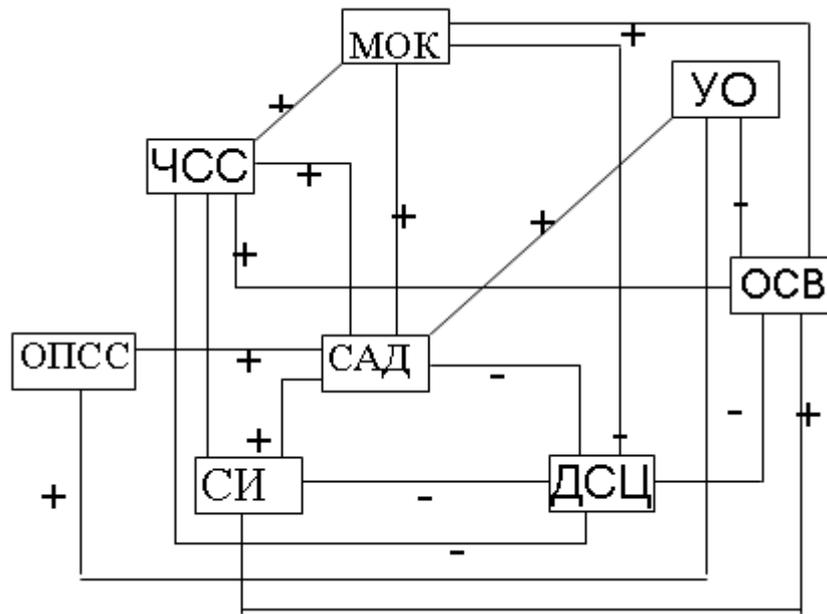


Рис. 4. Корреляционные связи между показателями, определяющими уровень кровотока при выполнении субмаксимальной физической нагрузки у детей 14-16 лет.

Очевидно, вступление подростков в период полового созревания сопровождалось выраженным дисбалансом между значительным увеличением морфометрических размеров тела и неадекватным ростом сосудистой системы [7]. У пловцов 14-16 лет в состоянии относительного покоя зарегистрировано 18 внутрисистемных взаимосвязей. Повышение числа внутрисистемных взаимодействий в этом возрасте можно связать с формированием оптимальной скоординированности системы кровообращения после пубертатного скачка [4]. Систематизация взаимодействий компонентов системы в этом случае направлена на усиление регулирующих влияний по обеспечению величины САД. Наличие отрицательной корреляции между ОПСС и СИ можно оценить, как проявление определенной сбалансированности системы кровообращения у пловцов 14-16 лет. При оценке корреляционных связей во время преодоления нагрузки субмаксимальной мощности, предполагалось, что снижение количества достоверных корреляционных взаимосвязей может быть связано с изменением степеней свободы, регулирующих выработку оптимального варианта включения компонентов системы в обеспечении уровня МОК при мышечной деятельности. У детей 9-10 лет снижение числа достоверных корреляционных связей до 11, очевидно было связано с функциональной неготовностью определенных компонентов системы участвовать в обеспечении максимального приспособительного эффекта. У спортсменов 11-13 лет при нагрузках зафиксировано то же количество корреляционных связей (14), что и в покое. Однако на разбалансировку системы во время пубертатного скачка указывало отсутствие

достоверной корреляции между ОПСС и СИ. Тем не менее, регулярные тренировочные занятия способствовали формированию емкостного типа кровообращения, характеризующегося снижением ОПСС и значительным повышением доли ударного объема сердца в приросте МОК. Для спортсменов 14-16 лет характерным явилось повышение количества достоверных корреляционных связей до 17. Усиленный метаболический запрос организма хотя и обеспечивался значительным количеством внутрисистемных взаимодействий, однако отсутствие достоверной взаимосвязи между показателями ОПСС и СИ свидетельствовало еще о недостаточно высокой степени эффективности системы.

ВЫВОДЫ

1. В процессе адаптации к физическим нагрузкам, обеспечение необходимого уровня кровотока на различных этапах онтогенеза пловцов осуществляется за счет формирования определенных типов взаимосвязей между компонентами системы кровообращения, а также за счет различной степени вовлечения этих компонентов в обеспечение максимального приспособительного результата.
2. Показано, что низкая эффективность системы кровообращения у начинающих пловцов 9-10 лет характеризуется резким уменьшением числа внутрисистемных компонентов, обеспечивающих уровень МОК в условиях мышечной деятельности, что снижает возможности в выработке оптимального варианта ее функционирования. С повышением возраста спортсменов и формирования емкостного типа кровообращения, метаболический запрос организма обеспечивается увеличением количества внутрисистемных взаимодействий.
3. Выявленные закономерности возможно использовать в качестве критериев, определяющих эффективность приспособительных реакций системы кровообращения спортсменов к физическим нагрузкам, что позволяет корректировать нормирование внешних физических воздействий в многолетнем тренировочном процессе юных пловцов.

Список литературы

1. Меерсон Ф.З. Адаптация к стрессовым ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшенникова – М.: Медицина, 1988. – 256 с.
2. Платонов В.Н. Система подготовки спортсменов в олимпийском спорте. Общая теория и ее практические приложения / Платонов В.Н. – К.: Олимпийская литература, 2004. – 808 с.
3. Платонов В.Н. Адаптация в спорте / Платонов В.Н. – Киев.: Здоров'я, 1988. – 216 с.
4. Судаков К.В. Основы физиологии функциональных систем / Судаков К.В. – М.: Медицина, 1983. – 272 с.
5. Погодина С.В. Возрастные особенности реакций системы кровообращения пловцов на дозированное воздействие физических нагрузок / С.В. Погодина // Таврический медико-биологический вестник – 2003. – № 1. – С. 111–114.
6. Возрастная физиология / [В.Н. Черниговский, Н.П. Бехтерева, П.Г. Костюк и др.] – Л.: Наука, 1975. – 692 с. – (Серия «Руководство по физиологии»)
7. Глебовский В.Д. Физиология плода и детей / Глебовский В.Д. – М.: Медицина, 1988. – 224 с

Погодіна С.В. Активність системи кровообігу у регуляції рівня кровотоку у плавців різного віку в процесі адаптації до специфічних Фізичних навантажень / С.В. Погодіна // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 98-104.

Вивчалися особливості функціональної сполучуваності і корельованості різних компонентів системи кровообігу в забезпеченні оптимального рівня кровотоку в плавців різного віку при фізичних навантаженнях субмаксимальної потужності.

Ключові слова: функціональна система кровообігу, внутрішньосистемні взаємозв'язки, етапи онтогенезу, адаптація, фізичні навантаження.

Pogodina S.V. Activity of the cardiovascular system in regulation of blood flow swimmers of various ages in adapting to the specific physical loads / S.V. Pogodina // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 98-104.

The features of interaction of various components of system of movement of blood in maintenance of an optimum level of speed of movement of blood at the swimmers of various age were studied at physical loadings.

Keywords: functional system, interrelations of system, physical development, adaptation, loading.

Поступила в редакцію 16.09.2010 г.

УДК 582.282

**ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПИТАЮЩИХ
РАСТЕНИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ РЖАВЧИННОГО ГРИБА *MELAMPSORA
POPULNEA* (PERS.) P. KARST. (UREDINALES)**

Просьянникова И.Б., Кострикова Л.А.

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

Изучено влияние ржавчинного гриба *Melampsora populnea* (Pers.) P. Karst. на анатомическое строение вегетативных органов питающих растений: *Mercurialis perennis* L. и *Populus niger* L. Выявлено локальное и эндофитное расположение паразита в тканях растений-хозяев, обнаружено явление гипертрофии тканей и деформации органов у *M. perennis*. Установлено, что под влиянием возбудителя болезни у *M. perennis* наблюдается делигнификация клеток склеренхимы, более слабое развитие перимедулярной зоны.

Ключевые слова: ржавчинный гриб *Melampsora populnea* (Pers.) P. Karst., анатомическое строение вегетативных органов растений-хозяев: *Mercuriales perennis* L. и *Populus niger* L.

ВВЕДЕНИЕ

Вредоносность ржавчинных грибов заключается не только в том, что патогены, проникая в ткань растения-хозяина, питаются за его счет, но и в уменьшении ассимиляционной поверхности, что часто является причиной отмирания листьев и стеблей. Нарушение анатомической целостности тканей растений под влиянием ржавчинных грибов приводит к изменению транспорта воды, минеральных и органических веществ, дестабилизирует физиологическое состояние растений, делая их более уязвимыми к абиотическим факторам окружающей среды [1]. Согласно данным литературы [2, 3], *Melampsora populnea* (Pers.) P. Karst. – разнохозяйный вид: спермогонии (0) и эдии (I) развиваются на *Mercurialis perennis* L. (Euphorbiaceae), а урединии (II) и телии (III) – на видах рода *Populus* L. (Salicaceae). Поэтому объектами исследования явились два вида растений-хозяев: *M. perennis* и *Populus niger* L., пораженные ржавчинным грибом *M. populnea*.

Целью нашего исследования явилось изучение влияния ржавчинного гриба *M. populnea* на анатомическое строение питающих растений: *M. perennis* и *P. niger*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Идентификацию образцов *M. populnea* на листьях растений-хозяев проводили стандартным методом с помощью определителей [4, 5], а названия растений-хозяев представлены по [6]. Объект исследования – растения *M. perennis* и *P. niger*, пораженные ржавчинным грибом в окрестностях села Краснолесье Симферопольского

района АР Крым на склонах горы Кош-Кая (691 м н.у. м.) на трех однородных пробных площадях по 100 м² каждая с различной степенью крутизны склонов. Природная растительность горы Кош-Кая представлена лесом формации *Querceta petraeae* порослевого происхождения [7] 70-80-летнего возраста. На восточном и северо-восточном склонах древесный ярус, помимо *Q. petraea* L. ex Liebl., представлен *Carpinus orientalis* Mill., *Fagus orientalis* Lipsky., *Fraxinus excelsior* L., *Acer campestre* L. В весенний период на влажных почвах в травянистом ярусе доминирует *M. perennis* и *Physospermum cornubiense* Cuss. Варианты опыта: контроль – здоровое растение, опыт – пораженное ржавчинным грибом *M. populnea*. Для выявления гиф мицелия гриба в растительных тканях использовали фиксатор [8], а для выявления лигнина препараты обрабатывали флороглюцином с соляной кислотой.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анатомическое строение стебля *M. perennis*. На поверхности стебля с двух сторон расположены ребра, заполненные уголкового колленхимой. Стебель покрыт эпидермой с кутикулой. Под эпидермой располагается первичная кора, состоящая из 1-2 слоев колленхимы уголкового типа, затем следуют крупные клетки овальной формы – это паренхима первичной коры, которая завершается эндодермой, или крахмалоносным влагалищем. За слоем эндодермы располагается центральный цилиндр, в состав которого входят: однослойный перицикл, открытые коллатеральные пучки, спаянные в единое кольцо склеренхимой перициклического происхождения, затем следует перимедулярная зона сердцевины. В проводящих пучках ксилема представлена первичными и вторичными элементами, состоящими из узкопросветных и широкопросветных сосудов, соответственно. Флоэма дифференцирована на первичную, которая частично по периферии пучка превратилась в склеренхиму и вторичную, выполняющую типичную функцию, характерную для флоэмы. Слой камбия в проводящих пучках неясно выражен. В целом, анатомическое строение стебля *M. perennis* соответствует типичному строению стебля травянистых двудольных растений пучкового типа (рис. 1).

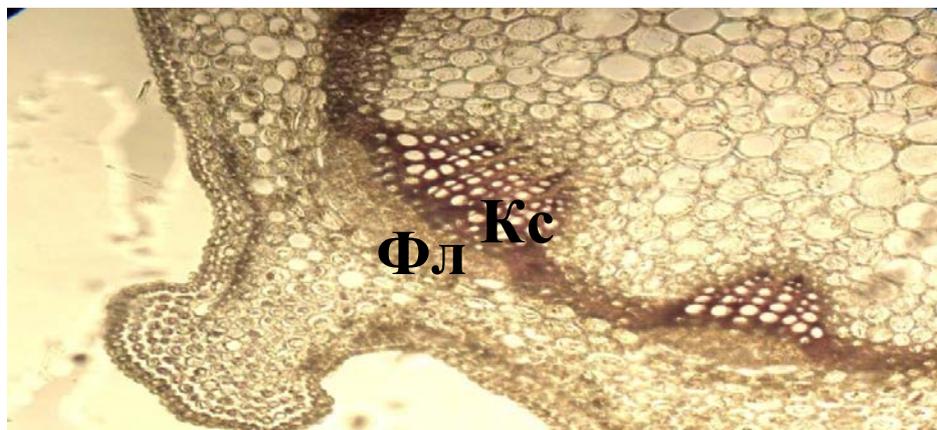


Рис. 1. Поперечный срез стебля *M. perennis*, контроль (увел.15×20, ориг.): Кс – ксилема; Фл – флоэма.

У пораженных растений, созревшие эции ржавчинного гриба *M. populnea* на стебле вызывают разрыв эпидермы, тогда роль покровных тканей берет на себя наружный слой паренхимы первичной коры, расположенный под эпидермой; в этом случае наблюдается утолщение наружных клеточных стенок клеток паренхимы. Существенных изменений в анатомическом строении первичной коры под влиянием инфекции не наблюдается, но эндодерма выражена слабее, по сравнению с контролем. При поражении стебля проводящие пучки также развиты слабее, они отличаются более мелкими размерами, чем в контрольном варианте.

В опытном варианте выявлено отсутствие в стебле кольца склеренхимы периклического происхождения (рис. 2). Мы полагаем, что наблюдаемая нами делигнификация клеток склеренхимы стебля под влиянием инфекции связана с дополнительным оттоком углеводов из флоэмы пораженного растения путем радиального транспорта к месту внедрения возбудителя в ткани растения-хозяина. В опытном варианте также отмечается более слабое развитие перимедулярной зоны сердцевины.

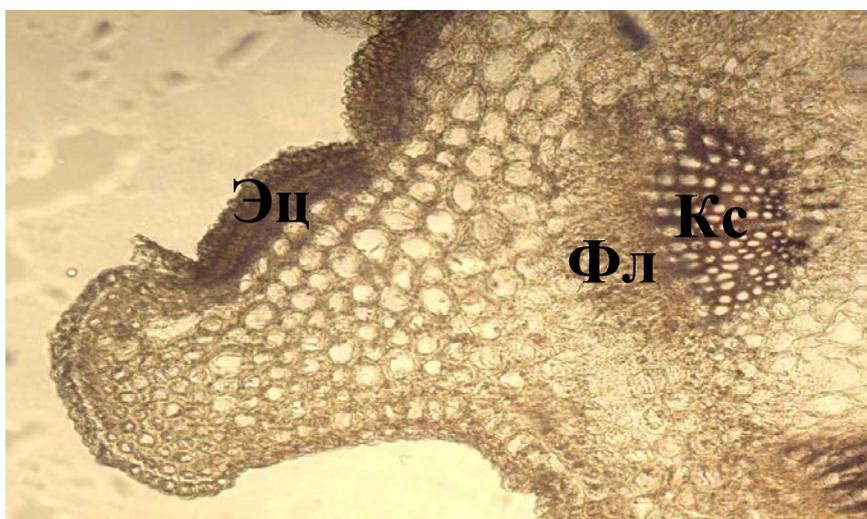


Рис. 2. Поперечный срез стебля *M. perennis*, пораженного ржавчинным грибом *M. populnea*, эцидиальное спороношение (увел.15×20, ориг.): **Кс** – ксилема; **Фл** – флоэма; **Эц** – эций.

Анатомическое строение листа *M. perennis*. Лист имеет перистое жилкование, эпидерма – типичного строения, без кутикулы. Под и над главной жилкой расположено несколько слоев уголкового колленхимы. В центральной жилке находится закрытый коллатеральный проводящий пучок без механической обкладки. На верхней стороне главной жилки листа имеется утолщенное ребро. Мезофилл листа слабо дифференцирован и представлен 4-5 слоями клеток со слабо развитыми межклетниками. Лист опушен редкими простыми конусовидными трихомами (рис. 3).

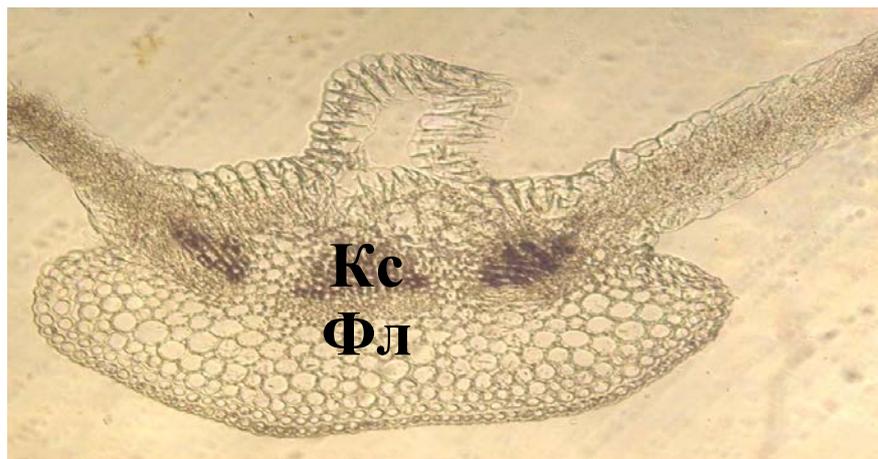


Рис. 3. Поперечный срез листа *M. perennis*, средняя жилка, контроль (увел.15×20, ориг.): Кс – ксилема; Фл – флоэма.

Ржавчинный гриб *M. populnea* – разнодомный вид. Спермогонии формируются, как правило, на листьях *M. perennis*, под эпидермисом, с плоским или несколько вогнутым гимением и сходящимися в виде усеченного конуса стеригмами. Эции (цеомы) развиваются на *M. perennis*, а уредо- и телейтостадии на видах рода *Populus*. Эцидии располагаются группами до 2 см диаметром, оранжевые, сливающиеся друг с другом, около 0,1 см величиной (рис. 4).



Рис. 4. Эции ржавчинного гриба *Melampsora populnea* (Pers.) P. Karst. на листе *Mercurialis perennis* L., (увел. 10×15).

Поражение листа *M. perennis* ржавчиной вызывает недоразвитие проводящих пучков листьев. В месте внедрения гриба отмечается некроз эпидермы, мезофилла листа, вплоть до полного выпадения некротизированной ткани из листа (рис. 5).

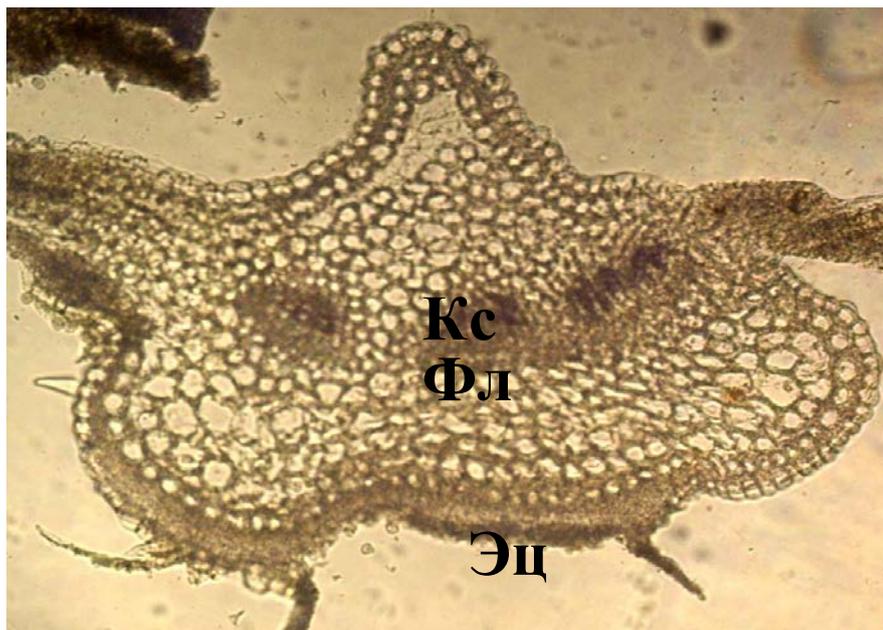


Рис. 5. Поперечный срез листа *M. perennis* (средняя жилка), пораженного ржавчинным грибом *M. populnea*, эцидиальное спороношение (увел.15×20, ориг.): Кс – ксилема; Фл – флоэма; Эц – эций.

Как видно из данных Таблицы 1, под воздействием гриба-паразита наблюдается явление гипертрофии тканей у *M. perennis*. В результате деформации ткани стебля под действием ржавчинного гриба средняя длина клеток хлоренхимы *M. perennis* составляет 88,2 мкм, что в 1,9 раза больше по сравнению с контролем (45,6 мкм).

Таблица 1

Влияние *Melampsora populnea* (Pers.) P. Karst. на анатомические показатели *Mercurialis perennis* L

Орган растения <i>M. perennis</i>	Вариант опыта	Длина клеток хлоренхимы стебля и мезофилла листа, мкм	Ширина клеток хлоренхимы стебля и мезофилла листа, мкм	Толщина клеточной стенки, мкм
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
Стебель	Контроль	45,6±0,4	35,8±0,4	0,07±0,01
	Опыт	88,2±0,4	73,6±0,4	0,10±0,04
Лист	Контроль	32,4±0,4	32,4±0,4	0,05±0,01
	Опыт	53,2±0,3	40,7±0,3	0,10±0,02

Те же тенденции к увеличению показателей под влиянием инфекции сохраняются и при сравнении значений ширины клеток хлоренхимы стебля (в опыте этот показатель был в 2 раза выше, чем в контроле). Так, например, при поражении листьев ржавчинным грибом *M. populnea* длина клеток мезофилла листа составляет 53,2 мкм, что в 1,6 раза больше, чем в контроле – 32,4 мкм (табл. 1). Под влиянием инфекции также наблюдается и утолщение клеточной стенки пораженных участков тканей. Так, например, в контроле толщина клеточной стенки листьев составила 0,05 мкм, а в опыте – 0,1 мкм, что в 2 раза выше по сравнению с контролем.

Анатомическое строение листа *Populus niger*. Анатомические исследования листьев второго растения-хозяина – *P. niger*, показали, что эпидерма листа развита одинаково с верхней и нижней стороны. На верхней стороне присутствует кутикула. Главная жилка листа имеет хорошо выраженную механическую обкладку с сильно одревесневшими клетками склеренхимы. Над и под жилкой располагается уголкового колленхима. Мезофилл листа четко дифференцирован на столбчатый и губчатый. Столбчатый мезофилл имеет вытянутые цилиндрические клетки, расположенные без межклетников в два ряда, губчатый мезофилл представлен четырьмя слоями клеток со слабо развитыми межклетниками (рис. 6).

При поражении ржавчинным грибом на нижней стороне листьев *P. niger* формируются уредокучки в виде жёлтых, подушкообразных, округлых, прочных пятен (урединиев) (рис. 7 А). Урединиоспоры шаровидные или широко-эллипсоидальные, стенки довольно толстые, шиповатые. Имеются парафизы с толстыми округлыми либо вытянутыми головками, реже булавовидными (рис. 7 Б). Размер урединиоспор колеблется в диапазоне: 15-28 x 14-18 мкм.

Как видно из данных Рис. 8, при внедрении гиф ржавчинного гриба *M. populnea* в мезофилл листа *P. niger* на стадии урединиоспороношения наблюдается уменьшение толщины склеренхимной обкладки проводящих пучков и деструктуризация анатомического строения листа по сравнению с контролем, особенно это проявляется в зоне столбчатого мезофилла. Телии развиваются на нижней стороне листа, мелкие (1 мм в диаметре), рассеянные или группами, темно-бурые (рис. 8). Телиоспоры призматические, светло-бурые, у вершины закругленные. Размер их колеблется в диапазоне - 27-44 x 6-11 мкм. При поражении ржавчиной происходит разрыв эпидермы и проникновение паразита вплоть до губчатого мезофилла (рис. 8).

При формировании телий *M. populnea* в листьях *P. niger* также наблюдаются явления уменьшения степени развитости склеренхимной обкладки (особенно это проявляется в зоне ксилемы) и деструктуризация анатомического строения листа (в зоне палисадного мезофилла) по сравнению с контрольным вариантом (рис. 6, 7 Б и 8).

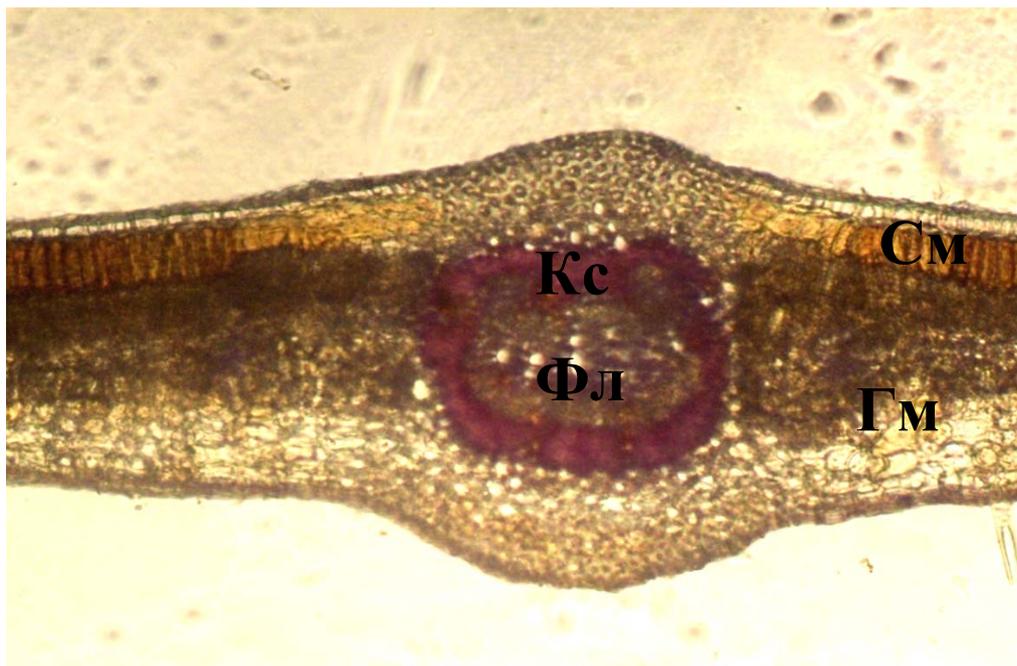


Рис. 6. Поперечный срез листа *P. niger*, контроль (увел. 15×20, ориг.): **Кс** – ксилема; **Фл** – флоэма; **См** – столбчатый мезофилл; **Гм** – губчатый мезофилл.

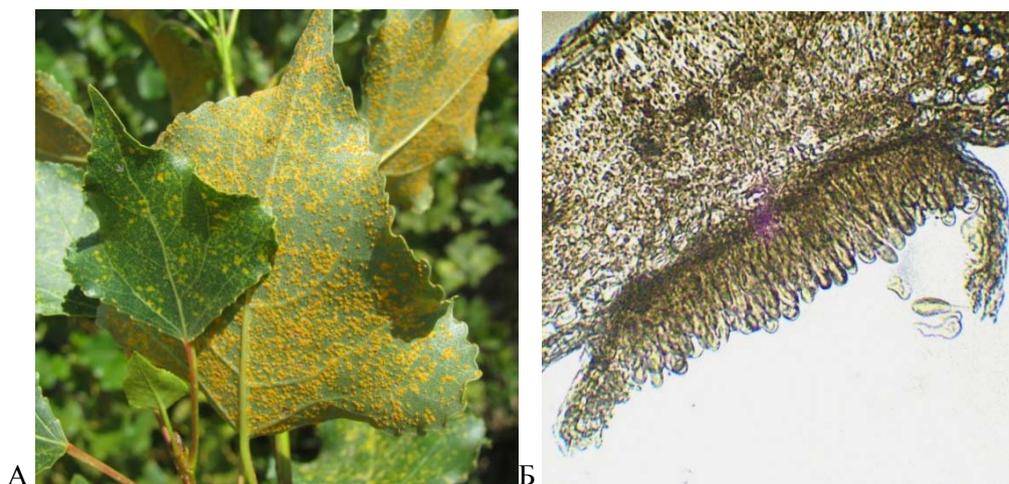


Рис. 7. Урединии ржавчинного гриба *Melampsora populnea* (Pers.) P. Karst. на листе *Populus niger* L.: А – общий вид; Б – урединий на поперечном срезе листа *P. niger* (увел. 15×20, ориг.).

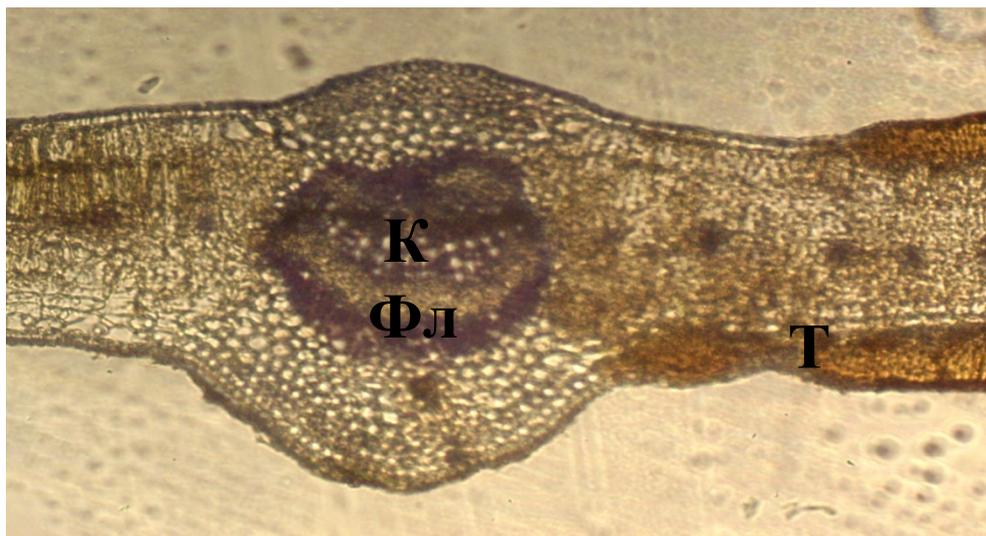


Рис. 8. Поперечный срез листа *P. niger*, пораженного ржавчинным грибом *M. populnea*, телиоспороношение (увел. 15×20, ориг.): **Кс** – ксилема; **Фл** – флоэма; **Т** – телий.

Наши исследования анатомического строения вегетативных органов *M. perennis* и *P. niger* позволили выявить локальное и эндофитное расположение паразита в тканях растения-хозяина. Явление гипертрофии тканей при поражении *M. populnea* ржавчинным грибом листьев *P. niger* нами не было отмечено.

ВЫВОДЫ

1. Проведены анатомические исследования вегетативных органов *M. perennis* и *P. niger*. Отмечено, что анатомическое строение стебля *M. perennis* соответствует типичному строению стебля травянистых двудольных растений пучкового типа. Выявлено локальное и эндофитное расположение паразита в тканях растения-хозяина, обнаружено также явление гипертрофии тканей и деформации органов у *M. perennis*.
2. Установлено, что под влиянием возбудителя болезни у *M. perennis* в стебле наблюдается недоразвитие проводящих пучков, более слабое развитие перимедулярной зоны и отсутствие кольца склеренхимы перициклического происхождения. Считаем, что делигнификация клеток склеренхимы под влиянием ржавчинного гриба связана с дополнительным оттоком углеводов из флоэмы пораженного растения к месту внедрения возбудителя в ткани растения-хозяина. В месте внедрения паразита в лист отмечается некроз эпидермы, мезофилла, вплоть до полного выпадения некротизированной ткани из листа.
3. Показано что под влиянием инфекции в листьях *P. niger* на стадии телио- и урединиоспороношений наблюдается уменьшение толщины склеренхимной обкладки проводящих пучков и деструктуризация анатомического строения листа.

Мы выражаем благодарность доценту кафедры ботаники, физиологии растений и биотехнологии Э.Г. Бирюлевой за оказанную консультативную помощь при выполнении данной статьи.

Список литературы

1. Рубин Б.А. Биохимия и физиология иммунитета растений / Рубин Б.А., Арциховская Е.В., Аксенова В.А. – М.: изд-во Высшая школа, 1975. – 320 с.
2. Гуцевич С.А. Обзор ржавчинных грибов Крыма / Гуцевич С.А. – ЛГУ, 1952. – 171 с. (С. 50, 94)
3. Грибы природных зон Крыма / [Дудка И.О., Гелюта В.П., Тихоненко Ю.А. та ін.]; під ред. І.О.Дудки. – К.: Фітосоціоцентр, 2004. – 452 с. – (Інститут ботаніки ім М.Г. Холодного НАНУ).
4. Ульянищев В.И. Определитель ржавчинных грибов СССР / Валерий Иванович Ульянищев. – Минск: Наука и техника, 1978. – Ч. 2. – 383 с.
5. Паразитные грибы степной зоны Украины / [Гелюта В.П., Тихоненко Ю.Я., Бурдюкова Л.И., Дудка И.А.]. – К.: Наук. думка, 1987. – 279 с.
6. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств / Сергей Кириллович Черепанов. – Санкт-Петербург: Мир и семья-95, 1995. – 990 с.
7. Дидух Я.П. Растительный покров Горного Крыма (структура, динамика, эволюция и охрана) / Яков Петрович Дидух. – Киев: Наук. думка, 1992. – 254 с.
8. Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. / [Р.П. Барыкина, Т.Д. Веселова, А.Г. Девятков и др.]. – М.: изд-во МГУ, 2004. – 312 с.

Присяннікова І.Б. Особливості анатомічної будови живильних рослин під впливом іржастого гриба *Melampsora populnea* (Pers.) P. Karst. (Uredinales) / І.Б. Присяннікова, Л.А. Кострікова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 105-113.

Вивчено вплив іржастого гриба *Melampsora populnea* (Pers.) P. Karst. на анатомічну будову вегетативних органів живильних рослин: *Mercurialis perennis* L. і *Populus niger* L. Виявлено локальне і ендоефітне розташування паразита в тканинах рослин-хазяїв, виявлено явище гіпертрофії тканин і деформації органів у *M. perennis*. Встановлено, що під впливом збудника хвороби у *M. perennis* спостерігається делігніфікація клітин склеренхіми, більш слабкий розвиток перимедулярної зони. У місці поразки *M. perennis* відзначається некроз епідерми, мезофілла листа, аж до повного випадіння некротизованої тканини. Показано що під впливом інфекції в листках *P. niger* на стадії теліо- і уредініоспороношень спостерігається зменшення товщини склеренхімної обкладки провідних пучків і деструктуризація анатомічної будови листа.

Ключові слова: іржастий гриб *Melampsora populnea* (Pers.) P. Karst., анатомічна будова вегетативних органів рослин-хазяїв: *Mercuriales perennis* L. і *Populus niger* L.

Prosyannikova I.B. Peculiar features of feeding plants' anatomical structure influenced by rust fungus *Melampsora populnea* (Pers.) P. Karst. (Uredinales) / I.B. Prosyannikova, L.A. Kostrikova // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 105-113.
The influence of the rust fungus *Melampsora populnea* (Pers.) P. Karst on the anatomic structure of vegetative organs of feeding plants *Mercurialis perennis* L. and *Populus niger* L. is studied. Local and entophytic parasite's disposition in the tissues of host plants is revealed, the phenomenon of tissues' hypertrophy and deformation of organs of *M. perennis* are found. It can be adjudged that under the influence of the pathogen on *M. perennis*, the delignification of sclerenchyma's cells and a weaker development of perimedullary zone are observed. The necroses of the epidermis, leaf's mesophyll along with the complete loss of necrotic tissue are noticed at the place of the lesion in *M. perennis*. It is shown that under the influence of infection in leaves of *P. niger* at the stage of telio- and urediniosporulation, a decrease in the thickness of sklerenchyma layer of vascular bundles and destruction of leaf's anatomy are observed.

Keywords: rust fungus *Melampsora populnea* (Pers.) P. Karst., anatomic structure of vegetative organs of host-plants: *Mercuriales perennis* L. and *Populus niger* L.

Поступила в редакцію 18.09.2010 г.

УДК 591.5: 595.771

**СЕЗОННАЯ АКТИВНОСТЬ И ДИНАМИКА ПЛОТНОСТИ
КРОВСОСУЩИХ КОМАРОВ (*DIPTERA, CULICIDAE*) В ВОДОЁМАХ
ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА**

Разумейко В.Н., Ивашов А.В., Оберемок В.В.

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

Рассматриваются фенологические даты активности кровососущих комаров в течении сезона в сравнении с вегетацией растений и гидрометеорологическими явлениями. Описана сезонная динамика плотности кровососущих комаров в условиях различных водоёмов Крымского южного берега. Даны средние даты паразитической активности массовых видов комаров Южного берега Крыма.

Ключевые слова: комар, фенология, сезонный ритм, Южный берег Крыма.

ВВЕДЕНИЕ

Кровососущие комары распространены по территории Крыма повсеместно и приносят значительные неудобства людям, в том числе огромному количеству гостей, посещающих курорты крымского южного берега. Данные по их биологии и экологии в условиях Южного берега Крыма достаточно многочисленны, однако они относятся к 30–80 годам XX века и требуют инвентаризации. В частности, изучением комаров здесь занимались энтомологи под руководством А.В. Гуцевича [1]. В 1936 г. А.И. Величкевич [2] отмечала, что лёт комаров в южнобережной зоне продолжается с середины мая до конца сентября, а массовый лёт – на протяжении июля. В течение суток ею отмечены два пика активности – утро и вечер. Позже Е.В. Алексеев (в 1976 г.) [3] определил, что для Южного берега Крыма характерно наличие двух подъёмов численности комаров рода *Anopheles* в течение летнего сезона: в середине-конце июня и в конце октября. Однако эти материалы не отображают основные фенологические явления, характерные для жизненного цикла кровососущих комаров на Южном берегу Крыма и требуют своего уточнения и детализации. Что касается данных по динамике плотности личинок кровососущих комаров в водоёмах различного типа в Крыму, то таковые в имеющихся научных публикациях практически отсутствуют. В связи с этим настоящее сообщение посвящено именно этим вопросам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили в 2005-2009 г. на постоянных пробных участках близ г. Судак, Алушта и Ялта, относящихся по своим природно-климатическим условиям к области крымского южнобережного субсредиземноморья, входящей в провинцию горного Крыма. Субсредиземноморье южного берега Крыма представляет собой

наклонное террасированное низкогорье, сильно изрезанное глубокими долинами рек, балками и оврагами [4]. Климат жаркий, засушливый, с умеренно тёплой зимой, среднегодовая температура – +11-14 0С. Среднемесячная температура зимой на западе ЮБК – +3,5 0С, на востоке – +1,9 0С [5].

Сезонный ход численности имаго, сроки лёта изучали путём пятиминутного отлова имаго на себе, на днёвках и во время роения стандартным сачком через каждые четыре дня на протяжении всего сезона. Преимагинальные фазы комаров учитывали в контрольных водоёмах разного типа при помощи фотокуветы размером 20 x 25 см с пересчётом в экземплярах на 1 м² водной поверхности через каждые четыре дня на протяжении всего сезона активности. С учетом того, что различные источники (ручьи, ключи и родники) имеют свои особенности (небольшая глубина, заиливание, отличающие их от прудов и водохранилищ, материалы наблюдений группировали и обсуждали в соответствии с этими категориями.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Фенология кровососущих комаров во взаимосвязи с другими природными явлениями

Зона Крымского субсредиземноморского южного берега по своим природно-климатическим характеристикам весьма неоднородна и подразделяется на западную и восточную части. Северная граница их включает в себя лесную часть южного берега горнолесной зоны Крыма. В экологических условиях ЮБК обитают 15 видов комаров из 5 родов. Как видно из данных Таблицы 1, в условиях западного южного берега отмечено 13 видов комаров, из них *C. hortensis* и *Cs. morsitans* – массовые, и 6 широко распространённых.

Таблица 1
Видовой состав кровососущих комаров Южного берега Крыма

№	Род, вид	Западная часть	Восточная часть	Лесная часть
1.	<i>Anopheles claviger</i> Meigen, 1804	+	+	++
2.	<i>An. maculipennis</i> Meigen, 1818	++	+	+
3.	<i>An. plumbeus</i> Stephens, 1828	++	+	++
4.	<i>Culex hortensis</i> Ficalbi, 1889	+++	++	++
5.	<i>C. pipiens pipiens</i> Linnaeus, 1758	++	+++	+
6.	<i>C. territans</i> Walker, 1856	++	+++	+
7.	<i>Aedes (Ochlerotatus) refiki</i> Medschid, 1928	+	–	+
8.	<i>A. (Ochlerotatus) cantans</i> Meigen, 1818	+	–	+++
9.	<i>A. (Ochlerotatus) dorsalis</i> Meigen, 1830	+	++	+
10.	<i>A. (Ochlerotatus) cataphylla</i> Dyar, 1916	+	+	++
11.	<i>A. (Finlaya) geniculatus</i> Olivier, 1791	++	+	+++
12.	<i>Culiseta annulata</i> Schrank, 1776	++	+	+
13.	<i>Cs. longiareolata</i> Macquart, 1838	–	+	+
14.	<i>Cs. morsitans</i> Theobald, 1901	+++	–	+
15.	<i>Uranotaenia unguiculata</i> Edwards, 1913	–	++	–

На восточном южном берегу обитают 12 видов комаров, из которых *C. p. pipiens* и *C. territans* – массовые, и 3 – широко распространены. Лесная часть ЮБК представлена 14 видами комаров, из них *A. cantans* и *A. geniculatus* – массовые, и 4 вида широко распространены.

По данным из монографии Е.В. Алексеева [6, с. 78], на Южном берегу Крыма встречаются 12 видов комаров. Видимо, автор ссылается на свои ранние исследования (1976 г.), поскольку упоминает вид *Aedes vexans*, обычный для северной равнинной части Крыма. Кроме этого автор упоминает вид *Orthopodomyia pulchripalpis*, хотя известно, что он не встречается в Крыму более 30 лет [7]. Еще несколько видов, таких как *Cs. alaskaensis*, *A. caspius*, *C. theileri*, не выявлены в наших 5-летних исследованиях. Другие авторы [7-8] дают списки видов в целом для Крыма, но не выделяют при этом южнобережную зону.

Местами выплода кровососущих комаров на ЮБК служат постоянные и временные пересыхающие водоемы, реки и ручьи, заболоченности, а также широкая сеть разнообразных искусственных водоёмов, где в течение сезона происходят существенные колебания уровня воды. Как правило, комары заселяют стоячие или слабопроточные водоемы, поскольку при больших скоростях воды, порядка 0,2-0,4 м/с, происходит снос личинок и их гибель. Весь цикл их развития при температурах +14-27⁰С составляет в среднем 15-30 суток. Развитие яйца происходит за 2-6 суток и мало зависит от перепадов температуры воздуха. Неоднородность и богатство гидрографической сети Южного берега Крыма, антропогенизированность и неблагоустроенность создают условия для массового выплода малярийных комаров – опасных переносчиков малярийных плазмодиев.

Поскольку появление имаго комаров является фактором беспокойства животных и человека, остановимся вначале на фенологических особенностях развития, а затем покажем динамику плотности каждого из наиболее часто встречающихся видов. В Таблице 2 представлены основные фенологические этапы развития комаров рода *Anopheles* по сезонам. В начале весны, в первой половине марта, первыми появляются имаго малярийных комаров, вылетевших с зимовок. К этому моменту практически полностью растаивает залежавшийся снег в низинах и постоянные водоёмы начинают медленно прогреваться. Уже в первых числах марта отмечены единично самки комаров с кровью, что свидетельствует о старте их гонотрофического цикла.

Как видно из данных Табл. 2, появление первых личинок малярийных комаров в лесных и городских водоемах отмечено в самом начале марта. В это же время начинается развитие и представителей других родов. Так уже в конце февраля в лесных лужах с тающим снегом первыми обнаруживались личинки *C. hortensis* старших возрастов. Температура воды в момент сбора составляла всего +7 °С, в то время как температура воздуха поднималась до +15 °С. Во второй декаде марта открытые лесные водоемы служат местом развития большинства видов рода *Culex*, отмеченных на данной территории. Это в первую очередь *C. territans*, *C. p. pipiens*. Во второй декаде марта также начинается развитие *Cs. annulata* во временных водоемах дубового леса.

Таблица 2

Фенология *Anopheles maculipennis* на Южном берегу Крыма в связи с другими природными явлениями (усреднённые данные за 2005-2009 гг.)

	Фенологические даты	Вегетация растений	Гидрометеорологические явления
1	2	3	4
Таяние снега	Конец залёта самок на зимовку 01.03. – 21.03.	Цветение: вяз гладкий	Таяние залежавшегося снега на лугах и опушках леса.
	Начало вылета с зимовок 03.03. – 25.03.	тополь Боле, абрикос обыкновенный	
	Появление первых самок с кровью 20.03. – 22.03.	вяз граболистный, тополь чёрный Осокорь	Талая вода заполняет низины, образуя паводочные водотоки. Среднесуточная температура воздуха колеблется в пределах 1-5 °С
Начало и разгар весны	Массовый вылет с зимовок 13.03. – 05.04.	вяз пробковый, ясень высокий,	Массовое таяние снега. Образование неглубоких водоёмов и меженных водотоков речной сети. Среднесуточная температура воздуха колеблется в пределах 7-14 °С
	Массовое появление самок с кровью 02.04. – 05.04.	ясень ланцетный,	
	Развитие водного поколения: Яйца 25.03. – 11.04.	ива белая, тополь пирамидальный	
	Личинки 1 возраста 30.03. – 16.04.	клён ясенелистный	
	Личинки 2 возраста 08.04 – 18.04.	орех грецкий, яблоня домашняя	
	Личинки 3 возраста 10.04. – 21.04.	слива домашняя	
	Личинки 4 возраста 17.04. – 30.04.		

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Предлетье	Развитие куколок 25.04. – 10.05.	акация белая, акация жёлтая, бузина чёрная, сирень белая, гледичия обыкновенная <i>Плодоношение:</i> Вяз гладкий, вяз граболистный	Неглубокие лесные водоёмы и меженные водотоки речной сети хорошо прогреты. Среднесуточная температура воздуха колеблется в пределах 12-15 °С
	Конец вылета с зимовок 06.05. – 12.06.	<i>Цветение:</i> скумпия кожаная, шелковица чёрная, шелковица белая, айва удлинённая, виноград европейский. <i>Плодоношение:</i> тополь чёрный Осокорь, абрикос обыкновенный.	Среднесуточная температура воздуха колеблется в пределах 16-19 °С
Начало лета	В прогреваемых водоёмах все стадии преимагинальных фаз 28.05. – 16.06. Резкое увеличение численности имаго 12.06. – 14.06.	<i>Цветение:</i> лох узколиственный. <i>Плодоношение:</i> бузина чёрная, сирень обыкновенная, клён ясенелистный, ясень высокий, тополь белый	Происходит постепенное заиливание стоячих водоёмов. Среднесуточная температура воздуха колеблется в пределах 17-20 °С
	Пик численности имаго 15.06. – 24.06.	<i>Плодоношение:</i> ясень ланцетный, ива белая, тополь пирамидальный, яблоня домашняя, слива домашняя, вишня обыкновенная	Заиливание вялотекучих водоёмов. Среднесуточная температура воздуха колеблется в пределах 20-23 °С

СЕЗОННАЯ АКТИВНОСТЬ И ДИНАМИКА ПЛОТНОСТИ...

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Полное лето и спад лет	Уменьшение численности комаров 02.07. – 17.08.	<i>Плодоношение:</i> акация жёлтая, акация белая, лох узколистый, гледичия обыкновенная, шелковица чёрная, шелковица белая, айва удлинённая	Наиболее высокая среднесуточная температура воздуха колеблется (28-42 °С). Пересыхание временных водоёмов, речек и водотоков
Начало осени	Первые самцы 04.09. – 10.09.	<i>Плодоношение:</i> орех грецкий, яблоня домашняя <i>Опад:</i> акация белая	Водоёмы густо заросли растительностью, хорошо заилены, богаты органическими веществами. Среднесуточная температура воздуха колеблется в пределах 15-22 °С
	Появление первых жировых самок 11.09. – 28.09.	<i>Плодоношение:</i> скуппия кожевенная, виноград обыкновенный <i>Опад:</i> акация жёлтая, бузина чёрная	
Золотая осень	Массовое появление жировых самок 10.09. – 03.11.	<i>Опад:</i> яблоня домашняя	Постепенное остывание постоянных водоёмов. Среднесуточная температура воздуха в пределах 15-19 °С
	Последние личинки и куколки 13.10. – 01.11.	лох узколистый	
	Начало залёта на зимовку 27.10. – 06.11. Последние самки с кровью 01.11. – 05.11.	гледичия обыкновенная	Полное пересыхание временных водоёмов. Среднесуточная температура воздуха колеблется в пределах 12-15 °С
Предзимовье	Последние самки с созревшими яичниками 24.11. – 26.11.	скуппия кожевенная	Образование новых осенних временных водотоков в результате обильных дождей. Среднесуточная температура воздуха колеблется в пределах 3-12 °С
	Массовый залёт на зимовку 25.11. – 30.11.	орех грецкий	
	Последние самцы 27.11. – 08.12.	виноград обыкновенный	

В первых числах апреля отмечено массовое появление самок малярийных комаров, вылетевших с зимовок. В это же время массово появляются самки с кровью. Комары начинают беспокоить, в основном, животное население. К этому времени, таяние снега в горной части ЮБК приводит к образованию огромного количества временных хорошо прогреваемых мелких водоёмов, поэтому отмечается массовое присутствие личинок комаров всех стадий. В мае хорошо прогретые мелкие водоёмы дают возможность окуклиться личинкам, и одновременно заканчивается вылет последних самок малярийных комаров с мест зимовок. В это время температура воды поднимается до +12-14 °С, что позволяет развиваться личинкам последних возрастов и начинается их выход в фазу имаго. Большинство весенних водоёмов, образовавшихся в результате таяния снега, к началу июня пересыхают, и поэтому местами развития личинок комаров становятся микроводоёмы в затененных участках леса, где в понижениях микрорельефа застаивается дождевая вода. В них в июне вода прогревается до температуры +18–20 °С и т.о. создаются условия для развития личинок комаров *Cs. annulata*, *Cs. longioreolata*. Совместно с этими видами продолжается развитие комаров рода *Culex*.

Заиливание стоячих водоёмов является одним из характерных факторов, с которым связано появление и развитие всех предимагинальных стадий комаров. Оно начинается уже в июне. Появившиеся в это время в массе имаго *C. p. pipiens* и *A. cantans* активно нападают на людей, начинающих в большом количестве посещать ЮБК.

К середине лета развитие большинства видов комаров заканчивается, и поэтому позднее июля в лесных водоёмах личинок не отмечено. В июле сохраняются лишь временные водоёмы в заболоченных участках леса, в затененных местах, а также в поймах рек и озер, где происходит развитие личинок *A. refiki*, встречающиеся на протяжении июля-августа единично и только в приграничной зоне ЮБК. Ближе к августу во временных открытых естественных и искусственных водоёмах (лужах, канавах с дождевой водой, емкостях для набора воды, прудах и в придорожных канавах) отмечено развитие только личинок малярийных комаров *An. maculipennis*. Также в августе в придорожных канавах и бочках для набора воды наблюдалось развитие *C. p. pipiens*. Вместе с тем в июле-августе, как раз в разгар сезона отдыха, в условиях предельно высокой температуры и низкой влажности, общая активность комаров всех видов снижается. Характерно, что в это время, например, самки *A. geniculatus*, *Cs. longioreolata* и *An. plumbeus* в большей части обнаруживаются в укрытиях, в том числе в скальных глыбовых навалах («хаосы» ЮБК).

В сентябре отмечается высокая активность самцов рода *Culex*, что сигнализирует о предстоящей массовой их копуляции. При этом нападение самок *Culex* на человека и животных заметно учащается. В это же время отмечены первые жировые самки *An. maculipennis*. С сентября по октябрь самки рода *Aedes* массово откладывают яйца в заиленных участках хорошо прогретых водоёмов. Богатая растительность водоёмов позволяет быстро развиваться личинкам комаров в октябре-ноябре.

Осенний сезон дождей в Крыму чисто механически мешает массовому отрождению личинок комаров в водоёмах. Первые заморозки в конце осени можно

считать сигналом массового залёта самок малярийных комаров в убежища на зимовку.

Анализ имеющейся литературы, в которой обсуждаются сроки активности комаров [9-11], показал, что повсеместно происходит удлинение сезонных сроков активности. По наблюдениям 2005-2009 гг. выделены два сезонных пика активности имаго кровососущих комаров – весенний и осенний. Весенний (продолжительный) период нападения с начала весны и до первой половины июня, включает в себя ранневесенние, поздневесенние, раннелетние и летние виды комаров. Осенний период нападения – с начала сентября до середины октября, включает позднелетние, осенние, позднеосенние и зимние виды. Такова общая картина фенологии, однако она в сильной степени зависит от типа источника, в котором происходит развитие комаров.

Особенности сезонной динамики плотности кровососущих комаров в условиях различных источников восточного и западного Южного берега

Сезонная активность комаров напрямую зависит от плотности личиночных стадий в различных типах водоёмов. Многообразие небольших водных биотопов позволяет быстро увеличить численность комаров и резко повысить эпидемиологический порог в регионе. В этом плане очень интересны сравнительные данные по «комариным» биотопам [12]. Подробно в этом аспекте исследована динамика численности комаров в условиях средней тайги [13]. Что касается фенологии комаров Крыма, то имеются данные [14] по рекам горнолесной зоны Крыма и только в весенне-летний период. ЮБК отличается от этого региона тем, что благодаря недостаточному атмосферному увлажнению и горному рельефу местности, здесь отсутствуют крупные стоячие, долго существующие водоёмы. Большая часть природных водотоков и стоячих водоёмов носит сезонный характер. Благодаря антропогенной трансформации Южного берега Крыма, комары стали заселять разнообразные небольшие по площади биотопы родников, искусственных прудов, бассейнов, водохранилищ.

Полноводными источниками западного южного берега являются Демир-Капу-Чокрак, Киреч-Кую, Чок-Су, Кучук-Узенбаш, Бабу-Корыто и другие. В источниках западного южного берега, с каменистым дном, и с заиливанием по краям, на протяжении сезона наблюдается развитие разных видов кровососущих комаров. Так на рис 1. видна вспышка плотности комаров *Cs. morsitans* (до 100 личинок на м² водоёма) в марте-апреле, но уже к июню личинки встречаются единично. Личинки *C. hortensis* наоборот обнаруживаются единично с апреля, но уже с мая массово и их высокая плотность поддерживается по ноябрь, с пиками плотности до 70 личинок на м² водоёма в июне и октябре. В противоположность этому личинки *C. p. pipiens* начинают наращивать свою плотность только с мая и достигают своего максимума только к середине осени с максимальным количеством личинок в ноябре (до 50 личинок на м² водоёма). Наиболее коротким периодом встречаемости характеризуются личинки *C. territans*, которые активны с апреля по сентябрь, достигая максимальной плотности до 22 личинок на м² водоёма в июле. Характерно,

что в водоёмах такого типа личинки *An. maculipennis* и *Cs. annulata* наблюдаются с марта по ноябрь, но только в единичных экземплярах.

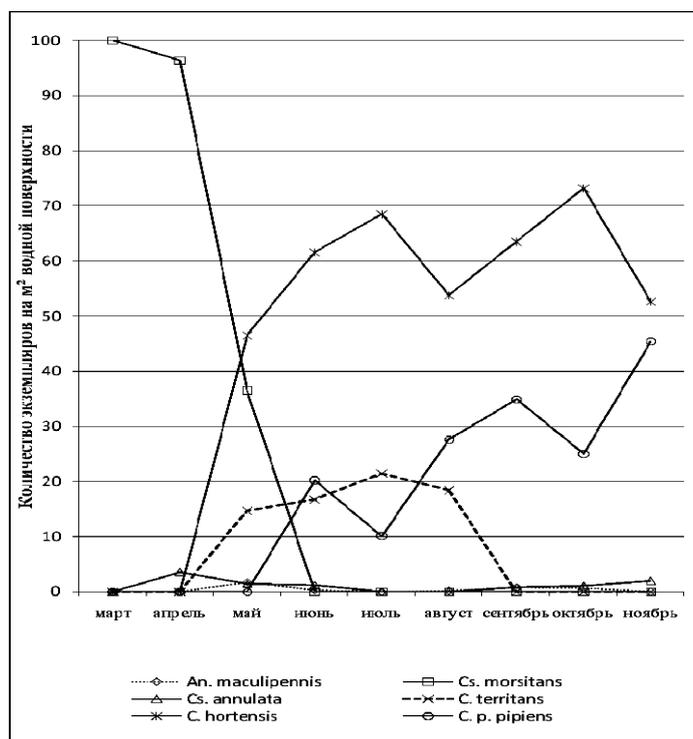


Рис. 1. Сезонная динамика плотности личинок кровососущих комаров в источниках западного южного побережья Крыма.

Совершенно иная картина наблюдается в прудах и водохранилищах западного южного побережья (рис. 2.). Пруды и водохранилища здесь отличаются большей глубиной, постоянным пополнением чистой свежей воды из множества притоков горных источников, и соответственно, невысокой температурой прогревания. Здесь личинки личинки *C. hortensis* развиваются только с мая, достигая своего максимума (до 70-75 личинок на м²) к сентябрю, а затем их плотность сильно уменьшается. Для личинок *C. territans* характерно развитие также в это время, но с меньшей плотностью, однако со всплеском численности как раз в октябре (до 45 личинок на м²). *C. p. pipiens* также как и в источниках, постепенно наращивает свою плотность к ноябрю, но при этом она почти в два раза ниже, чем в текучих водоёмах. Единично в пробах встречались личинки *An. maculipennis*. Личинки *Culiseta* здесь вообще отсутствовали.

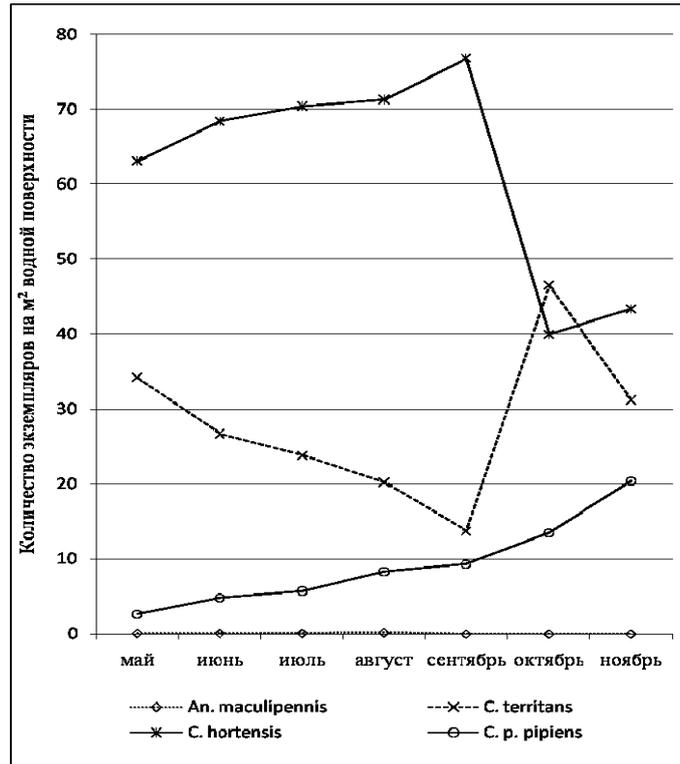


Рис. 2. Сезонная динамика личинок кровососущих комаров в прудах и водохранилищах западного южного побережья Крыма.

Характерными источниками восточного южного побережья являются Замана, Эфургон, Акинак, Рохманы и др. Источники восточного южного побережья отличаются значительным количеством растительных остатков, характеризуются песчано-щебнистым дном и заиливанием водоёмов на всём их протяжении. Благодаря сильно засушливому климату, селевым потокам и сильной изреженности речной сети, уровень и скорость воды в них нормализуются только к концу весны; к маю же в них появляются и личиночные стадии различных насекомых. Как видно на Рис. 3., такие водоёмы весьма благоприятны для развития личинок *C. p. pipiens*. Здесь их плотность с мая по октябрь достигает 100 личинок на м². Что касается личинок *C. hortensis*, то здесь, в отличие от источников западного южного побережья, их плотность не превышает 20 личинок на м². Редкие для Крымского полуострова личинки *Uranotaenia unguiculata* встречаются в таких природных источниках с мая по октябрь, но их плотность едва достигает 20 личинок на м². Также здесь единично встречаются личинки *Cs. longioreolata* и *Cs. annulata*, и совсем не встречены многочисленные и характерные для источников западного южного побережья личинки *Cs. morsitans*. Кроме этого, в многочисленных источниках восточного южного побережья практически отсутствуют личинки *An. maculipennis* и *C. territans*.

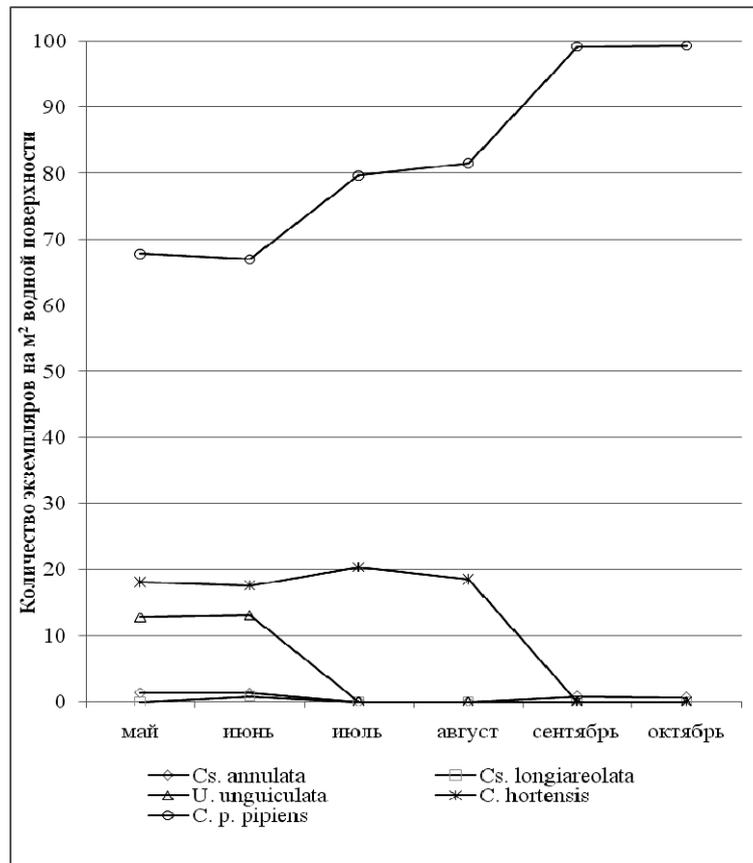


Рис. 3. Сезонная динамика плотности личинок кровососущих комаров в источниках восточного южного побережья Крыма.

Пруды и водохранилища восточного южного побережья характеризуются малыми объёмами слабопроточной, иногда цветущей воды, заиленностью и высокой температурой. В таких условиях личинки массового для ЮБК *C. hortensis* (рис. 4.) развиваются с апреля по ноябрь с умеренной плотностью до 52 личинок на м². Также в таких водоёмах развиваются *C. territans*, достигая в это же время плотности 25-40 личинок на м². Личинки *C. p. pipiens* наращивают свою плотность только к октябрю-ноябрю до 32 личинок на м². Благодаря насыщенному растительному богатству водоёмов в них в малом количестве обнаружены личинки *Cs. annulata*, *Cs. longiareolata* и *An. maculipennis*, предпочитающие заросшие зеленой растительностью болота и пруды.

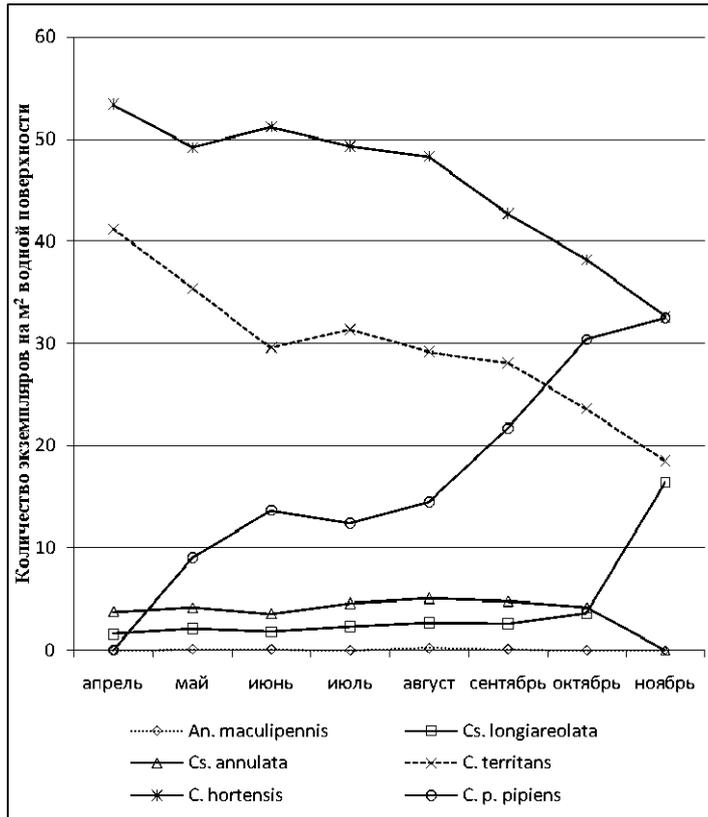


Рис. 4. Сезонная динамика личинок кровососущих комаров в прудах и водохранилищах восточного южного побережья Крыма.

Изучение комплексного влияния температуры воздуха и освещенности показало, что ведущим фактором, определяющим активность имаго комаров, является температура воздуха, а не освещенность. При визуальном наблюдении за имаго комаров в разное время суток было выяснено, что комары предпочитают сумерки со слабым рассеянным светом или дневное время с пасмурной погодой. При оптимальной температуре воздуха (+18-23 °C) рост активности имаго происходит с увеличением освещенности (дополняющий эффект, при котором имаго скапливаются в помещениях либо в затененных участках под кроной деревьев), однако при дальнейшем увеличении температуры влияние освещенности заметно снижается и при максимальной температуре (от +32 °C) – заметно не сказывается. Таким образом, при низких и оптимальных значениях температуры наблюдается взаимодополняющее влияние температуры и освещенности на активность комаров, а при высоких показателях решающим фактором выступает температура воздуха.

По сравнению с аналогичными исследованиями XX столетия по изучению сезонного ритма кровососущих комаров на ЮБК в настоящее время в фенологии кровососущих комаров наблюдаются более ранние сроки развития на всех этапах

жизненного цикла. Так, например, если Е.В. Алексеев [14] зафиксировал первые появления кровососущих комаров в апреле, тогда, как указывалось выше, в настоящее время активность комаров отмечена с первой декады марта. Второй характерной особенностью на ЮБК является удлинение периода активного развития с захватом первых чисел марта и до конца ноября. Таким образом, повсеместное распространение комаров на курортной территории, удлинение периода активности имаго, особенно на фоне ухудшения эпидемической ситуации по малярии в мире и Украине значительно повышает вероятность возникновения местных случаев заболеваний арбовирусными инфекциями

ВЫВОДЫ

1. На территории ЮБК отмечен комплекс кровососущих комаров, включающий 15 видов, принадлежащих к 6 родам. Наиболее массовыми из них (достигают 100 личинок на м² водоёма) являются *Cs. morsitans*, *C. p. pipiens*, небольшой плотностью характеризуются *C. territans* и *C. hortensis*, единично встречаются *An. maculipennis* и *Cs. annulata*, очень редко *Cs. longioreolata* и *U. unguiculata*.
2. В первых числах марта появляются активные имаго *An. maculipennis* и *C. hortensis*, немного позже (к концу марта) имаго *C. territans*, в середине апреля – имаго *C. p. pipiens*, в начале мая *Cs. annulata*. Позже всех (к концу июня) активизируются имаго *Cs. longioreolata*.
3. Цикл развития и активности имаго у большинства видов заканчивается в конце октября – середине ноября, однако *Cs. morsitans* и *U. unguiculata* заканчивают его уже к августу. В целом на территории ЮБК активность комаров охватывает период с начала марта по конец ноября. Наименьшая активность всех видов комплекса наблюдается в июле-августе – в наиболее жаркий и засушливый период.
4. Первое появление активных имаго совпадает с таянием залежалого в горах снега и образованием ручьев. Первый пик плотности и активности в июне совпадает с процессом заиливания вялотекущих водоемов. Второй пик – в сентябре – с накоплением в водоемах органических веществ.
5. Для различных водных источников характерны свои комплексы и своя динамика плотности личинок кровососущих комаров, которые различны в западной и восточной частях ЮБК. В западной – наиболее массовыми являются *Cs. morsitans* и *C. hortensis*, реже встречаются единично – *Cs. annulata* и *An. maculipennis*, вообще отсутствуют – *Cs. longioreolata*. В восточной части картина иная: массово встречаются *C. p. pipiens*, среднюю плотность имеют *C. hortensis* и *C. territans*, редко – *Cs. annulata* и *Cs. longioreolata*, и совсем не встречаются личинки *Cs. morsitans*.
6. В западной части ЮБК в природных источниках достигают максимальной плотности *Cs. morsitans* и *C. hortensis*, средней – *C. p. pipiens* и *C. territans*, единично – *Cs. annulata* и *An. maculipennis*. В прудах и водохранилищах массовым видом является *C. hortensis*, меньшую плотность имеют *C. territans* и *C. p. pipiens*, единично – *An. maculipennis*.

7. В восточной части ЮБК в природных источниках очень высокая плотность личинок *C. p. pipiens*, низкая – *C. hortensis* и *U. unguiculata*, единично – *Cs. annulata* и *Cs. longioreolata*. В прудах и водохранилищах массово развиваются *C. hortensis* и *C. territans*, меньшую плотность также имеет *C. p. pipiens*, единично наблюдаются личинки *Cs. annulata*, *Cs. longioreolata* и *An. maculipennis*.

Список литературы

1. Гудевич А.В. Кровососущие комары Крыма / А.В. Гудевич // Труды Крымского ФАН СССР. – 1953. – Т.3. – С. 57–69.
2. Величквич А.И. К фауне и экологии комаров Южного берега Крыма / А.И. Величквич // Паразитол. сб. – Л. – 1936. – Т.6. – С. 137–145.
3. Алексеев Е.В. Фауна и экология кровососущих насекомых в природных и антропогенных ландшафтах Крыма: автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.16 «Экология» / Е.В. Алексеев. – М., 1976. – 19, [2] с.
4. Подгородецкий П.Д. Крым: Природа [Справочное издание] / Подгородецкий П.Д. – Симферополь: Таврия, 1988. – 192 с.
5. Атлас автономной республики Крым / Под ред. Багрова Н.В., Руденко Л.Г. – Киев-Симферополь, 2003. – 90 с.
6. Алексеев Е.В. Кровососущие и ядовитые членистоногие Крыма. Научно-популярное издание / Алексеев Е.В. – Симферополь: ДИАЙПИ, 2008. – 328 с.
7. Шеремет В.П. Кровосисні комари України / Шеремет В.П. – К.: Київський університет, 1998. – 34 с.
8. Прудкина Н.С. Комары рода *Aedes* Левобережной Украины и горного Крыма (Фауна и экология): автореф. дисс. на соискание уч. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.16 «Экология» / Н.С. Прудкина // Министерство высшего и среднего специального образования УССР, Харьковский государственный университет им. А.М.Горького, Биологический факультет, Кафедра зоологии беспозвоночных и гидробиологии. – Харьков, 1976. – 25 с.
9. Алиева З.А. Экология и фенология комаров, выплывающих в подвалах / З.А. Алиева // Материалы I Всероссийского совещания по кровососущим насекомым (Санкт-Петербург, 24-27 октября 2006 г.). – Санкт-Петербург, Изд-во ЗИН РАН, 2006. – С. 14–16.
10. Гаджиева С.С. Суточная активность малярийных комаров рода *Anopheles* в Каспийском бассейне / С.С. Гаджиева // Российский паразитологический журнал. – М., 2007. – № 1. – С. 18–23.
11. Сезонный ход численности компонентов гнуса северо-восточной Якутии и их фенологическая сигнализация / А.Д. Решетников, З.С. Прокопьев, А.И. Барашкова [и др.] // Наука и образование, 2009. – № 2. – С. 100–103.
12. Антонов Є.В. Фауна та деякі екологічні особливості кровосисних комарів (*Diptera, Culicidae*) пізнюлітньої популяції на території регіонального ландшафтного парку «Кінбурнська коса» / Є.В. Антонов // Заповідна справа в Україні. – Канів: Канівський природний заповідник, 2003. – Т. 9. – Вип. 1. – С. 70–72.
13. Панюкова Е.В. Сезонная и суточная активность нападений кровососущих комаров (*Diptera, Culicidae*) в подзоне средней тайги республики Коми / Е.В. Панюкова // Материалы I Всероссийского совещания по кровососущим насекомым (Санкт-Петербург, 24-27 октября 2006 г.). – Санкт-Петербург, Изд-во ЗИН РАН, 2006. – С. 157–160.
14. Алексеев Е.В. Биоразнообразие кровососущих комаров (*Diptera, Culicidae*) Крыма, его происхождение и эпидемиологическое значение / Е.В. Алексеев // Вопросы развития Крыма. – Симферополь, 2003. – В. 15. – С. 111–131.

Разумейко В.М. Сезонна активність і динаміка щільності кровосисних комарів (*Diptera, Culicidae*) в водоймах південного берега Криму / В.М. Разумейко, Івашов А.В., В.В. Оберемок // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 114-128.

Розглядаються фенологічні дати активності кровосисних комарів протягом сезону в порівнянні з вегетацією рослин і гідрометеорологічними явищами. Описано сезонну динаміку щільності кровосисних комарів в умовах різних водойм Кримського південного берега Криму. Дано середні дати паразитичної активності масових видів комарів Південного берега Криму.

Ключові слова: комар, фенологія, сезонний ритм, Південний берег Криму.

Razumeyko V.N. Seasonal activity and dynamics mosquitoes (*Diptera, Culicidae*) in water bodies of Southern Coast of Crimea / V.N. Razumeyko, A.V. Ivashov, V.V. Oberemok // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 114-128.

Phenological dates of activity of blood-sucking mosquitoes during the season in comparison with plant vegetation and climate events are investigated. Seasonal dynamics of population density of blood-sucking mosquitoes in conditions of different reservoirs of Southern coast of Crimea is described. Average dates of mass species' parasitic activity for mosquitoes of Southern coast of Crimea are given.

Keywords: mosquito, phenology, seasonal rhythm, Southern coast of Crimea.

Поступила в редакцію 14.10.2010 г.

УДК 616.1/9-02:614.7

ЗНАЧЕНИЕ КАДМИЯ, КАЛИЯ И КАЛЬЦИЯ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ

Решетняк О.А.¹, Евстафьева И.А.¹, Евстафьева Е.В.², Грузжевская В.Ф.¹

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

²*Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, Симферополь, Украина*

E-mail: olgasportTNU@mail.ru

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

Ухудшение состояния здоровья человеческой популяции в последние десятилетия в значительной степени обусловлено высокими темпами антропогенной трансформации биосферы и снижением под влиянием антропогенного прессинга адаптационных возможностей организма [1-3].

К числу антропогенных факторов, способных оказывать наиболее существенное влияние на функционирование организма человека следует отнести химические факторы среды и, прежде всего, дисбаланс химических элементов в пользу токсичных, концентрация которых в окружающей среде и организме человека увеличивается на фоне снижения эссенциальных микро- и макроэлементов [1; 3; 4]. Малейшие изменения концентрации последних в организме приводят к существенным изменениям функций и, в том числе, – адаптационных возможностей организма. Это обусловлено их входением в качестве активных центров в структуру ферментов, коферментов, гормонов, биологически активных веществ, их участием в биоэлектрических процессах [1].

Изучение механизма адаптационных процессов, происходящих в организме спортсменов в условиях современной антропогенной среды, является важной задачей не только экологической физиологии человека, но и физиологии спорта. При этом особого внимания заслуживает сердечно-сосудистая система, состояние которой с одной стороны, отражает ход и эффективность адаптационных процессов [3], а с другой, – дает наиболее объективное представление о приспособительных возможностях организма спортсменов. 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 ТНУ им. В.И. Вернадского занимающихся футболом, а так же 40 студентов КГМУ им. В.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 [2; 5]. В то же время у студентов, не занимающихся спортом, отмечался дефицит Ca^{++} и, в особенности, K^+ в организме (табл. 1).

Таблица 1
Концентрация (мкг/г) химических элементов в волосах исследуемых студентов

Химический элемент	Минимальная	Максимальна	$\bar{X} \pm S_x$	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 портсмены	145,62	718,19	$179,50 \pm 25,38$	
K (калий)				
спортсмены	0,00	185,34	$84,90 \pm 10,26$	70-170
не портсмены	0,00	301,21	$40,49 \pm 8,87^{***}$	

Примечание. Различия между группами достоверны ** – при $p < 0,01$; *** – при $p < 0,001$.

Полученные нами данные согласуются с данными о различиях в составе волос профессиональных спортсменов, в целом, в сторону повышения концентрации основных (биофильных) химических элементов (Ca, Mg, Na, P, K) по сравнению с показателями здоровых мужчин, не занимающихся спортом [2]. Это явление, по крайней мере, в отношении некоторых элементов, обсуждается в литературе. В нашем случае более высокое содержание Ca^{++} в волосах у спортсменов, по сравнению со студентами, не занимающимися спортом, скорее всего отражает усиленный кругооборот и выведение этого элемента при систематических физических нагрузках (кумулятивный эффект физических нагрузок), что, с другой стороны, может говорить о «скрытом» риске его дефицита. В пользу этого свидетельствует и более высокое содержание Cd^{++} в организме спортсменов по сравнению со студентами, не занимающимися спортом, усвоение которого Ca^{++} ухудшает.

Пониженное содержание эссенциальных элементов в организме студентов, не занимающихся спортом, может быть, в свою очередь, обусловлено рядом причин, среди которых может быть усиленный расход в результате стрессорных воздействий, чрезмерным употреблением кофеин-содержащих продуктов и курение [2].

В любом случае элементный статус организма спортсменов по результатам настоящего и ряда других исследований, можно расценивать скорее как более благоприятный у спортсменов, чем таковой, у не занимающихся спортом студентов, и обусловлен он, по всей видимости, теми адаптационно-приспособительными изменениями, которые возникают в ответ на повышенные физические и эмоциональные нагрузки и отражают специфику физиологических процессов у профессиональных спортсменов.

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, проявляясь в отрицательной корреляционной связи длительности предсердно-желудочковой проводимости сердца (интервал PQ) и проведения возбуждения по желудочкам (комплекс QRS), указывая на прямой дромотропный и хронотропный эффект Cd^{++} , т.е. чем выше было содержание Cd^{++} в организме, тем меньше была длительность интервала PQ и комплекс QRS, а, следовательно, время проведения возбуждения по сердцу (табл. 2.).

Предъявление физической нагрузки позволило выявить большее количество корреляционных связей, не только для спортсменов, но и для студентов, не занимающихся спортом.

Так, во время выполнения физической нагрузки у спортсменов выявленный в состоянии покоя положительный хронотропный эффект Cd^{++} подтвердился для большего числа ЭКГ-параметров, а у студентов, не занимающихся спортом, впервые проявился отрицательный хронотропный эффект.

Что касается механической работы сердца, его сократительной функции, то она также определенным образом реагировала на уровень Cd^{++} в организме, опять же противоположным, у спортсменов и не тренирующихся студентов.

Таблица 2

Данные корреляционного анализа содержания кадмия и показателей сердечно-сосудистой системы у исследуемых студентов

Этапы исследования	Показатели	Спортсмены (n=40)		Не спортсмены (n=40)	
		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		
	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

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 K^+ обнаружил большое количество корреляционных связей, у студентов, не занимающихся спортом, (в то время как Ca^{++} играл более важную роль для функционирования сердечно-сосудистой системы спортсменов) и подтвердил классический отрицательный хронотропный эффект. Он способствовал увеличению времени возбуждения желудочков и, за счет этого, – всего сердечного цикла (R-R) при физической нагрузке у студентов, не занимающихся спортом, в то время как у спортсменов K^+ влиял противоположным образом на желудочковый комплекс в целом (табл. 3.).

Он также, по-видимому, «улучшал» механическую работу сердца, обнаруживая положительную корреляционную связь с рядом параметров работы сердца.

Таблица 3

Данные корреляционного анализа содержания калия и показателей сердечно-сосудистой системы у исследуемых студентов

Показатели	Спортсмены						Не спортсмены					
	покой		нагрузка		восст-е		покой		нагрузка		восст-е	
	г	р	г	р	г	р	г	р	г	р	г	р
Комплекс QRS									0,36	0,01	0,31	0,05
Интервал QRST			-0,54	0,01					0,40	0,03	0,40	0,02
Сегмент ST									-0,45	0,02		
Интервал 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
Ср.АД											0,38	0,03

Что касается Ca^{++} , то он проявлял классический положительный хронотропный эффект, способствуя уменьшению длительности сердечного цикла (R-R) у спортсменов, в то время как у студентов, не занимающихся спортом, вообще не был значим. Посредством реографии выявлено, что Ca^{++} влиял на два показателя сердечной деятельности (МО и СИ) у спортсменов, что указывает на общеизвестную значимость этого химического элемента для сократительной способности миокарда (табл. 4.).

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 Cd^{++} и Ca^{++} .

У спортсменов, для которых был характерен нормальный баланс исследованных элементов, наиболее существенным влиянием обладал Cd^{++} , а затем эссенциальные Ca^{++} и K^+ .

Таблица 4

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		
	Ср.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 при изменении содержания соответствующих химических элементов, что определенным образом сказывается на ее функциональном состоянии.

ВЫВОДЫ

1. 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.
2. Установлено, что кальций 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 такие, что характеризуют его сократительную функцию (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, кальций не обладал такой выраженной значимостью, за исключением его общего влияния на длительность сердечного цикла за счет удлинения атриовентрикулярного проведения (интервал PQ ($r = 0,40$; $p \leq 0,01$) и периода общего возбуждения желудочков (сегмент ST ($r = 0,46$; $p \leq 0,02$)) причем противоположным, чем у спортсменов, образом и практически исключительно во время физической нагрузки.
3. 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. Агаджанян Н.А. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека / Н.А. Агаджанян, А.В. Скальный. – М.: КМК, 2001. – 84 с.
2. 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.
3. Скальный А.В. Макро- и микроэлементы в физической культуре и спорте / Скальный А.В., Орджоникидзе З.Г., Громова О.А. – М., 2000. – 71 с.
4. Трахтенберг И.М. Тяжелые металлы во внешней среде: современные гигиенические и токсикологические аспекты / Трахтенберг И.М., Колесников В.С., Луковенко В.П. – Минск: Наука и техника, 1994. – 258 с.
5. Grandjean P. Mercury Risks: Controversy or Just Uncertainty? / P. Grandjean, J.A. Frentsos, J.T. Baer // Public Health Reports. – 1999. – Vol. 114. – P. 512–517.

Решетняк О.А. Значення кадмію, калія і кальцію для функціонального стану серцево-судинної системи спортсменів / О.А. Решетняк, І.А. Евстафьева, Е.В. Евстафьева, В.Ф. Гружевська // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 129-135.

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: змінне магнітне поле, головний мозок, метаболічні крос-кореляції.

Reshetniak O.A. Value of cadmium, potassium and calcium for a functional condition of cardiovascular system of sportsmen / O.A. Reshetniak, I.A. Evstafyeva, H.V. Evstafyeva, V.F. Gruzevsrya // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 129-135.

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 24.10.2010 г.

УДК 616.24-008.4-036.82-054.7(477.75)

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РЕСПИРАТОРНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ МИГРАНТОВ

Сафронова Н.С., Фоменко А.В.

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

В работе исследовано влияние курса гипоксически-гиперкапнических тренировок на функциональное состояние дыхательной системы мигрантов. Показано уменьшение явлений гипервентиляции и улучшение эффективности дыхания. Отмечено повышение устойчивости к острой гипоксически-гиперкапнической нагрузке.

Ключевые слова: дыхательная система, гипервентиляция, гипоксически-гиперкапническая тренировка, мигранты.

ВВЕДЕНИЕ

Последние десятилетия отмечаются ростом масштабов как добровольных, так и вынужденных перемещений населения. Данная ситуация влияет не только на политическую и социально-экономическую сферу жизни населения многих стран, в том числе и Украины, но и требует немедленного решения ряда медико-биологических проблем. Очевидно поэтому шестьдесят первая сессия Всемирная организация здравоохранения, состоявшаяся в апреле 2008 года, была посвящена вопросам здоровья мигрантов во всем мире. При этом отмечалось, что перемещения населения, как правило, повышают уязвимость мигрантов и их потомства по отношению к риску для здоровья, подвергают их потенциальным опасностям и возросшему стрессу в результате смены места проживания, встраивания в новую окружающую среду [1]. Данные факты неоднократно подтверждались работами многих современных ученых [2, 3].

Действительно, негативные социально-экологические факторы, физические и, особенно, психоэмоциональные перенапряжения провоцируют нарушения нейрогуморальной регуляции организма, в том числе и системы внешнего дыхания [4, 5]. Это проявляется различными функциональными отклонениями от нормы, в частности, избыточной реактивностью легочной вентиляции в состоянии относительного покоя. Как следствие, происходит чрезмерная элиминация метаболической углекислоты из организма, развитие гипокапнии и респираторного алкалоза [5-7]. К большому сожалению, все вышесказанное относится ко всем возрастным категориям мигрантов. Исключение не составляют и молодые лица, имеющие стаж смены места жительства более 10 лет.

В этой связи остро стоит необходимость проведения своевременной диагностики и коррекции подобных состояний с целью профилактики их

прогрессирования и последующего перехода в конкретное заболевание. Среди существующих на сегодняшний день методов респираторной реабилитации достаточно эффективным является использование измененной газовой среды. В данной ситуации физиологически обоснованным и наиболее доступным может быть применение метода возвратного дыхания, который предполагает сочетанное действие на организм как гипоксического, так и гиперкапнического стимула [6, 7].

Исходя из вышеизложенного, была поставлена цель исследования – выявить существует ли наличие у мигрантов с многолетним стажем функциональных отклонений в системе внешнего дыхания и изучить возможность их коррекции гипоксически-гиперкапническими тренировками.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Нами было обследовано 35 практически здоровых молодых людей в возрасте 18-22 лет сопоставимых по уровню повседневной двигательной активности, родившихся в Средней Азии и проживших в Крыму не менее 10 последних лет. По результатам спирографического и капнографического исследования из них было выделено 10 человек, имеющих признаки гипервентиляции и гипокапнии в состоянии относительного покоя. С данной группой проводилась респираторная тренировка с использованием метода возвратного дыхания в индивидуальные мешки Дугласа, объемом 50 л. Время экспозиции подбиралось в соответствии с толерантностью обследуемых к острому гипоксически-гиперкапническому воздействию и в среднем составляло 15 минут. Всего проведено 15 сеансов по 3 еженедельно.

Вентиляторную функцию дыхательной системы исследовали при помощи прибора Спиро-тест-РС с компьютерной обработкой данных и регистрировали: минутный объем дыхания (V_E , л·мин⁻¹), дыхательный объем (V_T , л), частоту дыхательных движений (f , цкл·мин⁻¹), [8]. Все объемные показатели приводили к условиям ВТПС (температура и давление в организме, насыщенный водяным паром воздух). Газообменную функцию изучали с помощью газоанализаторов типа ПГА-КМ, ПГА-ДУМ и капнографа КП-01 с компьютерной обработкой данных. Регистрировали: процентную концентрацию кислорода и углекислого газа в пробах выдыхаемого воздуха ($F_{E}O_2$, об.%), ($F_{E}CO_2$, об.%), в пробах вдыхаемого воздуха в мешке Дугласа в конце острой гипоксически-гиперкапнической нагрузки (F_iO_2 , об.%), (F_iCO_2 , об.%), парциальное давление кислорода и углекислого газа в альвеолярном воздухе (P_AO_2 , мм рт. ст.), (P_ACO_2 , мм рт. ст.). Газообменные показатели корректировались с учетом условий STPD (стандартная температура и давление, сухой воздух). Далее рассчитывали объемную скорость потребления кислорода ($\dot{V}O_2$, л·мин⁻¹), выделения и потребления углекислого газа ($-\dot{V}CO_2$, л·мин⁻¹), ($+\dot{V}CO_2$, л·мин⁻¹) вентиляционный эквивалент по кислороду (ВЭ, отн.ед.) [9]. Фиксировали время индивидуальной переносимости острой гипоксически-гиперкапнической нагрузки (t , с). Все показатели изучались до и после курса респираторной тренировки. Полученные результаты были обработаны статистически с использованием t-критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты данной работы, а также исследований, проведенных нами ранее, указывают на часто встречающиеся функциональные отклонения в системе внешнего дыхания у практически здоровых молодых людей, сменивших постоянное место проживания не только около 2-5, но и 10-15 лет назад [10, 11]. Анализ спирографических параметров, зарегистрированных до курса респираторной тренировки у мигрантов с 10-летним стажем, свидетельствовал о проявлениях гипервентиляции в состоянии относительного покоя. Как следует из таблицы 1, величина V_E в среднем по группе равнялась $13,89 \pm 0,59$ л·мин⁻¹, при частоте дыхания $17,3 \pm 0,9$ цкл·мин⁻¹. На этом фоне отмечались достаточно низкие показатели парциального давления углекислого газа в альвеолярном воздухе. Значение P_ACO_2 в среднем составило $33,0 \pm 1,6$ мм рт. ст. (при норме 35-45 мм рт. ст.).

Таблица 1
Показатели вентиляции и газообмена обследуемых до и после респираторной реабилитации в условиях покоя и острой гипоксически-гиперкапнической нагрузки

Условия Показатели	Покой			Гипоксически-гиперкапническая нагрузка						
	первичное обследование	повторное обследование	P ₂₋₃	первичное обследование	P ₂₋₅	повторное обследование		P ₃₋₈	P ₅₋₇	P ₅₋₈
						t=28 мин	t=36 мин			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
V_E , л·мин ⁻¹	13,89 ±0,59	11,37 ±0,76	*	20,25 ±2,78	*	17,32 ±1,5	21,08 ±2,6	**	—	—
f , цкл·мин ⁻¹	17,3 ±0,9	15,1 ±0,4	*	19,1 ±1,1	—	18,2 ±1,4	19,8 ±1,6	*	—	—
V_T , л	0,79 ±0,03	0,78 ±0,02	—	1,09 ±0,05	***	0,97 ±0,05	1,04 ±0,07	**	—	—
F_iO_2 , об. %	20,90 ±0,01	20,91 ±0,01	—	12,43 ±0,41	***	13,38 ±0,62	11,26 ±0,29	***	—	*
F_EO_2 , об. %	17,43 ±0,18	17,04 ±0,15	—	11,49 ±0,20	***	12,16 ±0,53	10,14 ±1,12	***	—	—
P_AO_2 , мм рт.ст.	110,5 ±4,9	105,3 ±3,7	—	76,4 ±2,2	***	83,7 ±2,9	70,8 ±2,4	***	—	—
F_iCO_2 , об. %	0,04	0,04	—	8,48 ±0,13	***	7,77 ±0,41	8,93 ±0,17	***	—	—
F_ECO_2 , об. %	2,84 ±0,11	3,12 ±0,15	—	6,95 ±0,16	***	6,27 ±0,35	7,44 ±0,55	***	—	—
P_ACO_2 , мм рт.ст.	33,0 ±1,6	40,0 ±2,2	*	53,3 ±1,9	***	49,8 ±2,1	55,3 ±1,8	***	—	—
$VCO_{2,1}$ л·мин (-), (+)	- 0,33 ±0,01	- 0,28 ±0,02	*	+ 0,26 ±0,02	***	+ 0,21 ±0,01	+ 0,25 ±0,02	***	*	—
$VO_{2,1}$ л·мин	0,38 ±0,03	0,35 ±0,05	—	0,16 ±0,01	***	0,17 ±0,02	0,19 ±0,02	*	—	—
ВЭ, отн.ед.	36,8 ±1,4	32,4 ±1,1	*	125,6 ±6,2	***	102,6 ±5,2	114,7 ±4,3	***	*	—

Примечание: * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001

Более того, величина ВЭ по кислороду указывала на то, что проявления функциональной избыточности дыхательной системы организма обследуемых негативным образом отразились на эффективности ее работы. Полученные данные позволили заключить, что выявленная у мигрантов повышенная респираторная активность обусловила излишнее «вымывание» метаболической углекислоты из организма. По-видимому, описанные явления стали следствием физиологически неоправданного доминирования психоэмоционального фактора в системе нейрогуморальной регуляции функции дыхания.

Далее, перед проведением курса респираторных тренировок, нами была изучена реакция обследуемых на острое гипоксически-гиперкапническое воздействие, с целью моделирования которого был использован метод возвратного дыхания. Полученные результаты свидетельствовали, что из 10 человек двое отказались от продолжения дыхания в мешок Дугласа уже к 20-й минуте экспозиции, четверо прекратили пробу к 30-й минуте, и лишь один испытуемый смог осуществлять дыхание в измененной газовой среде в течение 45 минут (рис.1). В среднем по группе толерантность к гипоксически-гиперкапнической нагрузке составила 28 минут. Измеренная при этом концентрация CO_2 во вдыхаемой смеси в среднем равнялась $8,48 \pm 0,31$ об. %, O_2 $12,43 \pm 0,41$ об. %.

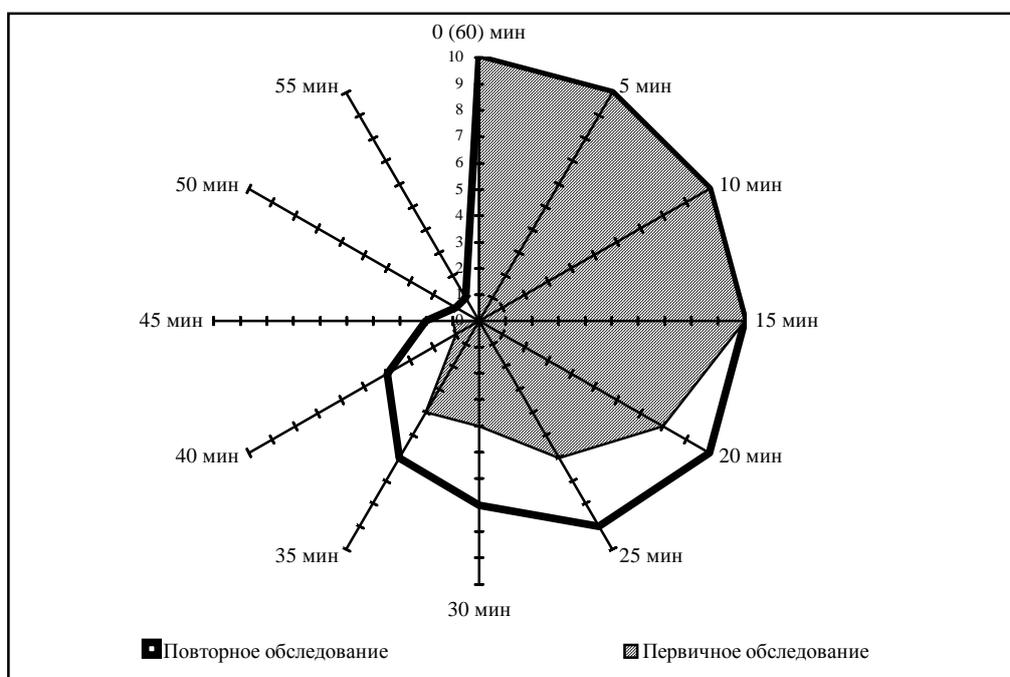


Рис. 1. Толерантность (в мин) обследуемых к острой гипоксически-гиперкапнической нагрузке.

Примечание: 1-10 – количество обследуемых.

Очевидно, что измененная газовая среда явилась стимулом, повлекшим возрастание V_E до $20,25 \pm 2,78$ л·мин⁻¹, в основном, за счет роста V_T более, чем на 0,31 л, ($p < 0,001$), без видимой реакции частотной составляющей.

Сравнительно небольшое увеличение объема легочной вентиляции отмечалось у обследуемых в условиях значительной задержки CO_2 в организме и дополнительного поглощения его из вдыхаемой смеси. При этом более, чем в 2 раза ($p < 0,001$), наблюдалось уменьшение поглощения кислорода по сравнению с состоянием покоя. Весьма характерным было резкое возрастание ВЭ до $125,6 \pm 6,2$ отн. ед., что свидетельствовало о существенном снижении эффективности дыхания. Полученные результаты не противоречат данным других исследователей [6, 7, 12]. Вероятно при вдыхании гипоксически-гиперкапнической смеси в тканях создается избыток углекислоты, который тормозит процессы окислительного фосфорилирования, что в свою очередь уменьшает необходимость дополнительного поступления кислорода в организм.

По окончании программы респираторной коррекции было проведено повторное обследование, результаты которого представлены в Таблице 1. Итак, в первую очередь следует отметить нормализацию газового состава альвеолярного воздуха и снижение уровня легочной вентиляции в состоянии покоя. Парциальное давление CO_2 в альвеолах повысилось до $40,0 \pm 2,2$ мм рт. ст., ($p < 0,05$), при незначительном уменьшении $P_{A}O_2$ до $105,3 \pm 3,7$ мм рт. ст. Наблюдалась перестройка паттерна и эффективности дыхания. За счет снижения частотного компонента величина V_E стала равной $11,37 \pm 0,76$ л·мин⁻¹, ($p < 0,05$), при этом значение ВЭ уменьшилось до $32,4 \pm 1,1$ отн. ед. Следует отметить, что определенные изменения произошли в реакции обследуемых на острое гипоксически-гиперкапническое воздействие. После курса респираторных тренировок время дыхания в измененной газовой среде в среднем по группе составило 36 мин. У каждого испытуемого увеличился индивидуальный показатель продолжительности пробы. Причем двое обследуемых смогли осуществлять возвратное дыхание в течение 45 мин, один из них выполнял тестирование на протяжении 60 мин (рис. 1). Анализ вдыхаемой газовой смеси по окончании экспозиции показал, что фракционная концентрация CO_2 приблизилась к 9 об. %, O_2 к 11 об. %. Таким образом устойчивость обследуемых к острой гипоксически-гиперкапнической нагрузке повысилась на 9,4 % и 5,3 %, ($p < 0,05$), соответственно.

Необходимо отметить, что в ходе повторного острого гипоксически-гиперкапнического воздействия по достижении времени отказа от пробы при первичном тестировании у каждого обследуемого дополнительно регистрировались все изучаемые параметры. Из приведенных в Таблице 1 данных следует, что после курса тренировок к 28-й минуте нагрузки прослеживается тенденция к уменьшению выраженности сдвигов газового гомеостаза, снижению уровня вентиляторного ответа и повышению эффективности дыхания по сравнению с исходными результатами. В то же время увеличение продолжительности тестирования свидетельствует о повышении возможностей организма противостоять значительным колебаниям газового состава вдыхаемого воздуха.

Полученные данные позволяют высказать предположение о механизмах реализации описанных явлений. На наш взгляд, все звенья системы регуляции дыхания могут претерпевать адаптивно-приспособительные перестройки, и каждая из них в той или иной степени оказывает влияние на весь газовый баланс организма. Центральная часть (дыхательный центр) находится под модулирующим влиянием со стороны высших отделов мозга и может изменять уровень своей активности в ответ на различные психогенные факторы. В то же время под действием систематически возникающих возмущений в привычной газовой среде обитания постепенно формируются изменения гиперкапнической и гипоксической реактивности дыхательного центра. В конечном итоге это проявляется в экономизации вентиляторных реакций и поддержании оптимального газового гомеостаза. Вероятно также, что на фоне повышения специфического звена, усиливается и неспецифическая резистентность организма.

Таким образом, проведенные воздействия способствовали не только ликвидации явлений гипервентиляции у обследуемых мигрантов, но и расширению диапазона устойчивости организма к условиям экзогенной гипоксии и гиперкапнии. Результаты исследования дают основание рекомендовать использование гипоксически-гиперкапнической тренировки методом возвратного дыхания в подобных случаях респираторной реабилитации.

ВЫВОДЫ

1. У 30 % обследованных практически здоровых молодых людей, сменивших постоянное место жительства более 10-ти лет назад, были выявлены признаки гипервентиляции и гипокапнии, очевидно нейрогенного характера, в состоянии относительного покоя.
2. Под влиянием курса гипоксически-гиперкапнических тренировок у обследуемых произошла нормализация газового состава альвеолярного воздуха, повысилась эффективность легочной вентиляции. Парциальное давление CO_2 в альвеолах возросло до $40,0 \pm 2,2$ мм рт. ст., ($p < 0,05$), значение ВЭ достигло $32,4 \pm 1,1$ отн. ед., ($p < 0,05$).
3. Проведенная респираторная реабилитация повысила устойчивость обследуемых к острой гипоксически-гиперкапнической нагрузке на 9,4 % и 5,3 %, ($p < 0,05$), соответственно. При этом время экспозиции возросло на 8 мин.

Список литературы

1. 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>
2. Казначеев В.П. Современные аспекты адаптации / В.П. Казначеев. – Новосибирск: Наука, 1980. – 192 с.
3. Агаджанян Н.А. Адаптация, экология и восстановление здоровья / Н.А. Агаджанян, А.Т. Быков, Г.М. Коновалова. – Москва – Краснодар, 2003. – 260 с.
4. Garssen B. Role of stress in development of hyperventilation syndrome/ B. Garssen – *Psychother. Psychosom.* – 1980. – 33(4). – P. 214–225.
5. Левашов М.И. Синдром гипервентиляции в аспекте актуальных проблем спортивной медицины / М.И. Левашов // *Спортивная медицина.* – 2006. – №2. – С.48–54.

6. Низовцев В.П. Скрытая дыхательная недостаточность и ее моделирование / В.П. Низовцев. – М.: Медицина, 1978. – 272 с.
7. Буков Ю.А. Работоспособность в условиях измененной газовой среды. Кислород, азот, гелий, CO² / Ю.А. Буков, Н.П. Красников. – Симферополь, 2008. – 212 с.
8. Кузнецова В.К. Методика проведения и унифицированная оценка результатов функционального исследования механических свойств аппарата вентиляции на основе спирометрии: Пособие для врачей / Кузнецова В.К., Аганезова Е.С., Яковлева Н.Г. – СПб: Наука, 1996. – 36 с.
9. Аулик И.В. Определение физической реабилитации в клинике и спорте / Аулик И.В. – М: Медицина, 1990. – 192 с.
10. 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.
11. Сафронова Н.С. Массаж и дыхательная гимнастика как средства коррекции дисбаланса вагосимпатической регуляции организма / Н.С. Сафронова, А.В. Фоменко, В.М. Лариков // Материалы всеукраинской научно-практической конференции «Актуальные проблемы валеологии и реабилитации» – Симферополь, 2010.– С.140–141.
12. 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.

Сафронова Н.С. Деякі аспекти респіраторної реабілітації мігрантів / Н.С. Сафронова, О.В. Фоменко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 136-142.

У роботі досліджений вплив курсу гіпоксично-гіперкапічних тренувань на функціональний стан дихальної системи мігрантів. Показано зменшення явищ гіпервентиляції і поліпшення ефективності дихання. Відмічено підвищення стійкості до гострого гіпоксично-гіперкапічного навантаження.

Ключові слова: дихальна система, гіпервентиляція, гіпоксично-гіперкапічне тренування, мігранти.

Safronova N.S. Some aspects of respirator rehabilitation of migrants / N.S. Safronova, A.V. Fomenko // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 136-142.

Influence of course of the hypoxic-hypercapnic trainings is in-process investigational on the functional state of the respiratory system of migrants. Diminishing of the phenomena an hyperventilation and improvement of breathing efficiency is rotined. The increase of stability is marked to the sharp hypoxic-hypercapnic loading.

Keywords: respiratory system, hyperventilation, hypoxic-hypercapnic, training, migrants.

Поступила в редакцію 14.10.2010 г.

УДК 594.124.191.1

О НЕКОТОРЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ПИТАНИЯ УСТРИЦЫ (*OSTREA EDULIS L.*)

Сытник Н.А.

*Керченский экономико-гуманитарный институт Таврического национального университета,
Керчь, Украина
E-mail: kegi_tnu@kerch.crimea.com*

Исследовано влияние различной концентрации пищи на скорость фильтрации (F) и потребления пищи (R) у 2-х возрастных групп устриц. Охарактеризована связь F и R и массой тела в различные сезоны года. Предложена модель для определения величины суточного рациона в зависимости от синхронного изменения массы тела и температуры воды.

Ключевые слова: плоская устрица, фильтрация, рацион, концентрация, корм, температура.

ВВЕДЕНИЕ

Плоская (рядовая или европейская) устрица – *Ostrea edulis L.* является одним из наиболее ценных представителей малакофауны Черного моря [1, 2]. В начале прошлого столетия популяции этого вида были широко распространены вдоль побережья всего черноморского бассейна, но затем численность и ареал устриц стали неуклонно снижаться [3, 4]. Это обусловило необходимость разработки методов воспроизводства этого вида в искусственных условиях [2, 5], в основе которых лежат детальные знания различных аспектов биологии и экологии устриц.

Важнейшей характеристикой процессов жизнедеятельности, протекающих в организме, является величина потребленной и усвоенной (ассимилированной) пищи, определение которой необходимо при формировании маточных стад, для расчета оптимальной плотности посадки при выращивании моллюсков и ряда других вопросов биотехнологии культивирования моллюсков.

В зарубежной литературе существует весьма значительное число публикаций по фильтрационному питанию плоской устриц [6-10], тогда как исследования по этому виду в Черном море единичны [11, 12]. Между тем эти работы наряду с прикладным значением представляют значительный теоретический интерес, в частности, для сравнительной и эволюционной физиологии и экологии [13, 14].

Задачей настоящей работы являлся анализ влияния ряда экологических факторов на скорость фильтрации и величину рациона плоской устрицы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работу проводили в 2000-2006 гг. в лимане Донузлав (западное побережье Крыма), являющегося перспективным регионом для работ по воспроизводству моллюсков [15].

Материалом для исследования служили разноразмерные особи, высотой 26-81 мм и массой (с раковинной) 0,4-73,9 г. Моллюсков, собранных с обрастаний и коллекторов содержали в аквариумах, температура воды которых соответствовала таковой природной среде обитания. После отлова устриц содержали обычно в течение суток в аквариумах с целью освобождения их желудочно-кишечного тракта от содержимого. В качестве корма использовали одноклеточную водоросль *Skeletonema sp.* Опыты проводили в сосудах, объемом 3-12 л, в зависимости от размера и числа особей в опыте.

Начальную плотность водорослей определяли непосредственно перед экспериментом прямым счетом в камере Фокса-Розенталя. После завершения опыта, во избежание погрешностей при подсчете, оставшиеся водоросли концентрировали с помощью воронки обратной фильтрации, после чего определяли их плотность. Скорость небиологического осаждения водорослей находили путем определения их концентрации в контрольных сосудах за тот же период времени, что и в опыте.

Для выбора метода расчета скорости фильтрации проведены 3-4 часовые опыты по интенсивности потребления водорослей моллюсками. Было установлено, что уменьшение концентрации корма в опытных сосудах удовлетворительно описывается экспоненциальным уравнением:

$$K_t = K_0 \cdot e^{-p \cdot t}$$

где K_0 и K_t – соответственно начальная и конечная концентрация ($\text{мг} \cdot \text{л}^{-1}$) взвеси за определенный промежуток времени (час), p – удельная скорость снижения концентрации.

Поскольку удельная скорость снижения концентрации пищи была постоянной величиной, скорость фильтрации устриц определяли по формуле Голда [7, 13]:

$$F = \frac{\ln K_0 - \ln K_t}{n \cdot t} \cdot V,$$

где F – скорость фильтрации ($\text{л} \cdot \text{час}^{-1} \cdot \text{экз.}^{-1}$), K_0 и K_t – концентрация взвеси соответственно в начале и конце опыта ($\text{мг} \cdot \text{л}^{-1}$), V – объем воды в опытном сосуде (л), t – продолжительность опыта (час), n – число моллюсков в опыте, \ln – натуральный логарифм. Продолжительность опытов варьировала в пределах 3-4 часа, в зависимости от объема сосудов и размера моллюсков.

Соответственно, скорость потребления пищи (рацион, R) определяли на основе уравнения: $R = F \cdot K \cdot t$, где K – средняя концентрация пищи (водорослей) во время опыта, t – продолжительность фильтрационной активности моллюсков (час).

Изучение влияния различных концентраций фитопланктона на F и R моллюсков проводили на 2-х размерных группах: 33-35 и 53-57 мм. В зависимости от сезона года температура воды в опытах варьировала в пределах 10-27°C, соленость изменялась незначительно в пределах 17,2 - 17,9 ‰ (средняя – 17,6 ‰).

После завершения опыта моллюсков подвергали биологическому анализу (определяли длину животного, общую массу, массу мягких тканей, пол, стадию зрелости). Для определения сухой массы мягкой ткани ее отделяли от створок и высушивали до постоянной массы при температуре 70°C в течение 3 суток [8, 13].

Статистическую обработку полученных данных осуществляли с помощью компьютерных программ «Statistica» «Microcal Origin 6.1» и электронных таблиц «Excel».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Опыты по изучению влияния различных концентраций корма на скорость фильтрации (F) показали, что при низких значениях плотности альгофлоры (0,2 мг·л⁻¹) F была сравнительно невелика и составляла 0,46 л·час⁻¹·экз.⁻¹. С повышением концентрации пищи до 1,2 мг·л⁻¹ F значительно увеличивается и становится равной 0,92 л·час⁻¹·экз.⁻¹. При увеличении плотности водорослей до 2,3 мг·л⁻¹ произошло сравнительно незначительное снижение F – до 0,7 л·час⁻¹·экз.⁻¹. Однако при последующем увеличении концентрации водорослей происходило устойчивое снижение фильтрационной активности моллюсков (рис. 1).

Зависимость F от концентрации пищи для этой размерной группы моллюсков удовлетворительно аппроксимируется степенным уравнением:

$$F = 1,04 \cdot K_0^{-0,52 \pm 0,051}, r = 0,95 \quad (1)$$

где F – скорость фильтрации (л·час⁻¹·экз.⁻¹), K_0 – начальная концентрация альгофлоры (мг·л⁻¹), r – коэффициент корреляции.

Аналогичный характер изменений F в зависимости от концентрации пищи наблюдался и у более крупных устриц, размером 53-57 мм ($W = 15,8-17,2$ г). Для особей этой группы связь между указанными переменными имела:

$$F = 2,47 \cdot K_0^{-0,95 \pm 0,116}, r = 0,97 \quad (2).$$

Таким образом, возрастание концентрации корма в пределах биокинетической зоны приводит к уменьшению скорости фильтрации моллюсков.

Снижение фильтрационной активности мидии при плотности взвеси более 2,3 мг л⁻¹, по-видимому, обусловлено тем, что эта или близкая к ней величина является "критической" плотностью [6, 8, 10] выше которой наблюдаются физиологические нарушения в работе фильтрационного аппарата моллюсков. Как отмечает А.Ф. Алимов [13], наиболее высокая скорость фильтрации у двустворчатых наблюдается при концентрациях, близкой к таковой в природных условиях. По имеющимся данным [16] биомасса фитопланктона в лимане Донузлав в течение года колеблется в пределах 0,2-6,1 г·м⁻³, причем, за исключением кратковременных периодов "цветения" отдельных видов фитопланктона, она в среднем составляла величину 1572 мг·м⁻³, что близко к "критической плотности", полученной в наших опытах.

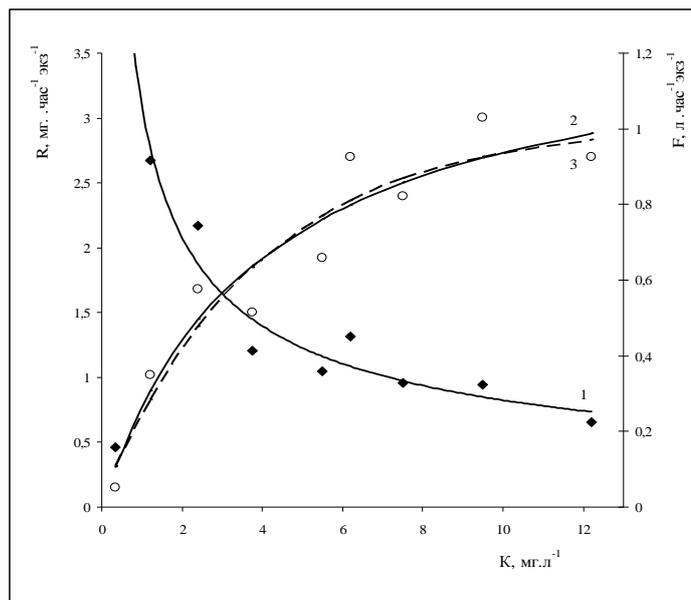


Рис. 1. Влияние концентрации пищи на скорость фильтрации (1) и потребления пищи (2, 3) плоской устрицы. 2 (штриховая линия) – теоретическая кривая по уравнению В.С. Ивлева; 3 (сплошная линия) – теоретическая кривая по уравнению Михаэлиса-Ментен.

Параллельно со снижением фильтрационной активности происходит возрастание величины скорости потребления пищи (R) устриц (рис. 1). Высокого значения она достигала уже при концентрации близкой к $6 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$, и при дальнейшем возрастании плотности пищи R она колебалась возле некоторой средней величины, т.е. практически оставалась на одном и том же уровне.

Характерно, что падение скорости фильтрации начинается заметно раньше, чем достигается величина максимального рациона, свидетельствующее о возможности регуляции устрицей скорости потребления пищи.

Полученные экспериментальные данные по скорости потребления пищи в зависимости от ее концентрации обычно описывается экспоненциальным уравнением В.С. Ивлева, в модификации Г.Г. Винберга и С.А. Анисимова [13]:

$$R = R_{max} \left[1 - e^{-\beta(k-k_0)} \right] \quad (3)$$

где R и R_{max} – соответственно, реальный и максимальный рацион, k – концентрация пищи, k_0 – минимальная лимитирующая концентрация корма, при которой рацион равен нулю, β – удельная скорость изменения рациона. Расчетные значения параметров R_{max} , β и k_0 были соответственно равны 2,96, -0,196 и -0,50.

Кроме того, для этой цели также используется уравнение Михаэлиса-Ментен [14, 17]:

$$R = R_{\max} \frac{k}{\alpha + k}, \quad (4)$$

где α – константа полунасыщения, при которой $R = R_{\max}/2$.

Расчетные значения R_{\max} и α были соответственно равны 3,80 и 3,91. Как видно на Рис. 1 оба уравнения достаточно хорошо передают экспериментальные данные. Однако, как показал В.Е. Заика [17], для животных со стационарным типом питания (каковыми являются устрицы) гиперболическая функция теоретически лучше обоснована. Кроме того уравнение (4) проще, поскольку характеризуется не тремя, а двумя константами, и поэтому в целом оно более предпочтительно, чем уравнение (3).

Известно, что скорость фильтрации и потребления пищи у двустворчатых моллюсков тесно связаны с массой тела [8, 10] и описывается степенной функцией вида:

$$Y = a \cdot X^k,$$

где Y – анализируемая функция, X – масса тела, a и k – параметры уравнения. Аналогичная зависимость между скоростью фильтрации и массой тела была обнаружена и у устрицы Черного моря (рис. 2).

Опыты, проведенные в разные сезоны года и, соответственно, при разной температуре воды показали заметные изменения в скорости фильтрации (табл. 1). Из представленной Таблицы 1 видно, что наиболее низкая интенсивность фильтрации (коэффициент F_l) моллюсков наблюдалась в лимане Донузлав при 10° С, с повышением температуры воды наблюдалось устойчивое возрастание значений F_l . Максимального значения коэффициент пропорциональности моллюсков достигал при 23° С, однако при дальнейшем возрастании температуры до 27° С происходит снижение фильтрационной активности устриц.

Таблица 1
Параметры уравнения связи между скоростью фильтрации (F , л·ч⁻¹·экз⁻¹) с сухой массой тела (W , г) устриц в лимане Донузлав ($S = 17,2-17,9$ ‰) *

Месяц (Т° С)	N	W	F_l	S_r	n	S_n	r
ноябрь (10)	19	0,022-1,02	0,88	0,118	0,435	0,044	0,883
май (16)	23	0,033-1,23	1,69	0,406	0,512	0,049	0,918
июль (23)	23	0,024-1,08	2,37	0,536	0,487	0,074	0,891
август (27)	20	0,025-1,29	1,97	0,402	0,606	0,115	0,856

Примечание: * N – число особей в опыте, W – предельные значения сухой массы моллюсков в опыте, S_r – стандартная ошибка F_l , S_n – стандартная ошибка n ; r – коэффициент корреляции.

Анализ полученных данных по фильтрационной активности плоской устрицы показал, что коэффициенты пропорциональности и регрессии, в целом, они хорошо соответствуют работам других авторов на этом виде [6-10, 12].

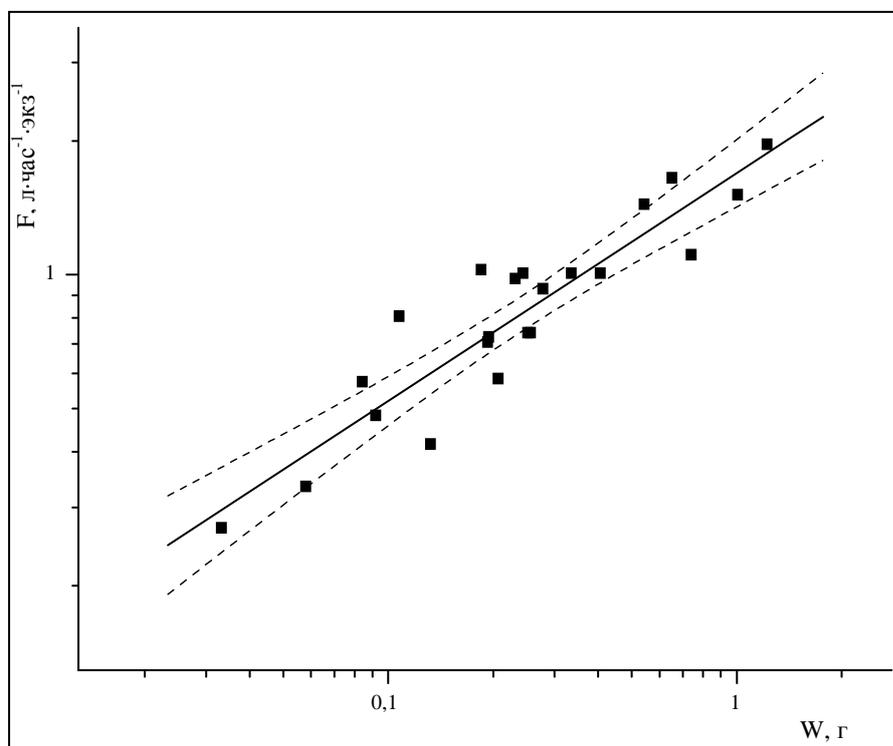


Рис. 2. Зависимость скорости фильтрации (F , л·час⁻¹·экз⁻¹) от сухой массы тела (W , г) устриц (лиман Донузлав, $T = 16^{\circ}\text{C}$, $S = 17,6\%$, штриховые линии – 95% доверительный интервал).

Полученные данные позволяют рассчитать и величину скорость потребления пищи (R) в зависимости от массы тела, которая, как и для F , выражается степенной функцией:

$$R = R_1 \cdot W^m,$$

где W – масса тела, R_1 – коэффициент пропорциональности, равный скорости потребления пищи при массе 1 г, m – коэффициент регрессии.

Параметры уравнений, выражающих зависимость между указанными переменными в исследованных районах в разные сезоны года и, соответственно, при разной температуре воды приведены в Таблице 2.

Таблица 2
Параметры уравнения связи величины рациона (R , мг·час⁻¹·экз.⁻¹) с сухой массой тела (W , г) устриц в лимане. Донузлав ($S = 17,1 - 17,9 \%$)

Месяц (T°С)	N	W	R_l	S_c	m	S_n	r
ноябрь (10)	18	0,018-1,13	2,48	0,284	0,487	0,062	0,901
май (16)	22	0,023-1,39	3,60	0,276	0,496	0,058	0,885
июль (23)	22	0,023-1,39	5,59	0,248	0,504	0,041	0,854
август (27)	21	0,040-1,28	5,04	0,456	0,619	0,088	0,826

Примечание: * N – число особей в опыте, W – пределы индивидуальной массы моллюсков в опыте, S_c – стандартная ошибка R_l , S_n – стандартная ошибка m ; r – коэффициент корреляции.

Как отмечает А.Ф. Алимов [13], сравнение интенсивности физиологических процессов у моллюсков при разных экологических факторах возможно по коэффициентам пропорциональности при равенстве коэффициентов регрессии, либо по величине интенсивности процесса – в нашем случае R/W . Поскольку коэффициенты m при разной температуре имеют разные значения, то полученные уравнения не позволяют дать точное сравнение коэффициентам пропорциональности. В связи с этим сравнение было проведено по интенсивности потребления пищи (R/W). Для этого был использован предложенный ранее способ преобразования [7], основанный на уравнении:

$$R_{st} = \left[\frac{W_{st}}{W_e} \right]^m \cdot R_e$$

где R_{st} и W_{st} – стандартизированное значение рациона и массы тела, R_e и W_e – экспериментальное значение рациона, m – коэффициент регрессии, связывающий скорость потребления пищи с массой тела при данной температуре воды.

Для определения W_{st} были определены средние геометрические значения массы моллюсков для каждого ряда. Их значения в разных вариационных рядах варьировали в пределах 0,231-0,277 г, в среднем составляя 0,255 г. После этого находили стандартизированную величину скорости потребления пищи (R_{st}) при данной массе для каждого экспериментального ряда. Результаты сравнительного анализа были ранжированы в порядке возрастания температуры воды (рис. 3).

Расчеты температурного коэффициента Вант-Гоффа – Q_{10} показали, что при увеличении температуры с 10 до 16°С его значение составляло 2,21. Однако при возрастании температуры с 16 до 23°С величина Q_{10} была меньше 2-х и составляла лишь 1,67. Последующее повышение температуры воды приводит к еще большему снижению Q_{10} , который принимает значение равное 0,53.

Таким образом, температурная зависимость процессов питания плоской устрицы заметно отклонялась от так называемой «кривой Крюга» [13], что было ранее отмечено и другими авторами [10, 18, 19].

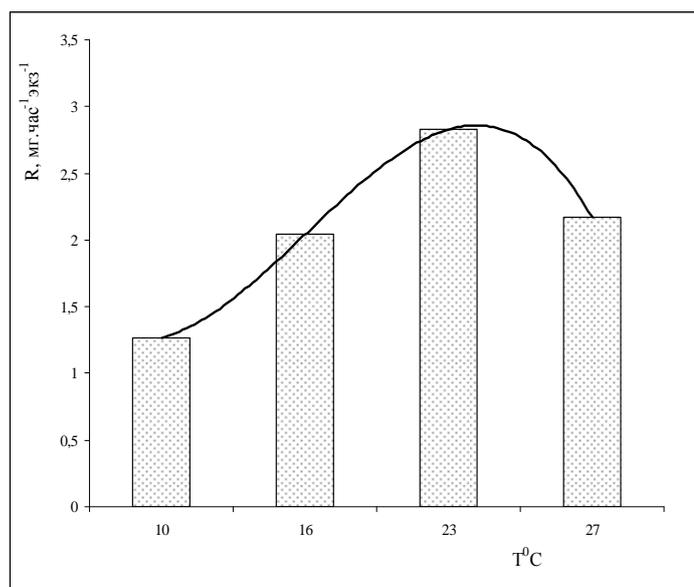


Рис. 3. Изменение интенсивности потребления пищи устрицами (R/W , мг час⁻¹ экз⁻¹ 0,255 г⁻¹) в зависимости от температуры воды (T , °C).

При оценке суточных рационов моллюсков большое значение имеет определение продолжительности их питания. Известно, что фильтрация воды двустворчатыми моллюсками в течение суток осуществляется не постоянно, а характеризуются ритмическими изменениями. Было показано, что процессы питания многих видов двустворчатых моллюсков, в том числе и плоской устрицы, являются фазными и связаны с приливо-отливным циклом [20-22].

Так, для *Ostrea edulis* описал приливо-отливной цикл, в течение которого наиболее высокая скорость потребления пищи имело места во время цикла полной воды, тогда как во время периода отлива происходило ее переваривание, сопровождавшееся гидролизом и фрагментацией клеток [21]. Было показано [20, 22], что питание моллюсков и тесно связанные с ним физиологические процессы – изменение pH мантийной полости, активности амилазы, длины кристаллического стебелька и др. тесно связано с приливо-отливными циклами, однако этот цикл может быть изменен в зависимости от времени погружения животного в воду. Это указывает, что ритмы питания в значительной степени находился под контролем экологических факторов.

В то же время известно, что в Черном море полусуточный приливо-отливной цикл практически отсутствует, и поэтому ритмы питания моллюсков могут быть значительно смещены во времени. В частности, Г.Н. Миронов [23] исследуя фильтрационную активность черноморских мидий, показал, что продолжительность их фильтрации составляет около 18 часов в сутки. Учитывая сходство пищевого поведения мидий и устриц в районах с четко выраженным приливо-отливным

циклом, для черноморских устриц длительность питания была принята равной этому интервалу времени.

На основе полученных данных была рассчитана скорость потребления пищи (рацион) устриц в различные сезоны года. Поскольку величина рациона зависит как от массы тела, так и температуры воды представляло интерес охарактеризовать совместное влияние этих факторов на величину рациона черноморской устрицы в онтогенезе.

Представив величину рациона в виде функции двух переменных – сухой массы тела (W) и температуры воды (T) и используя множественный регрессионный анализ, нами была рассчитана R в течение трехлетнего цикла выращивания (рис. 4). В численном виде эта зависимость выражалась следующим уравнением:

$$R = 70,9 \cdot W + 1,35 \cdot T - 11,2, RQ = 0,87 \quad (3)$$

где RQ – объединенный коэффициент корреляции.

На Рис. 4 видно, что теоретическая кривая достаточно хорошо описывают эмпирические данные изменений величины суточных рационов плоской устрицы в процессе индивидуального развития.

Наблюдающиеся отклонения теоретической от эмпирической кривой могут быть обусловлены различиями в концентрации пищи в разные сезоны года, а также абиотическими факторами – изменением солености, рН и другими экологическими факторами.

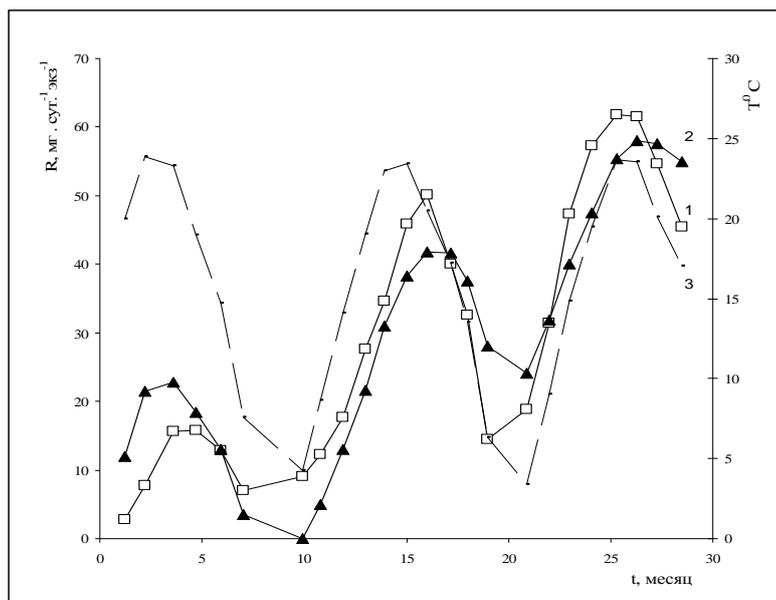


Рис. 4. Изменение величины суточного рациона у плоской устрицы в течение трехлетнего цикла выращивания. 1 – кривая, построенная на экспериментальных данных, 2 – теоретическая кривая по уравнению (3), 3 – температура воды.

Кроме того, эти отклонения могут быть связаны с так называемыми «краевыми эффектами», например, при температуре воды, выходящей за норму жизнедеятельности исследуемого вида.

Таким образом, располагая только данными по массе тела и температуре воды можно достаточно высокой степенью вероятности определить величину суточных рационов плоской устрицы.

ВЫВОДЫ

1. В пределах биокинетической зоны с возрастанием концентрации пищи скорость фильтрации (F) устриц снижается, тогда как скорость потребления пищи (R) асимптотически возрастает, достигая максимума при плотности 6,1 мг·л⁻¹.
2. Зависимость рациона от концентрации пищи одинаково хорошо описывается экспоненциальным уравнением В.С. Ивлева и гиперболической функцией Михаэлиса-Ментен.
3. С возрастанием температуры воды интенсивность фильтрации и величина рациона устриц увеличивается, достигая максимальных значений при 23оС; дальнейшее ее повышение приводит к снижению фильтрационной активности моллюсков.
4. Изменение скорости потребления пищи устрицы в процессе индивидуального развития можно описать уравнением множественной регрессии, где суточный рацион является функцией 2-х переменных – массы тела и температуры воды.

Список литературы

1. Кракатица Т.Ф. Биология черноморской устрицы в связи с вопросами ее воспроизводства / Т.Ф. Кракатица // Биологические основы морской аквакультуры, 1976. – В. 2 – 79 с.
2. Монин В.Л. Биологические основы разведения черноморской устрицы *Ostrea edulis* L.: автореф. дисс.... канд. биол. наук: спец. 03.00.17 «Гидробиология» / В.Л. Монин – Севастополь, 1990. – 24 с.
3. Кракатица Т.Ф. Сокращение ареала и уменьшение численности устриц в Егорлыцком заливе / Т.Ф. Кракатица // Моллюски. Основные результаты их изучения. – Л.: Наука. – 1979. – С. 112–114.
4. Переладов М.В. Современное состояние популяции черноморской устрицы / М.В. Переладов // Труды ВНИРО. – 2005. – Т. 144. – С. 254–274.
5. Пиркова А.В. Воспроизводство черноморской устрицы *Ostrea edulis* L. как исчезающего вида / А.В. Пиркова, Л.В. Ладыгина, В.И. Холодов // Рыбное хозяйство Украины. – 2002. – № 3-4. – С. 8–12.
6. Rodhouse P.G. Energy transformations by the oyster *Ostrea edulis* L. in a temperature estuary / P.G. Rodhouse // J. exp. mar. Biol. Ecol. – 1978. – Vol. 34, № 1. – P. 1–22.
7. Buxton C.D. Response surface analysis of the combined effects of exposure and acclimation temperatures on filtration, oxygen consumption and scope for growth in the oyster *Ostrea edulis* / C.D. Buxton, B.C. Newell, J.G. Field. // Mar. Ecol. Prog. Ser. – 1981. – Vol. 6. – P. 73–82.
8. Deslous-Paoli J.-M. Feeding and digestion with bivalves / J.-M. Deslous-Paoli // Nutrition in marine aquaculture. – FAO-MEDRAP. A. bruno (ed.). – 1986. – P. 145–198
9. Influence of temperature on clearance and oxygen consumption rates of the flat oyster *Ostrea edulis*: determination of allometric coefficients / J. Haure, C. Penisson, S. Bougrier [et al.] // Aquaculture. – 1998 – Vol. 169 – P. 211–224.
10. Roedstroem E.M. Survival and feeding activity of oyster spat (*Ostrea edulis* L.) as a function of temperature and salinity with implications for culture policies on the Swedish west coast / E.M. Roedstroem, P.R. Jonsson // J. Shellfish Res. – 2000. – Vol. 19, № 2 – P. 799–808.
11. Монин В.Л. Фильтрационная активность черноморской мидии и устриц / В.Л. Монин, Л.С. Крук, Т.В. Хребтова // Биол. шельф. зон Мирового океана. – Владивосток. – 1982. – Ч. 1. – С. 152–153.

12. Золотницкий А.П. Исследование фильтрационного питания черноморской устрицы (*Ostrea edulis* L.) / А.П. Золотницкий, Л.С. Крук // Тез. докл. III съезда океанол. – Л.: Наука, 1987. – Ч. II. – С. 23–24.
13. Алимов А.Ф. Функциональная экология пресноводных двустворчатых моллюсков / Алимов А.Ф. – Л.: Наука, 1981. – 248 с.
14. Федоров В.Д. Экология / В.Д. Федоров, Т.Г. Гильманов. – М.: изд-во МГУ. – 1980. – 464 с.
15. К вопросу организации крупномасштабного культивирования устриц в озере Донузлав / А.П. Золотницкий, А.Н. Орленко, В.Г. Крючков [и др.] // Труды ЮгНИРО. – 2008. – Т. 46. – С. 48–54.
16. Вижевский В.И. Биологические основы промышленного культивирования мидии (*Mytilus galloprovincialis* Lam.) в различных районах Черного моря: автореф. дисс.... канд. биол. наук: спец. 03.00.17 «Гидробиология» / В.И. Вижевский. – Керчь. – 1990. – 174 с.
17. Заика В.Е. Балансовая теория роста животных / В.Е. Заика. – К: Наукова думка, 1985. – 191 с.
18. Newell C.R. The influence of temperature on the maintenance of metabolic energy balance in marine invertebrates / C.R. Newell, G.M. Branch // Adv. Mar. Biol. – 1980. – Vol. 17. – P.329–396.
19. Clarke A. Temperature, latitude and reproductive effort / A. Clarke // Marin ecol. Progress series. – Vol. 38. – № 1. – 1987. – P. 89–99.
20. Langton R.W. Digestive rhythms in the mussel *Mytilus edulis* L. / R.W. Langton // Mar. Biol. – 1977. – Vol. 41. – P. 53–58.
21. Morton B. The diurnal rhythm and tidal rhythm of feeding and digestion in *Ostrea edulis* / B. Morton // Biol. J. Lin. Soc. – 1988. – Vol. 3, № 4. – P. 329–342
22. Palmer J.D. Tidal rhythms: the clock control of the rhythmic physiology of marine organisms / J.D. Palmer // Biological Reviews – 2008 – Vol. 48, № 3 – P. 377–418
23. Миронов Г.Н. Фильтрационная работа и питание мидий Черного моря / Г.Н. Миронов // Тр. Севаст. биол. станции АН УССР. – 1948. – Т. 6. – С. 338–352.

Ситник Н.О. Про деякі екологічні закономірності фільтраційного живлення устриці (*Ostrea edulis* L.) / Н.О. Ситник // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 143-153.

Досліджений вплив різної концентрації їжі на швидкість фільтрації (F) і споживання їжі (R) у 2-х вікових груп устриць. Охарактеризований зв'язок F і R і масою тіла в різні сезони року. Запропонована модель для визначення величини добового раціону залежно від зміни маси тіла і температури води.

Ключові слова: плоска устриця, фільтрація, раціон, концентрація, корм, температура.

Sitnik N.A. About some ecological laws of a filter feeding of oyster (*Ostrea edulis* L.) / N.A. Sytnik // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 143-153.

Influence of various concentration of nutriment on a filtration rate (F) and food consumption (R) at 2 age groups of oysters is investigated. Dependence F and R from body mass during various seasons of year is characterised. The model of definition of magnitude of a daily ration depending on change of mass of a body and water temperature is offered.

Keywords: flat oyster, filtration, ration, concentration, food, temperature.

Поступила в редакцію 15.09.2010 г.

УДК 612.13 + 615.821

ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У СПОРТСМЕНОВ С РАЗЛИЧНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬЮ ВЕСТИБУЛЯРНЫХ ОБРАЗОВ

Сышко Д.В., Савина К.Д.

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

Обнаружено, что показатели вариационной пульсометрии у спортсменов изменяются по разному после вестибулярных раздражений. Эти изменения зависят от продолжительности вестибулярных образов.
Ключевые слова: вестибулярные образы, вариационная пульсометрия, регуляция работы сердца.

ВВЕДЕНИЕ

Рост спортивного мастерства в значительной мере зависит от деятельности вестибулярного анализатора. Наряду с двигательным и зрительным анализаторами он обеспечивает ориентировку в пространстве, влияет на уровень двигательной координации и качество равновесия.

Известно, что вестибулярная нагрузка вызывает у человека изменения в деятельности вегетативных функций. Показатели сердечно-сосудистой и дыхательной систем изменяются под влиянием вестибулярных раздражений. Эти изменения в научной литературе называют вестибуло-вегетативными реакциями. Вестибуло-вегетативные реакции изучены достаточно глубоко многими авторами [1, 2]. Существуют также данные о индивидуальных вестибуло-вегетативных реакциях [3, 4]. Достаточное количество информативных методик позволяет определить состояние вестибулярного анализатора и вестибулярную устойчивость по соматическим реакциям, нистагму, и по вегетативным реакциям. Субъективные ощущения последствие вестибулярных раздражений в специальной литературе называют вестибулярными образами. Недостаточно изученным остаётся связь вестибулярных образов с вегетативными функциями организма. Определенный интерес представляют методики позволяющие получать срочную информацию о функциональном состоянии спортсмена, получать интегральные и производные показатели при помощи автоматизированных методик. Одними из информативных показателей являются показатели вариационной пульсометрии, на что указывают современные исследования некоторых авторов [5, 6].

В связи с этим целью нашего исследования являлось изучение особенностей регуляции работы сердца у спортсменов с различной продолжительностью вестибулярных образов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В настоящей работе были обследованы лица мужского и женского пола, являющиеся студентами факультета физической культуры Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, а также спортсмены, РК ДЮСШ занимающиеся легкой атлетикой в возрасте 12-15 лет, состоящие на учете в Крымском врачебно-физкультурном диспансере. Возраст студентов факультета физической культуры составлял от 17 до 22 лет, рост варьировал от 164 до 196 см, вес – 54–105 кг.

Испытуемые не имели отклонений в состоянии здоровья, имели допуск к занятиям спортом. Обследованные студенты специализировались в легкой атлетике имели спортивную классификацию от массовых разрядов до мастеров спорта, что в основном свидетельствует о сложившемся динамическом стереотипе в результате занятий спортом.

У спортсменов ДЮСШ спортивная квалификация от 2 юношеского до 2 спортивного разряда.

Исследование проводилось следующим образом: выполнялась вращательная проба Воячека – 10 вращений за 20 секунд в кресле Барани против хода часовой стрелки (голова испытуемого наклонена вперед на 30 градусов), резкая остановка (за пол-оборота) и фиксация взгляда на определенной цели. Во время вращений испытуемый находится в кресле в полной тишине с закрытыми глазами. После остановки кресла одновременно включается секундомер и фиксируется время вестибулярных последовательных образов, то есть время, в течение которого ощущалось головокружение и другие нарушения восприятия. В первой пробе, после вращения испытуемый продолжает оставаться с закрытыми глазами. Во второй пробе фиксируется время вестибулярных последовательных образов с открытыми глазами. Изучались следующие показатели:

1. $f_h \max$ – максимальная частота сердечных сокращений (уд/мин);
2. $f_h \min$ – минимальная частота сердечных сокращений(уд/мин);
3. RR_{\max} – максимальная длительность сердечного цикла(с);
4. RR_{\min} – минимальная длительность сердечного цикла(с);
5. RR_x – средняя длительность сердечного цикла(с);
6. RR_m – мода длительности сердечного цикла(с);
7. ИИ – индекс напряжения сердца (усл. еден.)

Исследуемые спортсмены были разделены на 3 группы в зависимости от продолжительности вестибулярных образов. В первую группу вошло 9 спортсменов с длительностью вестибулярных образов с 2 с до 5 с, во вторую группу 6 спортсменов с длительностью вестибулярных образов с 5с до 8с и в третью 5 спортсменов с длительностью вестибулярных образов более 8с. Данные группы сформированы при помощи метода сигмальных отклонений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате исследований было обнаружено, что у спортсменов первой группы максимальная частота сердечных сокращений после вестибулярных раздражений уменьшалась (табл. 2) с $79,8 \pm 1,5$ уд/мин до $74,7 \pm 1,3$ уд/мин. У спортсменов второй

группы не изменялась и в третьей группе увеличивалась после вестибулярных раздражений.

При помощи Polar RS 800 SD в покое и после вестибулярных раздражений регистрировали показатели вариационной пульсометрии, рассчитываемые автоматически по данным тахограмм, спектрограмм и стандартизированной интервалограммы.

Интересно отметить тот факт, что минимальная частота сердечных сокращений у представителей всех групп существенно не изменялась, что вероятно связано с ограничивающим действием пейсмекеров, обеспечивающих автоматию сердца.

Максимальная длительность сердечного цикла (RR_{max}) практически также не изменялась за исключением незначительной тенденции увеличения этого показателя у спортсменов первой группы. Минимальная длительность сердечного цикла (RR_{min}) существенно увеличивалась у спортсменов первой группы и уменьшалась в третьей группе, а у спортсменов второй группы не изменялась, что вероятно связано с преобладанием влияния блуждающего нерва на минимальную длительность сердечного цикла при его увеличении, а при уменьшении – влияние симпатического нерва. Однако интересно отметить, что данное воздействие не всегда обнаруживается при анализе среднестатистической длительности сердечного цикла (RR_x), так, как этот показатель увеличился в первой группе и практически не изменился в остальных группах. Этот феномен, можно объяснить тем, что влияние отделов вегетативной нервной системы на работу сердца первоначально влияет на минимальные и максимальные значения длительности сердечного цикла, однако это не сказывается на средней величине из-за сохранения автоматии сердца в силу умеренности выше указанного влияния. Прогностическая ценность показателей вариационной пульсометрии в том и заключается, что они способны определить даже незначительные влияния вышележащих структур на автоматию работы сердца. Данное положение подтверждает значение моды длительности сердечного цикла (RR_m), которое изменялось аналогично с показателем средней арифметической. При анализе индекса напряжения сердца обнаружено, что он увеличивается в первой и во второй группах после вестибулярных раздражений и уменьшается в третьей группе. Известно, что увеличение ИН в какой-то степени отражает степень напряжения регуляторных механизмов [7], таким образом, увеличение ИН указывает на «напряжение адаптации», а его снижение свидетельствует об устойчивой адаптации к воздействиям различных факторов внешней среды, а в нашем случае к вестибулярным раздражениям. Однако величины ИН во всех трёх группах находились в пределах физиологической нормы [8].

Таким образом, обнаружено, что показатели вариационной пульсометрии изменяются после вестибулярных раздражений у спортсменов по-разному, в зависимости от продолжительности вестибулярных образцов.

Таблица 1

Характер изменений регуляции сердечного ритма в условиях вестибулярных раздражений у спортсменов с различной продолжительностью вестибулярных образцов ($\bar{x} \pm S \bar{x}$)

Группы Показа- тели Едн. Изм.	1 группа (n=9)		2 группа (n=6)		3 группа (n=5)	
	До	После	До	После	До	После
fh max Уд/мин	79,8±1,5	74,7±1,3 *	75,8±1,3	74,8±1,7	80,6±1,6	88,2±1,8 *
fh min Уд/мин	54,2±1,7	55,6±0,9	52±1,1	51,8±1,2	53±1,8	53,4±1,5
RRmax С	0,98±0,11	1,001±0,1	1,13±0,21	1,13±0,15	1,13±0,1	1,12±0,12
RRmin С	0,703±0,06	0,750±0,05*	0,801±0,08	0,806±0,06	0,754±0,07	0,693±0,09*
RRx С	0,851±0,1	0,874±0,07*	0,974±0,09	0,940±0,05	0,974±0,03	0,987±0,08
RRm С	0,828±0,07	1,016±0,09*	0,948±0,11	0,964±0,08	0,949±0,06	0,953±0,07
ИН	46,0±1,6	52,8±1,8*	33,2±2,3	39,8±1,9*	47,6±1,6	42,4±2,1*

ВЫВОДЫ

1. У спортсменов первой группы после вестибулярных раздражений обнаружено: снижение частоты сердечных сокращений, увеличение минимальной длительности сердечного цикла, увеличение длительности сердечного цикла и увеличение индекса напряжения сердца.
2. У спортсменов второй группы после вестибулярных раздражений частота сердечных сокращений не изменялась, и также не изменялись все показатели вариационной пульсометрии. Однако индекс напряжения сердца увеличивался.
3. У спортсменов третьей группы после вестибулярных раздражений частота сердечных сокращений увеличивалась, минимальная длительность сердечного цикла снижалась, индекс напряжения сердца уменьшался.

Список литературы

1. Курашвили А.Е. Физиологические функции вестибулярной системы / А.Е. Курашвили, А.Е. Бабияк – Л: «Медицина», Ленинградское отделение, 1975. – 279 с.
2. Грузеская В.Ф. Особенности адаптаций детей младшего школьного возраста к вестибулярным раздражениям в результате специальной тренировки. « Адаптаційні можливості дітей і молоді» / В.Ф. Грузеская, Н.Н. Терентьева, В.И. Молоткова // Матеріали міжнародної науково науково практичної конференції, присвяченої 50- річчю факультета фізичного виховання. Одеса. – 1996. – С. 24.

3. Корнилова Л.Н. Вестибулярная функция и межанализаторное взаимодействие после космических полётов / Корнилова Л.Н. // Космическая биология и авиакосмическая медицина. – 1991. – Т. 25, №1. – С. 12–17.
4. Сышко Д.В. Вплив вестибулярних подразнень на показники фазової діяльності серця у спортсменів / Д.В. Сышко // Збірник наукових праць з галузі фізичної культури та спорту “ Молода спортивна наука України. – 2003. – Випуск 7. – С. 405–409.
5. Вовчанський В. Визначення зони аеробно-анаеробного переходу у спортсменів високої кваліфікації за допомоги експрес-лактат-контролю та моніторингу серцевого ритму. Збірник наукових праць з галузі фізичної культури та спорту / В. Вовчанський, В. Борковський // Молода спортивна наука України. – Випуск 7. – 2003. – С. 333–338.
6. Каленіченко О. Дослідження варіабельності серцевого ритму з використанням пульсометру Polar Electro S810 у спортивній діяльності. Збірник наукових праць з галузі фізичної культури та спорту / О. Каленіченко, А. Кудій // Молода спортивна наука України. – Випуск 7. – 2003. – С. 355–358.
7. Дембо А.Г. Спортивная кардиология: Руководство для врачей / А.Г. Дембо, Э.В. Земцовский – Л.: Медицина, 1989. – С.152.
8. Приходько В.И. Показатели вегетативной регуляции как средство в управлении тренировочным процессом / В.И. Приходько, Е.Н. Шупикова // 7 Международный научный конгресс «Современный олимпийский спорт и спорт» Том 2-М. « СпортАкадемПресс», 2003 – С. 143–144.

Сышко Д.В. Особливості регуляції серцевого ритму у спортсменів з різною тривалістю вестибулярних образів. / Д.В. Сышко, К.Д. Савина // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 154-158.

Виявлено, що показники варіаційної пульсометрії у спортсменів змінюються по різному після вестибулярних подразнень. Ці зміни залежать від тривалості вестибулярних образів.

Ключові слова: вестибулярні образи, варіаційна пульсометрія, регуляція роботи серця.

Syshko D.V. Features of regulation of cardiac rhythm at the sportsmen with various duration of vestibular appearance / D.V. Syshko, K.D. Savina // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 154-158.

It is revealed, that the parameters variation pulsometer at the sportsmen change on any other business after of vestibular irritations. These changes depend from duration of vestibular appearance.

Keywords: vestibular appearance, variation pulsometer , regulation of work of heart.

Поступила в редакцію 29.09.2010 г.

УДК 591.169:595.12:615.84

ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА МОЛЛЮСКОВ

Темурьянц Н.А., Туманянц К.Н., Костюк А.С.

*Таврический национальный университет им. В.И.Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: timur@crimea.edu*

Представлен обзор литературных данных о влиянии экзогенных факторов на нейрональную активность, поведенческую реакцию избегания термического стимула, способность к ориентации и навигации у моллюсков.

Ключевые слова: нейрональная активность, электромагнитное поле, ноцицептивная чувствительность, моллюски.

Одной из актуальных проблем экологической физиологии является исследование биологической эффективности разнообразных экологических факторов. Однако при решении этой проблемы исследователи сталкиваются с выбором адекватного объекта исследования. Этот выбор зачастую затруднен, так как в Европейской Конвенции о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (1986), подчеркнута необходимость поощрять научные исследования с целью «разработки способов и методов, которые могут предоставить информацию, аналогичную той, которая может быть получена в результате процедур причиняющих боль, страдание» [1].

Одним из таких способов является эксперименты на беспозвоночных животных. Они используются в многочисленных экспериментах и позволяют изучить феноменологию, закономерности, механизмы действия различных факторов и в известной степени распространить сделанные выводы на позвоночных и человека. В частности, беспозвоночные применяются для исследования действия физических факторов, в том числе и электромагнитных излучений (ЭМИ). Учитывая тот факт, что большинство физических факторов внешней среды, во взаимодействии с которыми эволюционировала живая природа, имеет электромагнитную природу [2], актуальность таких исследований не вызывает сомнения.

Ранее нами были обобщены литературные данные об использовании планарий для изучения действия экологических факторов [3].

Целью настоящего исследования явилось обобщение литературных данных о реакциях моллюсков на воздействие различных экзогенных факторов.

Моллюски или мягкотелые, образуют ясно ограниченный тип животных, ведущих начало от кольчатых червей. Различают более 100000 видов этих животных, которые объединяются в 9 классов. К ним относятся главным образом водные и реже наземные животные, характеризующиеся наличием мускульной

ноги, защитной раковиной, присутствием в глотке особого аппарата для размельчения пищи – терки (радулы), разбросанно-узловой нервной системой [4].

Эксперименты на моллюсках проводятся для решения ряда фундаментальных проблем биологии. Одной из таких проблем является проблема ориентации и навигации животных. Показано, что многие животные используют для ориентации магнитное поле (МП) Земли. Обзор этих работ представлен, например Wiltschko et.al. (2002) [5].

Показано, что и моллюски используют геомагнитное поле для ориентации. Так, Brown et. al. (1960) [6] обнаружили, что грязевые моллюски *Nassarius obsoletus* способны различать 2 слабых магнитных поля, которые ориентированы под прямым углом друг к другу. У этих животных зарегистрирован циркадианный и лунный ритмы в способности использовать слабое МП (горизонтальная составляющая – 5 гауссов) для ориентации. Эти результаты подтверждены и наблюдениями над водными моллюсками *Helisoma duryi endiscus*, на которых изучалась их способность к ориентации по МП индукцией 0,25-10 гаусс [7]. Однако в этом случае эффект был менее выражен, чем у *Nassarius*.

K.J. Lohmann, A.O.D. Willows (1987) [8], Willows (1999) [9] показали, что и морской моллюск *Tritonia dimoeda* может использовать статическое МП Земли для ориентации при движении как в воде, так и на суше. Это проявляется не только в определенном положении тела животного в естественном МП, но и в постоянном предпочтении поворота в лабиринте. Обнаружен лунный ритм в поведенческом ответе на изменение направления поля.

В настоящее время у ряда животных описаны структуры мозга, ответственные за ориентацию и навигацию по МП [10-12]. Такие структуры обнаружены и у *Tritonia dimoedeae*.

Была зарегистрирована спонтанная импульсная активность больших визуально определяемых нейронов мозга моллюсков (пятая и шестая пары pedalных нейронов) при изменении направления статического МП. Ответ этих нейронов заключался в увеличении частоты спонтанной импульсной активности через 6-16 минут после изменения направления поля. В других 50 исследованных нейронах не было обнаружено никаких ответов на изменения направления МП. Никакого ответа не было обнаружено и в pedalных нейронах при перерезке их нейритов [13].

Дальнейшие исследования позволили выявить ответную реакцию на изменение направления МП и седьмой пары pedalных нейронов [14]. Спонтанная импульсная активность этих нейронов при изменении направления МП ингибировалась. С помощью прижизненной окраски нейронов солями кобальта установлено распространение нейритов этих нейронов.

Установлено, что эти три пары нейронов имеют сходные морфологические особенности, все они являются эфферентными нейронами и продуцируют нейропептиды TRPeps [15].

По-видимому, они являются компонентами системы, осуществляющими магнитодетекцию, обработку информации о магнитном стимуле, адекватную двигательную реакцию, обеспечивающую ориентацию [14].

Предполагается существование специализированных рецепторов, способных реагировать на изменения направления МП и таким образом, передавать полученную информацию о геомагнитном поле в нервную систему. Важно, что в состав рецептора, по-видимому, входит биогенный минеральный магнетит [16]. У моллюсков магнетит как минерал биогенного происхождения впервые был идентифицирован в радуле [17].

Таким образом, исследования на моллюсках позволили значительно расширить представления о механизмах ориентации и навигации животных по МП.

Выводы о неодинаковой чувствительности нейронов мозга моллюсков к действию статического МП были подтверждены и в других исследованиях.

Так, исследования L. Nicolici et. al. (2008) [18] показали, что статическое МП низкой интенсивности вызывает неодинаковые изменения электрофизиологических характеристик различных нейронов *Helix pomatia*. ВЧ – нейроны реагировали на действие МП интенсивностью 2,7 мТл и 10 мТл изменением амплитуды и длительности потенциала действия, тогда как нейрон C1 на действие МП не реагировал.

Обнаружено также, что ответная реакция у «молчащих» нейронов и у клеток со спонтанной импульсной активностью на действие статического МП неодинаковы: у первых вызывает снижение, а у вторых – возрастание входного сопротивления [19].

Возбуждающий эффект статического МП обнаружен также в экспериментах на нейронах висцерального и параинтерального ганглиев *Helix asperse* [20].

Выявлена зависимость ответной реакции нейронов моллюсков от интенсивности статического поля [19].

Доступность нейронов моллюсков для исследования обуславливает изучение биологического действия различных физических факторов на клеточном уровне.

В частности, достаточно подробно изучено влияние миллиметрового излучения на нейроны моллюсков [21-26].

Микроволновое излучение частотой 2450 МГц вызывает изменения комплекса Гольджи, отек эндоплазматического ретикулаума [27], уменьшение концентрации нуклеиновых кислот, снижение объема ядра нейронов ганглия [28].

Электрофизиологические исследования [21, 29-31] выявили изменения спонтанной импульсной активности нейронов и снижение входного сопротивления.

М.А. Большаков (1985) [30], М.А. Bolshakov, S. Alekseev (1992) [24] описали реакцию пейсмекерных нейронов прудовика *Lymnaea stagnalis* на действие ЭМИ частотой 900 МГц интенсивностью 30 Вт. Обнаружено ингибирование спонтанной импульсной активности нейронов на 1-3 мин. воздействия, что согласуется с данными, полученными на нейронах *Aplisia* при облучении их ЭМИ частотой 1,5 и 2,45 ГГц [21].

В исследованиях S. Alekseev et. al. (1997) [25] выявлены двухфазные изменения частоты спонтанной импульсной активности пейсмекерных нейронов *Lymnaea* при действии ЭМИ частотой 75 ГГц. Первая фаза заключалась в уменьшении частоты импульсации, вторая сменялась устойчивым ее повышением.

Оказалось, что реакции нейронов на действие микроволнового излучения зависят от температуры.

В обстоятельных исследованиях S. Arber et al. (1985) [22] показано, ингибирование спонтанной импульсной активности нейронов имеет место при температуре 8° и 21°С, но не 28°С.

S. Alekseev et al. (1997) [25] выяснили, что ингибирование спонтанной импульсной активности нейронов моллюска может наблюдаться лишь в том случае, если температура возрастает со скоростью 0,0025°С/с. Для сравнения – у человека температурным порогом для развития реакции на ЭМИ является ее изменение на 0,001°С/с для тепловых рецепторов и 0,004°С/с для холодových [32]. Таким образом, температурная чувствительность нейронов моллюсков сопоставима с таковой температурных рецепторов человека. Исходя из этого, можно заключить, что нейроны улитки являются адекватной моделью для изучения состояния холодových и тепловых рецепторов человека при действии различных факторов.

Эксперименты на нейронах моллюсков позволили выявить также роль ионных каналов в реакции клетки на действие различных стимулов. Так, S. Alekseev, M. Ziskin (1999) [26] обнаружили, что мм-волны частотой 60-75 ГГц изменяют проницаемость кальциевых и быстро инактивирующихся калиевых каналов в нейронах *Lymnaea*. Известно, что ток Ca^{++} участвует в генерации потенциала действия в нейронах моллюска [33, 34], играет важную роль в формировании его спонтанной импульсной активности [35].

Участие кальциевых ионных каналов в механизмах действия переменного электромагнитного поля (ПемП) частотой 50 Гц, интенсивностью 300 мТ и выше было изучено и на других объектах – иммунocyтaх моллюска *Mytilus galloprovincialis*. Оказалось, что ПемП уменьшает изменения формы клетки, вызванные хемотаксическими субстанциями. Этот эффект модифицировался при добавлении блокатора кальциевых каналов веропомина [36].

Изменения проницаемости мембраны, связанной с ионными каналами, обнаружены и при действии зеленого лазерного излучения с длиной волны 523 нм. Оказалось, что это излучение ингибирует электрическую активность нейрона С1, что связано с увеличением селективного трансмембранного транспорта хлоридов, а не с увеличением тока ионов кальция [37].

Таким образом, исследование нейронов моллюсков широко распространено в экологической физиологии и биофизике, и эти результаты могут быть распространены для интерпретации данных, полученных на млекопитающих и человека.

Различные вопросы экологической физиологии решаются и при изучении поведенческих реакций моллюсков.

Показано, что при действии различных факторов модулируется их поведенческая реакция избегания термального стимула (ноцицептивный ответ). Опиоидный агонист морфин так же, как и у позвоночных увеличивает латентный период этой реакции. Однако у беспозвоночных эта реакция на ноцицептивное раздражение не эквивалента болевой реакции позвоночных и человека. Воздействие на наземных моллюсков *Seraea*, *Arion ater* или *Limax maximus* разнообразными стимулами (высокая температура, химические препараты, центрифугирование и т.д.) ведет к активации эндогенной опиоидной системы, что проявляется в развитии стресс-индуцированной анальгезии как у позвоночных [38-40].

Показано, что МП различных параметров модифицируют опиоидобусловленные реакции у моллюсков. 15-30 минутная экспозиция *Sepaea* в гетерогенном переменном МП частотой 0,5 Гц индукцией 1,5-90 гаусс, создаваемом двумя вращающимися подковообразными магнитами, значительно уменьшает морфининдуцированную аналгезию [40]. Обнаружена также способность ПеМП таких параметров редуцировать и стрессиндуцированную аналгезию.

В контрольных экспериментах, в которых использовались макеты магнитов, не было обнаружено изменений уровня морфининдуцированного ответа, что свидетельствовало о том, что в механизмах такого действия электрическая компонента не принимает участия.

Было показано также, что и ПеМП, создаваемое кольцами Гельмгольца (частота 60 Гц интенсивностью 1,0 гаусс), также ослабляет морфининдуцированную аналгезию у *Sepaea*. При различной экспозиции (0,5; 2; 12; 48 или 120 час) аналгезия ослаблялась и в темный и светлый период суток, но более заметные изменения зарегистрированы в темный период. Эти изменения были обратимыми: через 24 часа после экспозиции в ПеМП величина латентного периода не отличалась от исходной [41].

Изучая поведенческие реакции избегания термического стимула у улиток, удалось обосновать применение в терапевтических целях специфического импульсного магнитного поля («Specific pulsed magnetic field»(Спр.), [42]. Было показано, что Спр оказывает опиоидобусловленное аналгетическое действие на улиток, которое ослабевает с увеличением числа экспозиций.

Улитки использованы и для изучения зависимости биологического действия магнитного поля от его параметров. Была исследована роль взаимоотношений постоянной (V_{DC}) и переменных (V_{AC}) компонент в его биологической активности [43].

Для этого улитки подвергались действию статического магнитного поля $V_{DC} = 78 \pm 1$ мТ и ПеМП частотой 60 Гц ($V_{AC} = 299 \pm 1$ мТ), расположенными под различным углом друг к другу – от 0° до 90° . Если V_{DC} и V_{AC} находились под углом 0° и 90° , аналгетический эффект уменьшался на 20%, максимальный эффект – увеличение ингибирующего эффекта до 50% отмечено при углах между V_{AC} и V_{DC} равными 50° и 70° .

На модели энкефалининдуцированной аналгезии у улиток *Sepaea nemoralis* указано также, что биологическая эффективность электромагнитных стимулов определяется не абсолютными значениями их параметров, а соотношением амплитуда/частота. Например, ингибирующий эффект ПеМП частотой 60 Гц выявлен при индукции 40 мТл, но не 297 и 547 мТл [44].

На этой же модели получены доказательства теории магнитного параметрического резонанса в биосистемах В.И. Леднева [45]. Оказалось, что в зависимости от частоты поля, настроенной на резонанс Ca^{++} и K^+ , могут наблюдаться разнообразное изменения морфининдуцированной аналгезии: ее снижение, увеличение или отсутствие эффекта. Эти результаты подробно обсуждаются в литературе [46].

Важным результатом исследований этих авторов явились также данные о том, что изменения морфининдуцированной аналгезии у улиток при действии МП

зависят от присутствия света: в темноте эффект не регистрируется или выражен слабо [45, 47].

На модели реакции избегания ноцицептивного стимула улиткой удалось выяснить не только закономерности действия электромагнитного раздражителя, но и физиологические механизмы его действия.

Предполагается участие в их развитии эндогенной опиоидной системы [48].

Эти данные позволяют обсуждать механизмы физиологического действия различных факторов.

Следует указать так же на то, что раковины моллюсков является замечательными регистрирующими структурами. В них надежно обнаруживается ритмика солнечной активности в довольно широком диапазоне периодов. Показано, что для мидий Граяна вариации темпов роста происходят синхронно в различных регионах Японского моря и максимальны в эпоху минимума солнечной активности [49].

Таким образом, под влиянием различных факторов изменяется способность моллюсков к ориентации и навигации, поведенческие реакции избегания, нейрональная активность, проницаемость мембран нейронов. Эксперименты на этих животных перспективны для изучения механизмов действия различных факторов, как на клеточном, так и на организменном уровнях.

ВЫВОД

Моллюски являются удобным объектом для изучения биологического действия факторов внешней среды.

Список литературы

1. Европейская Конвенция о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях – Страсбург, 18 марта 1986 г., глава III, статья 6.
2. Парин В.В. Пути развития космической физиологии / В.В. Парин // Космическая биология и медицина. – 1968. – Т. 2, № 1. – С. 3–11.
3. Демцун Н.А. Влияние низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на регенерирующих планарий *Dugesia tigrina* / Н.А. Демцун, К.Н. Туманянц, Н.А. Темурьянц // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61), № 2. – С. 33–39.
4. Догель В.А. Зоология беспозвоночных: учебник [для ун-тов] / В.А. Догель. – М.: Высшая школа, 1981. – 606 с.
5. Wiltshko W. Magnetic compass orientation in birds and its physiological basis / W. Wiltshko, R. Wiltshko // Naturwissenschaften. – 2002. – Vol. 89(10). – P. 445–452
6. Brown F.A. «Compass – direction effect» for snails in constant conditions, and its lunar modulation / F.A. Brown, N.M. Webb // Biol. Bull. – 1960. – Vol. 119. – P. 307.
7. Gottlieb N.D. Magnetic field effects on the compass mechanism and activity level of the snail *Helisoma duryi endiscus* / N.D. Gottlieb, W.E. Caldwell // J. Genet. Psychol. – 1967. – Vol. 111. – P. 85–102.
8. Lohmann K.J. Lunar-modulated geomagnetic by a marine mollusk / K.J. Lohmann, A.O.D. Willows // Science. – 1987. – Vol. 235. – P. 331–334.
9. Willows A.O.D. Shoreward orientation involving geomagnetic cues in nudibranch mollusc *Tritonia diomedea* / A.O.D. Willows // Mar. Fresh. Behav. Physiol. – 1999. – Vol. 32. – P. 181–192.
10. Semm P. Responses to small magnetic variations by the trigeminal system of the bobolink / P. Semm, R.C. Beason // Brain Res. Bull. – 1990. – Vol. 25. – P. 735–740.
11. Structure and function of the vertebrate magnetic sense / M.M. Walker, C.E. Diebel, C.V. Haugh [et al.] // Nature. – 1997. – Vol. 390. – P. 371–376.

12. Neuroanatomy of magnetoreception: the superior colliculus involved in magnetic orientation in a mammal / P. Nemeš, J. Altmann, S. Marhold [et al.] // *Science*. – 2001. – Vol. 294. – P. 366–368.
13. Lohmann K.J. An identifiable molluscan neuron responds to changes in earth-strength magnetic fields / K.J. Lohmann, A.O.D. Willows, R.B. Pinter // *Journal of Experimental Biology*. – 1991. – Vol. 161. – P. 1–24.
14. Wang J.H. Identifiable neurons inhibited by Earth-strength magnetic stimuli in the mollusc *Tritonia diomedea* / J.H. Wang, S.D. Cain, K.J. Lohmann // *Journal of Experimental Biology*. – 2007. – Vol. 207. – P. 1043–1049.
15. Willows A.O.D. Modulation of ciliary beat frequency by neuropeptides from identified molluscan neurons / A.O.D. Willows, G.A. Pavlova, N.E. Phillips // *J. Exp. Biol.* – 1997. – Vol. 200. – P. 1433–1439.
16. Киршвинк Д. Биогенный магнетит и магниторецепция / Киршвинк Д., Джонс Д., Мак-Фадден Б. – М: Мир, 1989. – Т. 2. – 523 с.
17. Нессон М.Х. Процесс биоминерализации магнетита у хитонов / М.Х. Нессон, Х.А. Ловенстам // Биогенный магнетит и магниторецепция. – 1989. – Т. 2. – С. 88–122.
18. Nikolic L. Effect of static magnetic fields on bioelectric properties of the Br and N1 neurons of snail *Helix pomatia* / L. Nikolic, G. Kartelija, M. Nedeljkovic // *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*. – 2008. – Vol. 151 (4). – P. 657–663.
19. Balaban P.M. Influence of a stationary magnetic field on bioelectric properties of snail neurons / P.M. Balaban, N.I. Bravarenko, A.N. Kuznetsov // *Bioelectromagnetics*. – 1990. – Vol. 11 (1). – P. 13–25.
20. Azanza M.J. Steady magnetic fields mimic the effect of caffeine on neurons / M.J. Azanza // *Brain Res.* – 1989. – Vol. 489. – P. 195–198.
21. Seaman R.L. Slow and rapid responses to CW and pulsed microwave radiation by individual *Aplysia* pacemakers / R.L. Seaman, H. Wachtel // *J. Microw Power*. – 1978. – Vol. 13. – P. 77–85.
22. Arber S.L. Microwave-induced changes in Nerve Cells: effects of modulation and temperature / Simon L. Arber, James C. Lin // *Bioelectromagnetics*. – 1985. – Vol. 6. – P. 257–270.
23. Большаков М.А. Изменение электрической активности пейсмекерных нейронов прудовика в зависимости от скорости их нагрева / М.А. Большаков, С.И. Алексеев // *Биофизика*. – 1986. – Т. XXXI, Вып. 3. – С. 521–523.
24. Bolshakov M.A. Bursting responses of *Lymnaea* Neurons to microwave radiation / M.A. Bolshakov, S.I. Alekseev // *Bioelectromagnetics*. – 1992. – Vol. 13. – P. 119–129.
25. Millimeter waves thermally alter the firing rate of the *Lymnaea* pacemaker neuron / S.I. Alekseev, M.C. Ziskin, N.V. Kochetkova [et al.] // *Bioelectromagnetics*. – 1997. – Vol. 18. – P. 89–98.
26. Alekseev S.I. Effect of millimeter waves on ionic currents of *Lymnaea* neurons / S.I. Alekseev, M.C. Ziskin // *Bioelectromagnetics*. – 1999. – Vol. 20. – P. 24–33.
27. The effect of 2450 MHz microwave radiation on the ultrastructure of snail neurons / S.L. Arber, J.P. Neilly, J.C. Lin [et al.] // *Physiological Chemistry and Physics and Medical NMR*. – 1986. – Vol. 18 (4). – P. 243–249.
28. Arber S.L. The effect of microwaves on dimensions and nucleic-acid concentration in snail neurons / S.L. Arber // *J. Microw Power*. – 1981. – Vol. 16 (1). – P. 21–23.
29. Wachtel H. Effects of low intensity microwaves on isolated neurons / H. Wachtel, R.L. Seaman, W. Joines // *Ann NY Acad Sci*. – 1975. – Vol. 247. – P. 46–63.
30. Большаков М.А. О воздействии высокочастотного электромагнитного поля на изолированный мозг прудовика / М.А. Большаков // *Биофизика*. – 1985. – Т. XXX, Вып. 2. – С. 354–356.
31. Lin S.L. Noise-modulated-microwave-induced response in snail neurons / S.L. Lin, S.L. Arber // *Physiol Chem Phys Med NMR*. – 1983. – Vol. 15 (3). – P. 261–263.
32. Jggo A. Cutaneous thermoreceptors in primates and subprimates / A. Jggo // *J. Physiol*. – 1969. – Vol. 200. – P. 403–430.
33. Герасимов В.Д. Особенности генерации потенциалов действия в гигантских нейронах моллюсков / В.Д. Герасимов, П.Г. Костюк, В.А. Майский // *Физиол. ж. СССР*. – 1964. – Т. 50, № 11. – С. 1321–1328.
34. Герасимов В.Д. Изменение биоэлектрических характеристик мембраны гигантского нейрона при увеличении наружной концентрации ионов калия / В.Д. Герасимов, П.Г. Костюк, В.А. Майский // *Биофизика*. – 1965. – Т. 10, № 2. – С. 272–280.
35. Connor J.A. The fast K channel and repetitive firing. In: *Molluscan Nerve Cells: From Biophysics to Behavior* / J.A. Connor // *Cold Spring Harbor Reports in the Neuron Science*. – 1980. – Vol. 1. – P. 125–133.

36. Gobba F. Effect of 50 Hz magnetic fields on fMLP-induced shape changes in invertebrate immunocytes: The role of calcium ion channels / F. Gobba, D. Malagoli, E. Ottaviani // *Bioelectromagnetics*. – 2003. – Vol. 24. – P. 277–282.
37. Green laser light (532nm) activates a chloride current in the C1 neuron of *Helix aspersa* / P.J. Reece, K. Dholakia, R.C. Thomas [et al.] // *Neurosci Lett*. – 2008. – Vol. 433 (3). – P. 265–269.
38. Dalton L.M. The involvement of opioid peptides in stress-induced analgesia in the slug *Arion ater* / L.M. Dalton, P.S. Widdowson // *Peptides*. – 1989. – Vol.10. – P. 9–13.
39. 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.
40. Kavaliers M. Magnetic fields inhibit opioid-mediated «analgesic» behaviours of the terrestrial snail, *Cepaea nemoralis* / M. Kavaliers, K.-P. Ossenkopp // *J. Comp. Physiol.* – 1989. – Vol. 162 A. – P. 551–558.
41. Kavaliers M. Day-night rhythms in the inhibitory effects of 60 Hz magnetic fields on opiate-mediated «analgesic» behaviors of the land snail, *Cepaea nemoralis* / M. Kavaliers, K.-P. Ossenkopp, S.M. Lipa // *Brain Res.* – 1990. – Vol. 517. – P. 276–282.
42. Antinociceptive effects of a pulsed magnetic field in the land snail, *Cepaea nemoralis* / A.W. Thomas, M. Kavaliers, F.S. Prato [et al.] // *Neurosci. Lett.* – 1997. – Vol. 222. – P. 107–110.
43. Prato F.S. Behavioural evidence that magnetic field effects in the land snail, *Cepaea nemoralis*, might not depend on magnetite or induced electric currents / F.S. Prato, M. Kavaliers, J.J.L. Carson // *Bioelectromagnetics*. – 1996. – Vol. 17. – P. 123–130.
44. Possible mechanisms by which extremely low frequency magnetic fields affect opioid function / F.S. Prato, J.L.L. Carson, K.-P. Ossenkopp [et al.] // *FASEB*. – 1995. – Vol. 7.9. – P. 807–814.
45. 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.
46. Liboff A.R. Comment on «Extremely low frequency magnetic fields can either increase or decrease analgesia in the land snail depending on field and light conditions" by Frank S. Prato, M. Kavaliers, and A.W. Thomas / A.R. Liboff // *Bioelectromagnetics*. – 2002. – Vol. 23 (5). – P. 406–407.
47. Light-dependent and -independent behavioral effects of extremely low frequency magnetic fields in a land snail are consistent with a parametric resonance mechanism / F.S. Prato, M. Kavaliers, A.P. Cullen [et al.] // *Bioelectromagnetics*. – 1997. – Vol. 18. – P. 284–291.
48. Kavaliers M. Opioid systems and magnetic field effects in the land snail, *Cepaea nemoralis* / M. Kavaliers, K.-P. Ossenkopp // *Biol. Bull.* – 1991. – Vol. 180. – P. 301–309.
49. Золотарев В.Н. Многолетние ритмы роста раковин мидии Граяна / В.Н.Золотарев// *Экология*. – 1974. – № 3. – С. 76–80.

Темур'яниц Н.А. Вплив різних екологічних факторів на моллюсків / Н.А. Темур'яниц, К.Н. Туманянц, О.С. Костюк // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”*. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 159-166.

Представлено огляд літературних даних про вплив екзогенних факторів на нейрональну активність, поведінкову реакцію уникнення термічного стимулу, здатність до орієнтації і навігації у моллюсків.

Ключові слова: нейрональна активність, електромагнітне поле, ноцицептивна чутливість, моллюски.

Temuryants N.A. Effect of various environmental factors on molluscs / N.A. Temuryants, K.N. Tumanyants, A.S. Kostyuk // *Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University*. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 159-166.

Provides an overview of the literature on the impact of exogenous factors on neuronal activity, behavioral avoidance reaction of thermal stimulus, a capacity for orientation and navigation in mollusks.

Keywords: neuronal activity, electromagnetic field, nociceptive sensitivity, mollusks.

Поступила в редакцію 14.10.2010 г.

УДК 612.821

МОДУЛЯЦИЯ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ (ЧАСТЬ I)

Трибрат Н.С., Чуян Е.Н.

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

Методом лазерной доплеровской флоуметрии показано, что низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ оказывает выраженное действие на процессы микроциркуляции крови в коже человека, что выражается в изменении неосцилляторных и осцилляторных характеристик базального кровотока и показателей микрососудистого тонуса. Однократное воздействие ЭМИ КВЧ приводит к местному снижению периферического сопротивления и доминированию нутритивного кровотока на фоне депрессии шунтового, в пользу чего свидетельствуют увеличение амплитуд миогенных и эндотелиальных осцилляций тканевого кровотока на фоне снижения миогенного тонуса и показателя шунтирования только в области локализации КВЧ-воздействия. Многократное воздействие ЭМИ КВЧ оказывает выраженное влияние на изменение как неосцилляторных, так и осцилляторных показателей, характеризующих активные и пассивные факторы регуляции микроциркуляторных процессов, следствием чего является увеличение выработки вазодилаторов, снижение периферического сопротивления в области артериол и прекапилляров, увеличение притока крови в микрососудистое русло на фоне улучшения веноулярного оттока. В механизмах действия низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ на микроциркуляторные процессы основную роль играют эндотелий-зависимый, миогенный эндотелий-независимый и нейрогенный компоненты регуляции тканевого кровотока.

Ключевые слова: низкоинтенсивное электромагнитное излучение миллиметрового диапазона, микроциркуляция, лазерная доплеровская флоуметрия.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема изучения процессов микроциркуляции и их регуляции стала мультидисциплинарной, в решении которой заинтересованы физиология, биофизика, клиническая медицина.

Известно, что электромагнитные излучения (ЭМИ) различных диапазонов и интенсивностей обладают выраженной биологической эффективностью, в связи с чем применяются в медицинской практике с целью коррекции расстройств различного генеза [1-6], в том числе, и тех, что сопровождаются изменением функционального состояния микрососудистого русла [7-11]. Исследованиями последних десятилетий установлено, что в электромагнитобиологии наибольший интерес представляют эффекты низкоинтенсивных или информационных, воздействий, которые, не вызывая структурных изменений в организме, сопровождаются выраженными биологическими ответами при минимальной затрате энергии [12, 13]. Среди электромагнитных факторов низкой интенсивности в настоящее время широко исследуется биологическое действие ЭМИ

миллиметрового (мм) или крайневисокоочастотного (КВЧ) диапазона. Однако литературные данные о влиянии ЭМИ КВЧ на процессы микроциркуляции представлены единичными и, подчас, противоречивыми данными [8, 14]. Кроме того, большинство исследований действия ЭМИ на тканевой кровотоке проводится после воздействия физического фактора, а потому не дает полной информации о количественных и качественных изменениях микроциркуляторных процессов, происходящих во время экспозиции. Большой интерес представляет также исследование возможных мишеней ЭМИ КВЧ в системе микроциркуляции, что позволит значительно расширить представления о механизмах биологического действия этого физического фактора.

Очевидно, для решения этих и других вопросов необходимо, с одной стороны, значительно расширить число регистрируемых параметров, характеризующих основные механизмы регуляции системы микроциркуляции, а, с другой – разработать новый методический прием, позволяющий судить о результатах воздействия. Таким приемом, в частности, может быть постановка эксперимента, в котором регистрация изменений показателей тканевой микрогемодинамики осуществляется непосредственно во время действия ЭМИ КВЧ.

Наиболее объективным методом для регистрации показателей микроциркуляции при действии ЭМИ КВЧ является сравнительно новый неинвазивный метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ), позволяющий оценить не только уровень периферической перфузии, но и выявить основные механизмы регуляции микрокровотока [16, 17]. Этот метод является объективным и точным, благодаря возможности длительной экспозиции, воспроизводимым и высокочувствительным по отношению к малейшим изменениям кровотока [18]. Особое значение имеет и тот факт, что проникающая способность КВЧ-излучения и лазерного луча при ЛДФ-метрии в кожу практически совпадают (до 1 мм), что позволяет считать данный метод наиболее предпочтительным для выявления биологических эффектов мм-излучения в микроциркуляторном русле.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования процессов микроциркуляции при действии низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ проведены на 60 студентах-волонтерах женского пола в возрасте 18-23 лет без патологии сердечно-сосудистой системы, в межменструальном периоде. Все волонтеры дали добровольное согласие на проведение исследований.

Были проведены две экспериментальные серии. В первой серии испытуемые были разделены на две группы: контрольную (n=20), подвергавшуюся ложному КВЧ-воздействию (плацебо) и экспериментальную (n=20), подвергавшуюся истинному воздействию низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ, которое осуществляли с помощью одноканального терапевтического генератора «КВЧ. РАМЕД. ЭКСПЕРТ-01» (регистрационное свидетельство № 783/99 от 14.07.99, выданное КНМТ МОЗ Украины о праве на применение в медицинской практике в Украине) на протяжении 10-ти дней ежедневно с экспозицией 30 минут на область биологически активной точки (БАТ) GI-4 правой руки, поскольку, как показано в некоторых исследованиях

[19, 20], существует функциональная асимметрия, связанная с тем, что биологические эффекты ЭМИ КВЧ более выражены при воздействии на правую руку.

Для исследования изменений показателей микроциркуляции под влиянием ЭМИ КВЧ использовался метод ЛДФ, предоставляющий широкие возможности оценки как состояния тканевого кровотока, так и механизмов, регулирующих микрогемодинамику, в том числе и при действии факторов различной природы [21-23].

ЛДФ-метрию проводили на двухканальном анализаторе микроциркуляции «ЛАКК-02», работающем на длине волны 0,8 мкм во втором исполнении (производство НПП «Лазма», Россия). Двухканальное исполнение анализатора позволяет провести сравнительный анализ тканевого кровотока в различных, например, симметричных тестируемых областях. В нашем исследовании это позволило провести одновременный мониторинг тканевого кровотока в том случае, когда одна из симметричных областей ЛДФ-метрии являлась зоной, на которую осуществлялось воздействие ЭМИ КВЧ, в то время как вторая область тестирования являлась контрольной (рис. 1. А). Такой подход позволил исключить воздействие неконтролируемых факторов.

ЛДФ-метрию проводили у волонтеров как экспериментальной, так и контрольной групп в области симметричных БАТ: первый ЛДФ-зонд фиксировали в области БАТ GI-4 правой руки. Таким образом, области локализации КВЧ-волновода и ЛДФ-зонда совпадали, а данная область ЛДФ-метрии являлась экспериментально-измерительной точкой (ЭИТ). Второй ЛДФ-зонд фиксировался в области симметричной БАТ контролатеральной кисти – GI-4 левой руки (контрольно-измерительная точка – КИТ) (рис. 1. А). Такой подход позволил выявить и дифференцировать как локальные процессы, протекающие только в области КВЧ-воздействия, так и генерализованные или системные, протекающие и в симметричной области.



Рис. 1. Схема наложения КВЧ-волновода и ЛДФ-зондов (А) и времени проведения ЛДФ-метрии (Б).

Примечание: ЭИТ – экспериментально-измерительная точка; КИТ – контрольно-измерительная точка; БАТ – биологически активная точка.

Исследование показателей базального кровотока проводили до КВЧ-воздействия (фон), а также в течение 1, 3, 5, 7 и 10 сеансов по следующей схеме: регистрация 30-тиминутной записи ЛДФ-граммы непосредственно во время КВЧ-воздействия в течение 30-ти минут; регистрация эффекта последствия сразу после облучения КВЧ-терапии в течение 10-ти минут (см. рис. 1.Б). Зарегистрированные во время действия ЭМИ КВЧ 30-тиминутные ЛДФ-граммы были разделены на три 10-тиминутных интервала с целью дальнейшей детальной обработки осцилляций тканевого кровотока в разные временные периоды КВЧ-воздействия. По аналогичной схеме проводилась ЛДФ-метрия у испытуемых контрольной группы при плацебо-воздействии.

Среди параметров, анализируемых при ЛДФ-метрии, рассматривали следующие показатели базального кровотока:

М (перф.ед.) – показатель микроциркуляции, характеризующий общую (капиллярную и внекапиллярную) усредненную стационарную перфузию микрососудов за время исследования [22-23].

СКО (σ , перф.ед.) – среднее квадратичное отклонение амплитуды колебаний кровотока во всех частотных диапазонах от среднего М, отражающее вариабельность тканевого кровотока;

Кв (%) – коэффициент вариации, характеризующий соотношение флуксу к среднему уровню перфузии, который вычисляли по формуле:

$$Кв = \frac{СКО}{М} * 100\%. \quad (1)$$

С помощью вейвлет-анализа, определяли осцилляторные показатели тканевого кровотока, которые связаны с активными и пассивными факторами регуляции микрокровотока: эндотелиальные (Аэ), синхронизированные с периодическим релизингом эндотелием оксида азота (NO) [24], нейрогенные (Ан), обусловленные активностью симпатических адренергических вазомоторов, миогенные (Ам), характеризующие активность миоцитов прекапиллярного звена, а также дыхательные (Ад), отражающие кровенаполнение веноулярного отдела и пульсовые (Ап), характеризующие приток крови в микрососудистое русло [23].

Кроме того, оценивали показатели микрососудистого тонуса, а именно: нейрогенный тонус (НТ) резистивных микрососудов, отображающий активность α -адренорецепторов мембраны ключевых и отчасти сопряженных гладкомышечных клеток и миогенный тонус (МТ) метартериол и прекапиллярных сфинктеров [23]. Для оценки шунтового кровотока использовали показатель шунтирования (ПШ).

Для каждого показателя рассчитывали коэффициент сдвига (в %) по формуле:

$$К = \frac{X_{эит} * 100}{X_{кит}}, \quad (2)$$

где $X_{эит}$ – значения показателей микроциркуляции, зафиксированные в ЭИТ; $X_{кит}$ – значения показателей микроциркуляции, зафиксированные в КИТ.

Во второй серии экспериментальных исследований у волонтеров (n=20) проводили функциональные нагрузочные пробы: фармакологическую, дыхательную, окклюзионную и постуральную пробы. Флоуметрия, дополненная функциональными пробами, позволяет получить характеристики, отражающие не только факт динамики показателей тканевого кровотока, но и более детально проследить состояние их регуляторных механизмов [23].

Фармакологическая проба является эффективным методом оценки эндотелиальной функции, основанной на сравнении сосудистых реакций в ответ на введение специфических агентов, вызывающих эндотелий-зависимую (ЭЗВ) (в случае с ацетилхолином (АХ), стимулирующим локальное высвобождение NO эндотелием) и эндотелий-независимую (ЭНЗВ) (в случае с нитропруссидом натрия (НП), являющимся донором NO и вызывающим расслабление гладкомышечных клеток) вазодилатацию [2-27]. Среди параметров, оцениваемых в фармакологической пробе рассматривали: резерв капиллярного кровотока (РКК), характеризующий максимальный прирост показателя микроциркуляции в процентах, отмечаемый при ионофоретическом введении АХ (РКК(АХ)) и НП (РКК(НП)), амплитудные значения эндотелиальных колебаний кожного кровотока, регистрируемые в ЛДФ-грамме, полученные при действии АХ (Аэ(АХ)) и НП (Аэ(НП)), в результате вейвлет-преобразования [17, 28], а также уровень функциональной активности эндотелия (ФАЭ, %), который вычисляли по формуле:

$$\text{ФАЭ} = \text{РКК(АХ)} / \text{РКК(НП)} * 100 \quad (3)$$

Нефармакологической неинвазивной функциональной нагрузочной пробой, позволяющей выявить NO-синтазную активность эндотелиоцитов, является окклюзионная проба, основанная на способности к эндотелиальной дилатации сосудов в ответ на моделируемое увеличение напряжение сдвига [29-31]. Среди анализируемых параметров в окклюзионной пробе оценивали: реакцию кожного кровотока, (РККоп), а также осцилляции эндотелиального генеза регистрируемые во время постокклюзионной реактивной гиперемии. Кроме того, оценивали параметр, характеризующий реактивность микрососудов прекапиллярного звена, определяемый как T1/2 (с) – интервал времени от момента достижения максимального уровня перфузии до момента полувосстановления, регистрируемого в реактивной постокклюзионной гиперемии.

В постуральной пробе, позволяющей оценить активность миогенных механизмов, анализировали ΔПМп – показатель микроциркуляции, характеризующий снижение уровня перфузии, отмечаемый в период, когда рука находилась в свешенном состоянии относительно фоновых значений ПМ:

$$\Delta\text{ПМп} = (\text{ПМисх} - \text{ПМп}) / \text{ПМисх} * 100\%, \quad (4)$$

где ПМп – уровень перфузии, зарегистрированный во время опускания конечности ниже уровня сердца; ПМисх – исходная величина показателя М.

Для оценки функции рефлекторной активности симпатических волокон, проводили дыхательную пробу, в которой анализировали величину снижения уровня перфузии, регистрируемого во время глубокого вдоха (ΔПМд).

Величину спада перфузии при дыхательной пробе оценивали по формуле:

$$\Delta\text{ПМд} = (\text{ПМисх} - \text{ПМмин}) / \text{ПМисх} * 100\%, \quad (5)$$

где ПМмин. – минимальная величина показателя М, зарегистрированная в момент глубокого вдоха, а ПМисх – исходная величина показателя М.

Функциональные пробы проводились до КВЧ-воздействия, а также после первого и десятого сеансов ЭМИ КВЧ, исключение составила фармакологическая проба, которая дополнительно проводилась после пятого сеанса мм-терапии.

Все исследования проводились в утреннее время суток в условиях физического и психологического покоя у испытуемых после предварительной адаптации к температуре помещения 230 С в положении лежа на спине. При проведении исследований показателей микроциркуляции методом ЛДФ были соблюдены условия стандартизации, разработанные группой по стандартизации ЛДФ Европейского Общества по контактному дерматиту (European Contact Dermatitis Society, 1994). Все исследования проводились на оборудовании, прошедшем метрологическую поверку.

Статистическая обработка данных осуществлялась с расчетом среднего значения изучаемых показателей (M) и его ошибки (m). Оценка достоверности внутригрупповых различий полученных данных проводилась с использованием критерия Вилкоксона, межгрупповых различий – с помощью U-теста Манна-Уитни. Внутри- и межгрупповые различия считались достоверными при $p \leq 0,05$ [32]. Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Microsoft Excel и программного пакета «STATISTICA – 8.0».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что однократное воздействие мм-излучения приводит к локальным изменениям процессов микроциркуляции, то есть к тем изменениям, которые отмечались лишь в области локализации КВЧ-волновода (ЭИТ). В частности, в ЭИТ отмечалось увеличение A_m в течение всего периода экспозиции, начиная с первых минут в среднем на 42,00% ($p \leq 0,01$) в сравнении с данными, зарегистрированными в КИТ (рис. 2). Поскольку A_m характеризует активность миоцитов прекапиллярных сфинктеров и прекапиллярных метартериол и является ведущим механизмом регуляции числа функционирующих кожных капилляров [17], следовательно, увеличение этого показателя указывает на снижение периферического сопротивления в прекапиллярах и увеличение количества функционирующих кожных капилляров под влиянием мм-излучения. Подтверждением этому является снижение M_T в первые 20 минут экспозиции ЭМИ КВЧ и ПШ на 27,70% ($p \leq 0,01$) и 21,00% ($p \leq 0,01$) соответственно, в сравнении с данными, зарегистрированными в КИТ. Поскольку M_T является последним звеном контроля микрокровотока перед капиллярным руслом [22], то его снижение, также как и снижение ПШ, указывает на увеличение диаметра прекапилляров, что при определенном давлении потока крови содействует направленному току крови в капиллярное русло.

Кроме того, начиная с 20-ой минуты однократного воздействия ЭМИ КВЧ, в ЭИТ отмечалось увеличение A_z на 18,85% ($p \leq 0,05$) (рис. 2). Поскольку известно, что медленные колебания вблизи 0,01 Гц ритма синхронизированы с периодическим релизингом NO эндотелием сосудов [24], обеспечивающим физиологическую регуляцию тонуса гладких мышц сосудов, следовательно, увеличение A_z свидетельствует об увеличении функциональной активности микрососудистого эндотелия, а, соответственно, и о большем выбросе NO в микрососудистое русло [22].

Вероятно, именно эти изменения показателей тканевого кровотока способствовали увеличению уровня перфузии в среднем на 31,28% ($p \leq 0,05$).

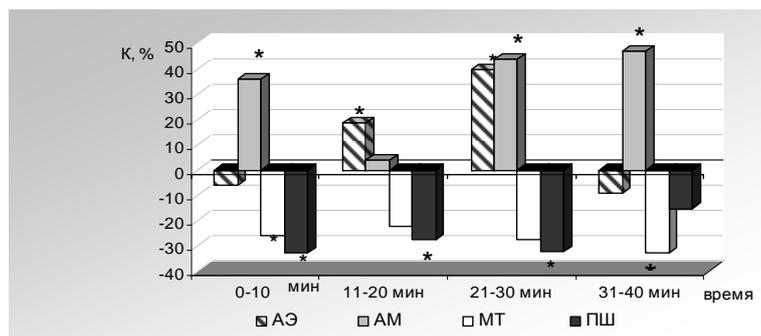


Рис. 2. Коэффициент сдвига (К, %) показателей микроциркуляции в области ЭИТ во время и после однократного сеанса КВЧ-воздействия относительно значений, зарегистрированных в контрольно-измерительной точке.

Примечание: АЭ – амплитуды эндотелиальных ритмов, АМ – амплитуды миогенных ритмов, МТ – миогенный тонус, ПШ – показатель шунтирования.

Вместе с тем, отмечаемое увеличение Ам на 40,00% ($p < 0,05$) при регистрации последствия ЭМИ КВЧ, свидетельствует о том, что интенсификация нутритивного кровотока отмечалась и после воздействия физическим фактором.

ВЫВОД

Таким образом, однократное воздействие ЭМИ КВЧ приводит к местному (локальному) увеличению количества функционирующих кожных капилляров, снижению периферического сопротивления и доминированию нутритивного кровотока на фоне депрессии шунтового, а также увеличению функциональной активности микрососудистого эндотелия.

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. Корнаухов, А.Г. Полякова [и др.] // Вестник Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского. – 2001. – №2 (4). – С. 46–52.
- 2 Rubik B. The biofield hypothesis: Its biophysical basis and role in medicine. / B. Rubik // J. Altern. Complement Med. – 2002. – № 8. – P. 703–717.
- 3 Shupak N. Therapeutic uses of pulsed-magnetic-field exposure: A review. / N. Shupak // Radio Sci Bull. – 2003. – № 307. – P. 9–32.
- 4 Smith T. Microcirculatory effects of pulsed electromagnetic fields. / T. Smith, D. Wong-Gibbons, J.J. Maultsby // Orthop. Res. – 2004. – № 22. – P.80–84.
- 5 Eccles N. A critical review of randomized controlled trials of static magnets for pain relief. / N. Eccles // J. Altern. Complement Med. – 2005. – № 11. – P. 495–509.
- 6 Carpenter L. Neurostimulation in resistant depression. / L. Carpenter // J. Psychopharmacol. – 2006. – № 20. – P.35–40.
- 7 Силантьева Е.С. Лечение хронического воспаления придатков матки (гемодинамические аспекты КВЧ-терапии) : автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. мед. наук: спец. 14.00.01 "Акушерство и гинекология" / Е.С. Силантьева – М., 2000. – 20 с.

- 8 Букатко В.Н. Лазерная доплеровская флоуметрия в изучении эффектов миллиметровой волновой терапии / В.Н. Букатко, С.А. Данилова // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2004. – №4(36). – С. 28–39.
- 9 Самойлова А.К. Улучшение микроциркуляции крови у больных диабетом после локального облучения полихроматическим видимым и сочетанным видимым и ближним инфракрасным светом / А.К. Самойлова, М.А. Меншутина, Н.А. Жеваго // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2006. – Т. 5. – С. 69–77.
- 10 Кораблин П.Н. Нарушения микроциркуляции у больных пневмонией и их коррекция с применением низкоинтенсивного лазерного излучения : автореф. дисс. на соискание науч. степени канд. мед. наук: спец. 14.00.05 "Внутренние болезни" / П.Н. Кораблин. – Иваново, 2008. – 22 с.
- 11 Extremely low frequency pulsed electromagnetic field designed for antinociception does not affect microvascular responsiveness to the vasodilator acetylcholine / С.С. McKay, М. Corbacio, К. Tyml [et al.] // Bioelectromagnetics. – 2009. – Vol. 31, №1. – P. 64–76.
- 12 Бурлакова Е.Б. Эффект сверхмалых доз / Е.Б. Бурлакова // Вестник РАН. – 1994. – Т. 64, № 5. – С. 425–431.
- 13 Терапия электромагнитными волнами миллиметрового диапазона (КВЧ-терапия, МРТ, ИВТ) / И.З.Самосюк, Н.В. Чухраев, Г.Е. Шишков [и др.] // Научно-практические материалы по применению физических факторов в клинической и курортной практике. – 1999. – №1, 2. – С. 22–34.
- 14 Субботина Т.И. Экспериментально-теоретическое исследование КВЧ-облучения открытой печени прооперированных крыс и поиск новых возможностей высокочастотной терапии / Т.И. Субботина, А.А. Яшин // Вестник новых медицинских технологий. – 1998. – Т. 5., №1. – С. 122–126.
- 15 Active and passive modulation of cutaneous red cell flux as measured by Laser Doppler anemometry / Н. Schmid-Schonbein, S. Zied, W. Rutten [et al.] // VASA. – 1992. – Vol.34. – P. 38–47.
- 16 Synergetic interpretation of patterned vasomotor activity in microvascular perfusion: discrete effects of myogenic and neurogenic vasoconstriction as well as arterial and venous pressure fluctuations / Н. Schmid-Schonbein, S. Ziege, R. Grebe [et al.] // Int. J. Microcir. – 1997. – №17. – P. 346–359.
- 17 Stefanovska A. Physics of the human cardiovascular system. / A. Stefanovska, M. Bracic // Contemporary Physics. – 1999. – Vol. 40, №1. – P.31–35.
- 18 Козлов В. И. Лазерная доплеровская флоуметрия и анализ коллективных процессов в системе микроциркуляции / В.И. Козлов, Л.В. Корси, В.Г. Соколов // Физиология человека. – 1998. – Т. 24., №6. – С.112.
- 19 Лебедева Н.Н. Электромагнитная рецепция и индивидуальные особенности человека / Н.Н. Лебедева, Т.И. Котровская // Миллиметровые волны в медицине и биологии. – 1996. – № 7. – С. 14–20.
- 20 Пономарева В.П. Роль индивидуального профиля функциональной асимметрии человека и животных в реализации физиологического действия низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты : автореф. дисс. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук: спец. 03.00.13 "Физиология человека и животных" / В.П. Пономарева – Симферополь, 2004. – 26 с.
- 21 Метод лазерной доплеровской флоуметрии. Пособие для врачей: [учеб. пособие/ Под ред. Козлов В.И., Мач Э.С., Литвин Ф.Б. и др.] – М.: Медицина, 1999. – 48 с.
- 22 Метод лазерной доплеровской флоуметрии в кардиологии. Пособие для врачей / [В.И. Маколкин, В.В. Бранько, Э.А. Богданова и др.]. – М.: Россельхозакадемия, 1999. – 48 с.
- 23 Крупаткин А.И.. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови / А.И. Крупаткин, В.В. Сидоров. – М.: Медицина, 2005 – 254 с.
- 24 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. – Vol. 65. – P. 160–171.
- 25 Гомазков О.А. Молекулярные и физиологические аспекты эндотелиальной дисфункции. Роль эндогенных химических регуляторов / О.А. Гомазков // Успехи физиол. наук. – 2000. – Т. 31, № 4. – С. 48–62.
- 26 Функциональное состояние эндотелия у больных артериальной гипертензией и ишемической болезнью сердца / Д.А.Затейщиков, Л.О. Минушкина, О.Ю. Кудряшова [и др.] // Кардиология. – 2000. – Т. 40, №2. – С. 14–17.
- 27 Внутриклеточные сигнальные системы в эпителий- и эндотелийзависимых процессах расслабления гладких мышц. / Л.В. Капилевич, И.В. Ковалев, М.Б. Баскаков [и др.] // Успехи физиол. наук. – 2001. – Т. 32, № 2. – С. 88–98.

- 28 Oscillations in the human cutaneous blood perfusion signal modified by endothelium-dependent and endothelium-independent vasodilators / H.D. Kvernmo, A. Stefanovska, K.A. Kirkeboen [et al.] // *Microvascular Research*. – 1999. – Vol. 57. – P. 298–309.
- 29 Вильчук К.У. Функциональные пробы, применяемые в диагностике дисфункции эндотелия: метод. рекомендации / Вильчук К.У., Максимович Н.А., Максимович Н.Е. – Гродно, 2001. – 33с.
- 30 Early decrease of skin blood flow in response to locally applied pressure in diabetic subjects / B. Fromy, P. Abraham, C. Bouvet [et al.] // *Diabetes*. – 2002. – Vol. 51. – P. 1214–1217.
- 31 Mechanisms of the coetaneous vasodilator response to local external pressure application in rats: involvement of CGRP, neurokinins, prostaglandins and NO / B. Fromy, S. Merzeau, P. Abraham [et al.] // *British Journal of Pharmacology*. – 2000. – №131. – P. 1161–1171.
- 32 Боровиков В.П. *Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. 2-е изд.* / Боровиков В.П. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
- 33 Kvandal P. Regulation of human cutaneous circulation evaluated by laser Doppler flowmetry, iontophoresis, and spectral analysis: importance of nitric oxide and prostangladines / P. Kvandal, A. Stefanovska, M. Veber [et al.] // *Microvascular Research*. – 2003. – Vol. 65. – P. 160–171.

Трибрат Н.С. Модуляція мікроциркуляторних процесів за допомогою низькоінтенсивного міліметрового випромінювання / Н.С. Трибрат, О.М. Чуян // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 167-175.

Методом лазерної доплерівської флоуметрії показано, що низькоінтенсивне ЕМВ НВЧ надає вираженого впливу на процеси мікроциркуляції крові в шкірі людини, що супроводжується змінами неосциляторних та осциляторних характеристик базального кровотоку й показників мікросудинного тону. Одноразова дія ЕМВ НВЧ призводить до місцевого зниження периферичного опору та домінування нутритивного кровотоку на тлі депресії шунтового на користь чого свідчать збільшення амплітуд міогенних та ендотеліальних осциляцій тканинного кровотоку на фоні зниження міогеного тону та показника шунтування лише в ділянці локалізації НВЧ-впливу. Багаторазова дія ЕМВ НВЧ надає вираженого впливу на зміну як неосциляторних, так і осциляторних показників, що характеризують активні й пасивні фактори регуляції мікроциркуляторних процесів, наслідком чого є збільшення вироблення вазодилаторів, зниження периферичного опору артерій та прекапілярів, збільшення припливу крові до мікросудин на тлі поліпшення веноулярного відтоку. У механізмах дії низькоінтенсивного ЕМВ НВЧ на мікроциркуляторні процеси основну роль відіграють ендотеліальні, міогенний, ендотеліальний-незалежний й нейрогенний компоненти регуляції тканинного кровотоку.
Ключові слова: низькоінтенсивне електромагнітне випромінювання міліметрового діапазону, мікроциркуляція, лазерна доплерівська флоуметрія.

Tribrat N.S. Modulation of microcirculation processes with the help of low millimeter radiation / N.S. Tribrat, E.N. Chuyan // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 167-175.

Using the method of laser Doppler flowmetry it was shown that low-intensity EHF EMR has a gross effect on the processes of microcirculation in human skin, wich expressed in a change of nonoscillatory and oscillatory characteristics of basal blood flow and indices of microvascular tone. Momentary influence of EHF EMR leads to a local decrease in peripheral resistance and domination of nutritional blood flow in the shunt one against depression in favor of which indicate an increase in the amplitudes of myogenic and endothelial tissue blood flow oscillations indicate the against background of a decrease myogenic tone and indicator shunt only in the localization of EHF exposure. Repeated exposure EHF EMR has a shiking effect on the change of nonoscillatory and oscillatory indicators of passive and active regulation factors of microcirculatory processes resulting in an increase in the production of vasodilators, decrease in peripheral resistance in the arterioles and precapillares, increase blood flow in the microvascular against the background improved venular outflow. In the mechanisms of action of low-intensity EHF EMR on microcirculatory processes the main role belongs to endothelium-dependent, endothelium-independent myogenic and neurogenic components of the regulation of tissue blood flow.

Keywords: microcirculation, electromagnetic radiation of the millimetric range, method of laser Doppler flowmetry.

Поступила в редакцію 11.10.2010 г.

УДК 612.82/83; 612.821

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ДИНАМИКИ КАРДИОРИТМА ПРИ ТЕСТИРОВАНИИ ОПЕРАТИВНОЙ ПАМЯТИ ЧЕЛОВЕКА

Филимонова Н.Б., Кравец Т.В.

*Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина
E-mail: filimonova@univ.kiev.ua*

Динамика кардиоритма человека при изменении психофизиологической нагрузки исследовалась методом вейвлет-анализа на основе функций Кравчука, что позволило оценить индивидуальные особенности реакции человека и вклад отдельных звеньев вегетативной нервной системы в формирование адаптационной реакции на определенную психофизиологическую нагрузку. Структурные закономерности в динамике вейвлет-спектра определялись методом кластеризации СОК-Уорда.

Ключевые слова: оперативная память, вейвлет - анализ, функции Кравчука, метод кластеризации СОК-Уорда.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ variability сердечного ритма (ВСР) позволяет получить объективные количественные показатели функционального состояния нервной системы [1, 2]. Поскольку сердечно-сосудистая система является чувствительным индикатором адаптационных реакций целостного организма, динамика показателей ВСР отражает формирование различных функциональных систем, соответствующих поставленной на данный момент задаче. Кроме того, изменения сердечного ритма происходят в результате влияния многоконтурной, иерархически организованной многоуровневой системы управления физиологическими функциями организма. Так, ВСР обусловлена влиянием комплекса регуляторных структур (нервный аппарат самого сердца, корковые структуры головного мозга, ствольные и спинномозговые вегетативные центры и т.п.) и отражает связь изменений сердечного ритма с тонусом различных отделов вегетативной нервной системы (ВНС), состоянием сосудистого центра, высших вегетативных центров и т.д. [3]. Одним из наиболее используемых математических методов анализа периодических составляющих ВСР является спектральный анализ, т.е. Фурье-анализ соответствующих динамических рядов. Использование преобразования Фурье для выделения гармонических составляющих ВСР предполагает, что динамический ряд кардиоинтервалов является стационарным, т.е. его вероятностные характеристики в среднем не меняются со временем, и эргодическим, т.е. среднее по времени равно среднему по пространству реализаций.

Однако, адаптационные реакции индивидуальны и реализуются на основе обратных связей. Сам процесс адаптации по определению не может быть стационарным, т.к. предполагает изменение функциональной организации организма,

которая формируется и меняется исходя из успешности достижения результата. Кроме того, нервно-психическое напряжение при выполнении поставленной задачи приводит к десинхронизации взаимодействия различных контуров регуляции сердечного ритма, результатами которой является синусовая аритмия-нарушения ритма различного происхождения, что также осложняет использование Фурье-анализа. Единичные аритмии называют артефактами и исключают из расчетов и интерполируют соседними значениями RR-интервалов, что приводит к искажению первоначального ряда кардиоинтервалов. В том случае, если аритмии не единичные, а групповые, целый ряд спектральных показателей не вычисляется. Поскольку десинхронизация может быть частью адаптивной реакции и свидетельствовать о перестройке в организации функциональной системы, интерес представляет локализация подобных нерегулярных структур и их соотнесение в динамике с уровнем сложности поставленной задачи.

Основным недостатком Фурье-анализа является то, что частотные компоненты не могут быть локализованы во времени, что не позволяет исследовать динамику изменений частотных параметров сигнала. При использовании оконного преобразования Фурье, увеличение окна обработки сигнала улучшает разрешение по частоте, но ухудшает по времени, и наоборот. Проблема разрешения связана с принципом Гейзенберга, который указывает, что невозможно определить для определенного момента времени какие спектральные компоненты присутствуют в сигнале [4].

Для анализа нестационарных процессов был разработан метод вейвлет-преобразования [4]. При этом сигнал анализируется путем разложения по определенным базисным функциям (отличным от гармонических), которые получены из некоторого прототипа путем сжатия и сдвига. Функция-прототип называется материнским вейвлетом. В последние десятилетия вейвлет-анализ широко используется для исследования динамики электрофизиологических сигналов, в частности, электрокардиограмм (ЭКГ) [5-9]. Целью настоящего исследования было изучение динамики вейвлет-спектров кардиоинтервалов при тестировании оперативной памяти человека на различные типы стимулов различного уровня сложности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

У 30 женщин, студенток биологического факультета Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, средний возраст которых составлял 20 ± 2 года, мы изучали особенности обработки вербальных (буквы и цифры) и невербальных (геометрические фигуры) стимулов в оперативной памяти. Каждая из обследуемых проходила последовательно тест корректурной пробы Бурдона-Анфимова и 4 субтеста оценки уровня развития кратковременной памяти. В первом субтесте (Б) определялось развитие кратковременной памяти на буквы. Тестируемой предъявлялись последовательно 60 групп согласных букв. Такие группы включали в себя от 2-7 разных букв. Время предъявления каждой группы составляло 1.5 с, после чего она гасла. Через 1 с после этого появлялась некоторая буква, и тестируемая должна была ответить-была ли она в предъявленной группе. Остальные тесты проводились по аналогичной схеме. Во втором субтесте (Ц) определяли развитие кратковременной памяти на цифры. В третьем субтесте (Г1) определяли развитие кратковременной памяти на простые геометрические фигуры: круг, эллипс, квадрат, прямоугольник,

ромб и т.д. В четвертом субтесте (Γ_2) определялось развитие кратковременной памяти на геометрические фигуры с двумя признаками: форма (круг, эллипс, квадрат и прямоугольник) и окрашивание вертикальной либо горизонтальной половины фигуры. Во всех тестах сохранялась информация о времени и правильности каждого ответа [10].

Кроме того, у обследуемых регистрировали ЭКГ до начала обследования и на протяжении тестирования. Регистрация ЭКГ, расчет ритмограмм и вычисление показателей вариационной пульсометрии проводились с использованием 12-канального электрокардиографа «Поли-Спектр-12» (ООО «Нейрософт», Россия, ЕС-сертификат № RQ060612-V от 02.03.2006р.).

Статистический анализ данных проводился при помощи пакета прикладных программ Statistica 6.0 (StatSoft, USA, 2001). Для проверки гипотезы о нормальности распределения исследуемых параметров использовали критерий Лиллифора. Поскольку распределения большинства показателей были отличны от нормального, дальнейшая обработка проводилась непараметрическими методами.

Вейвлет-преобразование производилось с помощью специальной программы, разработанной на кафедре физиологии человека и животных биологического факультета Киевского национального университета имени Тараса Шевченко [11-12]. В качестве материнского вейвлета использовали функции Кравчука (Рис.1) [11-12].

Одним из методов анализа волновой структуры ритма сердца является спектральный анализ ритмограммы. При этом, в соответствии с рекомендациями [2], выделяют зону очень низких частот (VLF) - 0,003–0,04 Гц (333-25 с), зону низких частот (LF)-0,04–0,15 Гц (25 - 6,5 с), и зону высоких частот (HF) - 0,15–0,4 Гц (6,5-2,5 с). Напомним, что при вейвлет-анализе выбор ширины окна преобразования (параметр масштаба) соответствует определенному диапазону частот [2]. Исходя из приведенных рекомендаций и учитывая, что при выполнении части тестов на оперативную память проводилась короткая запись ЭКГ (около 200 с), для вейвлет-анализа полученных ритмограмм было выбрано 3 окна: окно шириной 64 точки, вычислялся вейвлет-спектр для 1-й и 2-й функций Кравчука; 32 точки, вычислялся вейвлет-спектр для 1-4 функций Кравчука и 8 точек, вычислялся вейвлет-спектр для 1 - 3 функций Кравчука. Первое окно выделяет вейвлет - спектр в VLF-диапазоне, 2-е-в LF и 3-е-в HF. Вейвлет-спектр можно только приблизительно оценить в герцах, поскольку количество колебаний функций Кравчука нельзя точно соотнести с количеством колебаний $\sin(t)$ и $\cos(t)$ за 1с.

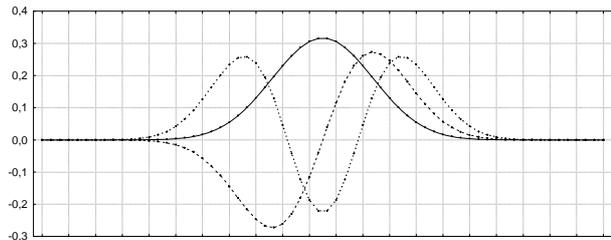


Рис. 1-Графики первых трех функций Кравчука $F_1^p(64) - F_3^p(64)$ на множестве точек $[0,1,\dots,63]$ при значении коэффициента асимметрии $p = 0.5$

Кластеризацию вейвлет-спектров проводили методом самоорганизующихся карт Кохонена (СОК) при помощи программы Viscovey SOMine 5.1 (Viscovery Software GmbH, Austria, 1998-2009). Viscovey SOMine реализует два кластерных алгоритма, основанных на классическом иерархическом агломерационном методе кластерного анализа (Ward): первый алгоритм в основном есть неизменный Уорд (Ward) метод, второй изменяет его таким образом, что топологическая окрестность, как это определено в СОК, влияет на шаги кластерного слияния. СОК можно рассматривать как сжатые исходные данные. С помощью этого метода кластерные методы могут быть применены к наборам данных практически неограниченного размера.

Классический кластерный метод Уорда (Ward) принадлежит к иерархическим агломерационным кластерным алгоритмам, которые характеризуются следующим образом: в начале процесса кластеризации каждый отдельный узел образует кластер сам по себе, на каждом шаге алгоритма два кластера с минимальным расстоянием между ними (в соответствии с мерой расстояния, характеризующей конкретный алгоритм) объединяются. Мера (расстояние), характеризующая метод Уорда, основана на дисперсионном критерии (цель: небольшая разница в каждом кластере и большие различия между кластерами). На каждом шаге два кластера объединяются, если их слияние вносит наименьший вклад в дисперсионный критерий, который растет на каждом шаге. Это расстояние называется мерой Уорда и определяется следующим образом:

$$d_{rs} = \frac{n_r \cdot n_s}{n_r + n_s} \|\bar{x}_r - \bar{x}_s\|^2, \text{ где } r \text{ и } s \text{ определяют номера кластеров, } n_r \text{ и } n_s$$

– число входных векторов, принадлежащих соответствующим кластерам, \bar{x}_r и \bar{x}_s – центры гравитации кластеров, $\|\cdot\|$ – норма Эвклида. Начиная с полной матрицы расстояний (которая является симметричной матрицей) на каждом шагу строка и столбец ликвидируются (а другие строки и столбцы обновляются) до тех пор, пока матрица полностью не будет очищена, и только один кластер останется. Среднее и мощность нового кластера, построенного как результат шагов слияния, вычисляется следующим образом:

$$\bar{x}_r^{(new)} = \frac{1}{n_r + n_s} (n_r \cdot \bar{x}_r + n_s \cdot \bar{x}_s), \quad n_r^{(new)} = n_r + n_s.$$

В программе Viscovey SOMine 5.1 реализована следующая модификация этого метода. Матрица расстояний инициализируется таким образом, что учитывается количество входных записей в соответствующих узлах карты. Узлы со многими соответствующими входными записями являются взвешенными сильнее, чем узлы с меньшим количеством соответствующих записей. В качестве меры расстояния используется измененное Уорд - расстояние, поскольку возможно, что СОК содержит "пустые" узлы. Пусть r и s обозначают номера двух узлов, для которых мы хотим вычислить расстояние. Далее, пусть n_r и n_s – количество записей, которые

соответствуют узлам r и s , \bar{x}_r и \bar{x}_s – векторы этих узлов. Тогда расстояние d_{rs} определяется следующим образом:

$$d_{rs} = \begin{cases} 0, & \text{если } n_r = n_s = 0, \\ \frac{n_r \cdot n_s}{n_r + n_s} \|\bar{x}_r - \bar{x}_s\|^2, & \text{иначе.} \end{cases}$$

Это определение гарантирует, что во время первых шагов слияния только узлы (и в дальнейшем кластеры) с $n_r = 0$ ("пустые кластеры") объединяются до тех пор, пока остаются только кластеры с $n_r > 0$. Заметим, что если есть хотя бы один пустой кластер, то существует много записей в матрице расстояний с $d_{rs} = 0$, которые являются кандидатами на следующий шаг слияния (так как все эти Уорд - расстояния величины 0 - минимальны). Реализация выбирает среди них те (пустые или непустые) кластеры, которые близки по мере Эвклида.

В программе Viscovery SOMine 5.1 реализован также метод СОК-Уорда. В этом случае мера расстояния определяется по-новому: $d'_{rs} = d_{rs}$, если кластеры являются смежными на СОК, $d'_{rs} = \infty$ в противном случае. Таким образом, СОК-Уорд - расстояние учитывает топологическое расположение кластеров. В частности, два кластера, которые не являются смежными в СОК, никогда не смогут быть объединены [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

После статистической обработки результатов вариационной пульсометрии была выбрана типичная обследуемая как такая, большинство показателей которой принимали значения медиан обследуемой группы. В данной работе приведены результаты анализа ритмограммы только для этой обследуемой. На первом этапе начальная ритмограмма приводится к нулевому уровню-нормализуется (рис. 2.а).

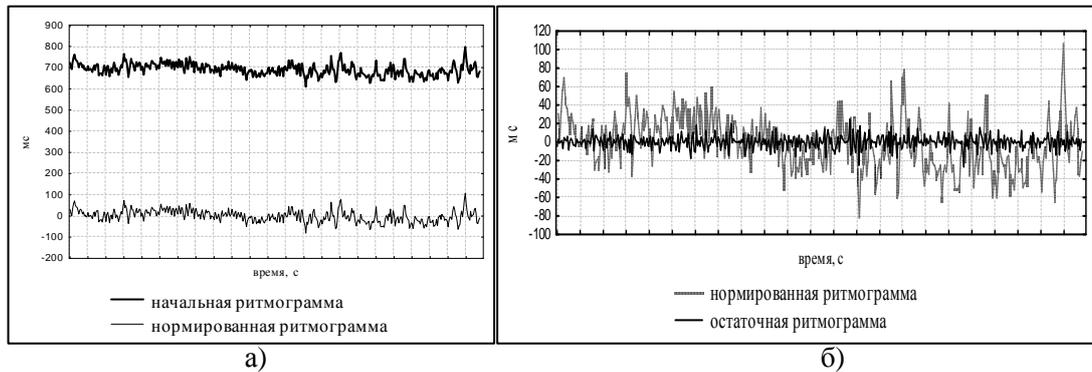


Рис.2 Графики ритмограмм: а – начальной и нормированной, б – нормированной и остаточной.

В отличие от принятой в вейвлет-анализе схемы [4], мы начинаем обработку сигнала максимально широким окном, поскольку рассматриваем более высокие частоты как модуляции более низких. Кроме того, после вычисления вейвлет-спектра, выделенные частоты вычитаются из сигнала. Таким образом, на первом этапе вычисляется вейвлет – спектр последовательно окном 64 точки, после вычитания из ритмограммы выделенных частот-окном 32 точки и аналогично, окном 8 точек. На Рис.2.б представлен график остаточной ритмограммы. Вейвлет - анализ позволяет выделить и более высокочастотные составляющие, однако, поскольку их интерпретация не совсем понятна, в данной работе мы ограничились рекомендованными диапазонами.

На Рис.3 представлен вейвлет-спектр ритмограммы, соотнесенный во времени с выполнением соответствующих тестов. Наличие трех окон при вейвлет-анализе ритмограммы и неточности при вычислении Фурье-спектров функций Кравчука привели к неравномерной шкале по оси частот.

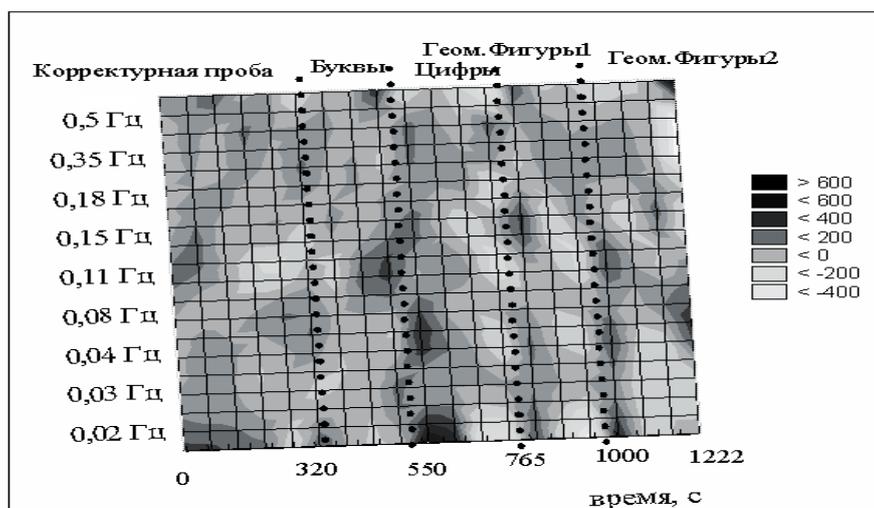


Рис. 3 График вейвлет-спектра ритмограммы обследуемой при тестировании внимания (тест корректурной пробы Бурдона-Анфимова) и оперативной памяти на буквы, цифры, геометрические фигуры с одним признаком и геометрические фигуры с двумя признаками.

Как показывает анализ вейвлет-спектрограммы, обнаружена повышенная активность в VLF-диапазоне вначале тестирования уровня внимания, а также вначале всех тестов на оперативную память и особенно на цифры. Как отмечено в [14-16] формирование очень низкочастотных волн в спектре ВСР, по-видимому, обусловлено влиянием надсегментарных отделов ВНС, эндокринных или гуморальных факторов на синусовый узел. Показано, что в ВСР имеются очень низкочастотные ритмы, обусловленные секрецией ренина, а также связанные с колебаниями в крови уровня адреналина, норадреналина и 17-оксикортикостероидов. Полагают, что основной (околонулевой) пик данного диапазона связан с активностью надсегментарных (гипоталамических) эрготропных

центров вегетативной регуляции. Причем очень низкочастотная составляющая минимальна в спектре у здоровых лиц и грубо нарушается при органических поражениях (опухоли, инсульты, паркинсонизм) правого полушария, ответственного за вегетативную регуляцию [15]. Таким образом, можно отметить усиление влияния надсегментарных уровней (корково-лимбических отделом головного мозга) на автономный уровень регуляции кровообращения вначале хождения тестов. Возможно, это связано с психоэмоциональным возбуждением и усилением произвольного внимания. На начальной стадии адаптации к новому тесту возможно необходима активация более высоких уровней регуляции. То, что пик активности совпадает с началом тестирования оперативной памяти на цифры, возможно, отражает индивидуальную эмоциональную реакцию как на однообразие - однотипность тестов на буквы и цифры («надоело»), так и на некоторое субъективное переживание. Так, в [17] отмечено, что все обследуемые из группы с повышенной мощностью спектра в диапазоне VLF находились на момент проведения исследования в состоянии сильного эмоционального стресса, либо имели выраженную невротическую симптоматику.

Колебания в LF-диапазоне отражают суммарный эффект вегетативной регуляции на ритм сердца [14-16]. Происхождение этих компонент кардиоритма связывают с многоуровневым и нелинейным характером процессов регуляции сердечного ритма и наличием переходных процессов [3, 18-19]. В целом по их спектральной мощности можно судить о состоянии симпатической регуляции сердечного ритма [20]. Колебания в области 0,1 Гц в системе вегетативного управления сердечно-сосудистой системой считают общим системным механизмом, генерируемом в центральном отделе системы управления и характеризующим эффект обратной связи [3, 18-19]. Кроме того, возможно, что в формировании 0,1 Гц – ритма принимают участие кроме центрального и барорефлекторный, и миогенный механизмы [20]. Анализ вейвлет-спектра ритмограммы показывает повышение активности в области 0,1 Гц в самом начале тестирования, в финальной части теста на оперативную память на буквы, когда сложность теста максимальная и вначале теста на геометрические фигуры с 2 признаками, что свидетельствует, по-видимому, о центральном механизме адапционных реакций к возросшему уровню сложности.

По спектральной мощности в HF-диапазоне судят об активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. Кроме того, эта составляющая спектра связана с активностью ядра блуждающего нерва, которая влияет на синусовый узел [20]. Также рассматривается возможный центральный механизм формирования высокочастотных колебаний в результате прямого взаимодействия дыхательного и сосудистого центров, а также барорефлекторный механизм за счет колебаний артериального давления [20]. В [21] показана связь высокочастотных колебаний с адапционными реакциями. По графику вейвлет-спектра трудно судить об изменениях в указанном диапазоне. Это связано с тем, что амплитуда колебаний ритмограммы, как правило, уменьшается с увеличением частоты. На графике видно, что происходят определенные колебания парасимпатической активности, которые вероятно связаны с адапционными

реакциями. В любом случае, анализ графика носит описательный и приблизительный характер.

Вейвлет-коэффициенты содержат информацию о форме ритмограммы, т.е. фактически о состоянии организма. Целью дальнейшей работы было выделить множество определенных состояний, которые бы имели вполне конкретные частотные характеристики, а динамику состояния рассматривать как траекторию в данном множестве состояний. Для выявления структурных закономерностей в динамике вейвлет-спектра проведен кластерный анализ полученного вейвлет-спектра по всему исследуемому диапазону частот при помощи программы Viscosity SOMine 5.1.

Для матрицы вейвлет-коэффициентов построена нейросеть с ошибкой квантования (мерой того, как хорошо векторы данных от набора исходных данных подобраны определенным узлом), равной 0,01587. Мера эвристического качества для каждой группы определенных кластеров (кластерный индикатор) вычисляется для всех методов кластерного анализа и является средством нахождения истинной кластеризации. Индикатор отображается в диаграмме, в которой количество кластеров указывается на горизонтальной оси. Вертикальная ось показывает значение индикатора для каждой системы кластеров, которое можно интерпретировать следующим образом: если индикатор является высоким для конкретной системы кластеров, кластеризацию можно рассматривать как "естественную" для построенной карты. Соответственно, когда индикатор низок для системы кластеров, кластеризация является "искусственной", т.е. пики графика кластерного индикатора показывают истинные кластеризации.

Для кластерного метода Уорда диаграмма индикатора не позволяла установить истинную кластеризацию (Рис.4.а), поэтому для кластеризации вейвлет-спектров был использован метод СОК-Уорда, для которого исходя из диаграммы индикатора (рис.4.б) была выбрана система из 5 кластеров.

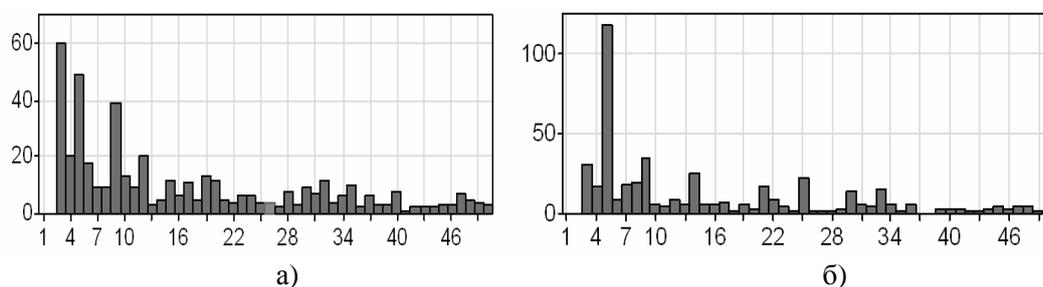


Рис.4 Диаграмма индикатора для: а – метода Уорда, б – метода СОК-Уорда.

Каждый кластер характеризуется определенным соотношением частот. На Рис.5 указан профиль вкладов всех частот (в программе они называются атрибутами) в формирование определенного кластера.

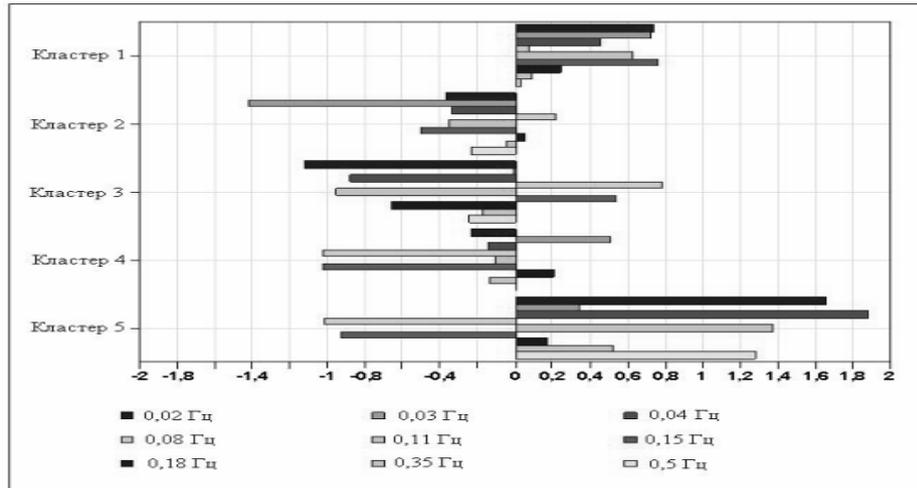


Рис. 5 Профиль вейвлет - частот, определяющих выделенные кластеры.

Были построены самоорганизующиеся карты вейвлет-спектра для теста корректурной пробы Бурдона-Анфимова и тестов оперативной памяти на буквы, цифры, геометрические фигуры с одним и двумя признаками (Рис.6). Для дальнейшего анализа карт были добавлены метки. Метки состоят из буквы, кодирующей тип теста и номера-номера строчки вейвлет-коэффициента в спектральной матрице, соответствующей временному окну шириной 5,7 с.

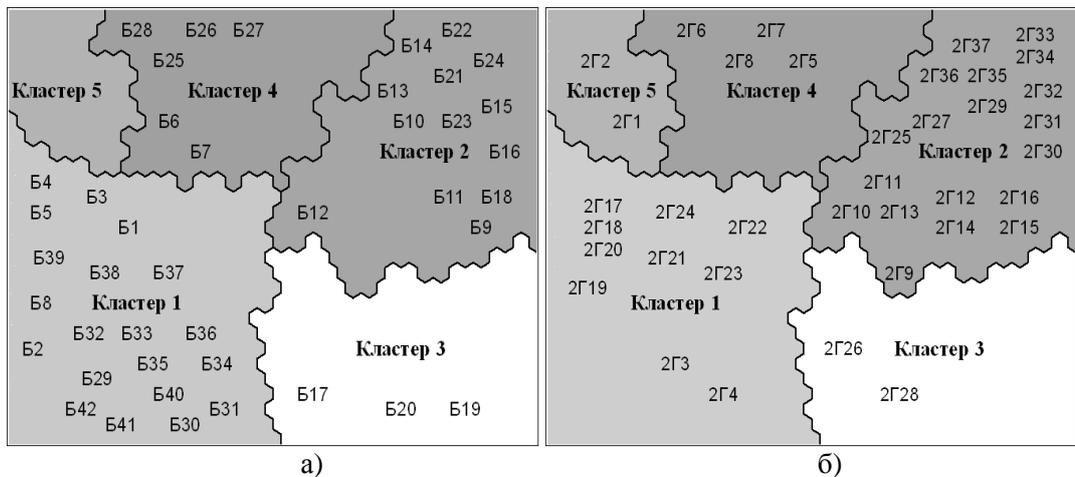


Рис. 6 Пример самоорганизующихся карт вейвлет-спектра для теста оперативной памяти: а – на буквы (тип теста - Б) и б – геометрические фигуры с 2 признаками (тип теста – Г).

В 1-й кластер попали номера вейвлет-коэффициентов, соответствующие началу тестирования уровня внимания, тестам Б, Ц, фазе вработывания при тестировании

Г2 и окончанию тестирования оперативной памяти на буквы. Анализ профилей вейвлет-частот показывает однонаправленный вклад колебаний в VLF- и LF-диапазонах (кроме 0,08 Гц), что, по-видимому, свидетельствует об участии симпатического отдела вегетативной нервной системы и надсегментарных уровней в усилении произвольного внимания и формировании реакции вработывания.

Ко 2-й кластеру были отнесены номера вейвлет-коэффициентов, соответствующие тесту Б на 3 стимула, тесту Ц на 5 стимулов, Г2 – на 3, 6-7 стимула и конечной фазе тестирования уровня внимания. Максимальный вклад в формирование данного кластера внесла частота около 0,03 Гц, что, возможно, обусловлено некоторым гормональным влиянием на частоту кардиоритма.

В 3-й кластер были включены номера вейвлет-коэффициентов, соответствующие тесту Б на 4 стимула, тесту Ц-на 4 и 7 стимулов, тесту Г1 - на 5-7 стимулов, тесту Г2 – на 5 стимулов и середине тестирования уровня внимания. В формировании этого кластера принимали колебания всего частотного диапазона с исключением частот около 0,08 Гц и 0,15 Гц. Этот кластер фактически характеризует некоторый перелом в работе. Не совсем понятна в этом процессе роль частот около 0,08 Гц и 0,15 Гц, которые фактически сформировали 4-й кластер.

4-й кластер состоит из номеров вейвлет-коэффициентов, соответствующие тесту Б на 5 стимулов, тесту Ц – на 6 стимула, Г1-на 4 стимула, Г2 – на конец теста 2 стимулов и начало теста на 3 стимула, и перед переломным моментом в тесте уровня внимания. Можно предположить, что этот кластер объединил состояния сильного напряжения. Роль частот около 0,08 Гц и 0,15 Гц требует дальнейшего исследования и уточнения.

5-й кластер содержит наименьшее количество состояний, которые проявились только на самой начальной стадии тестов Г1, Г2 и теста Ц на 3 стимула. При формировании этого кластера внесли однонаправленный вклад практически все частоты, кроме все тех-же частот около 0,08 Гц и 0,15 Гц. Заметим, что в этом случае максимально проявился вклад частоты около 0,1 Гц. Возможно, этот кластер характеризует адаптацию к обработке невербальной информации.

Следует отметить, что данная система кластеров достаточно адекватно соотносится с типом и уровнем сложности тестовых заданий.

Проведенная кластеризация является примером возможного анализа индивидуальной адаптационной реакции на психофизиологическую нагрузку. Вейвлет-анализ ритмограммы позволяет оценить функциональное состояние организма в динамике. Соотнесение изменения вейвлет-спектра с типом, уровнем сложности тестовых заданий и эффективностью их выполнения позволит получить объективную количественную оценку состояния отдельных звеньев вегетативной регуляции кровообращения.

ВЫВОДЫ

1. На основе вейвлет-анализа кардиоритма можно объективно и количественно оценить вклад отдельных звеньев вегетативной нервной системы в

- формирование адаптационной реакции человека на определенную психофизиологическую нагрузку.
2. Вейвлет-анализ кардиоритмы позволяет оценить индивидуальные особенности реакции человека на психофизиологическую нагрузку в динамике, в том числе особенности переходных процессов при изменении типа и сложности стимулов.
 3. Метод кластеризации СОК-Уорда позволяет выявить структурные закономерности в динамике вейвлет-спектра, которые отражают изменение функционального состояния организма при изменении типа и уровня сложности тестовых стимулов, предъявляемых для запоминания.

Список литературы

1. Баевский Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Баевский Р.М., Кириллов О.И., Клецкин С.З. – М.: Наука, 1984. – 221 с.
2. Рабочая группа Европейского кардиологического общества и СевероАмериканского общества стимуляции и электрофизиологии. Вариабельность сердечного ритма. Стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования // Вестн. Аритмол. – 1999. – №11. – С. 53–78.
3. Внутренняя синхронизация основных 0.1 частотных ритмов в системе вегетативного управления сердечно-сосудистой системой / А.Р. Киселев, А.Б. Беспятов, О.М. Посненкова [и др.] // Физиология человека. – 2007. – Т.33, №2. – С.69–75.
4. Блаттер К. Вейвлет-анализ. Основы теории / Блаттер К. – М.: Техносфера, 2006. – 272 с.
5. Анализ сигнал-усредненной ЭКГ (по данным вейвлет – преобразования) у здоровых и больных ИБС / С.А. Бойцов, С.Л. Гришаев, В.Н. Солнцев [и др.] // Вестник аритмологии. – 2001. – № 23. – С. 32–36.
6. Wavelet transform as a potential tool for ECG analysis and compression / J.A. Crowe, N.M. Gibson, M.S. Woolfson [et al.] // Journal of the Biomedical Engineering. – May-1992. Vol. 14(3). – P.268–272.
7. Wavelet analysis of high-resolution ECGs in post-infarction patients: role of the basic wavelet and of the analyzed lead / D. Morlet, J.P. Couderc, P. Touboul [et al.] // International Journal Biomedicine Computing. – Jun- 1995. – Vol. 39(3). – P.311–325.
8. Рунова Е.В. Метод временной локализации изменений частотной структуры сердечного ритма, основанный на дискретном вейвлет-преобразовании / Е.В. Рунова, И.В. Мухина // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, №2. – С.124–127.
9. Бодин О.И. Особенности анализа электрокардиографической информации с использованием вейвлет – преобразования / О.И. Бодин, И.П. Бурукина // Медицинская техника. – Изд-во Медицина, 2006. – №2. – С. 26–29.
10. Філімонова Н.Б. Особливості обробки зорової вербальної та невербальної інформації в оперативній пам'яті людини / Н.Б. Філімонова, Т.В. Куценко, М.Ю. Макаручук // Фізика живого. – 2006. – Т.14. – № 3. – С. 75–86.
11. Забара С.С. Метод виділення інваріантних ознак сигналів / С.С. Забара, Н.Б. Філімонова, К.Х. Зеленський // Доповіді Національної академії наук України. – 2009. – №3. – С. 55–59.
12. Філімонова Н.Б.К кластеризація динаміки ЕКГ людини за нейронною мережею Кохонена та вейвлет-аналізом на основі функцій Кравчука / Н.Б. Філімонова, М.Ю. Макаручук, Т.В. Кравець // Вісник Київського університету. Серія Фізіологія. – 2010. – Вип. 12. – С. 14–16
13. Дебок Г. Анализ финансовых данных с помощью самоорганизующихся карт / Г. Дебок, Т. Кохонен – М.: Изд-вом «АЛЬПИНА», 2001. – 317 с.
14. De Boer R.W. On the spectral analysis of blood pressure variability / R.W. De Boer, J.M. Karemaker, J. Stracker // Am. J. Physiol. – 1986. – V.251, N.3. Pt.2. – P. 685.
15. Фоякин А.В. Факторы риска кардиальных осложнений при ишемическом инсульте / А.В. Фоякин, Л.А. Гераскина, Е.В. Самохвалова // Невролог. вестн. – 2007. – № 1. – С. 227–228.
16. Malik M. Components of heart rate variability: what they really mean and what we really measure / M. Malik, A.J. Camm // Am. Heart J. – 1994. – N. 127. – P. 1376–1381.

17. Машин В.А. Анализ variability ритма сердца при негативных функциональных состояниях в ходе сеансов психологической релаксации / В.А. Машин, М.Н. Машина // Физиология человека. – 2000. – Т. 26. № 4. – С. 48–54.
18. Изучение природы периодических колебаний сердечного ритма на основе проб с управляемым дыханием / А.Р. Киселев, В.Ф. Киричук, О.М. Посненкова [и др.] // Физиология человека. – 2005. – Т.31, №3. – С.76–83.
19. Шевченко О.В. Динамика 0,1 гц–компоненты спектра variability сердечного ритма на фоне лечения фозиноприлом и ателололом у больных артериальной гипертонией / О.В. Шевченко, А.Р. Киселев, В.И. Гриднев // Саратовский научно–медицинский журнал. – 2008. – №1 (19) – С.84–87.
20. Чуян О.М. Фізіологічні механізми variability серцевого ритму (огляд літератури) / О.М. Чуян, О.А. Бірюкова, М.Ю. Раваєва // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2008. – Т. 21 (60). – № 3. – С. 168–189.
21. Высокочастотные колебания в сигнале пульсовой волны и их связь с адаптационными реакциями / Михайлов Н.Ю., Толмачев Г.Н., Шепелев И.Е. [и др.] // Биофизика. – 2008. – Т. 53, Вып.3. – С.482–487.

Філімонова Н.Б. Визначення індивідуальних особливостей динаміки кардіоритму при тестуванні оперативної пам'яті людини / Н.Б. Філімонова, Т.В. Кравец // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 176–187.

Динаміка кардіоритму людини при зміні психофізіологічного навантаження досліджувались методом вейвлет-аналізу на основі функцій Кравчука, що дозволило оцінити індивідуальні особливості реакції людини та внесок окремих гілок вегетативної нервової системи у формування адаптивної реакції на визначене психофізіологічне навантаження. Структурні закономірності в динаміці вейвлет-спектру визначались методом кластеризації СОК-Уорда.

Ключові слова: оперативна пам'ять, вейвлет-аналіз, функції Кравчука, метод кластеризації СОК-Уорда.

Filimonova N.B. Definition of specific features of dynamics of the cardiorhythm at testing the working memory of the person / N.B. Filimonova, T.V. Kravets // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 176–187.

Dynamics of the cardiorhythm of the person at change of the psychophysiological loads was researched by a method of the wavlet-analysis on the basis of Krawtchouk functions that has allowed estimating the specific features of reaction of the person and the contribution of separate parts of vegetative nervous system to creation of the adaptive reaction on defined psychophysiological load. Structural regularity in dynamics of the wavlet-spectrum were defined by the method SOM-Ward clustering.

Keywords: working memory, wavlet-analysis, Krawtchouk functions, method SOM-Ward clustering.

Поступила в редакцію 17.09.2010 г.

УДК 591.51

ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ИГРОВОГО МАНИПУЛИРОВАНИЯ У ДЕТЕНЬШЕЙ СИВУЧЕЙ В ОНТОГЕНЕЗЕ

Чечина О.Н.

*Научно-исследовательский центр «Государственный океанариум» Украины, Севастополь,
Украина
E-mail: chechina0001@mail.ru*

Изучено игровое манипуляционное поведение у родившихся в океанариуме детенышей сивучей (самка и самец) в процессе их развития (возраст – до одного года). Установлено, что в состав игрового манипулирования с предметами входили действия, характерные для пищевого поведения (схватывание, удерживание в зубах, кусание, подбрасывание в воздух и трепание). В процессе развития игры с предметами и рыбой у детенышей формировалась определенная цепь действий, характерная для завершающей фазы пищевого поведения. Полученные данные свидетельствуют о важной роли игрового манипулирования объектами окружающей среды в формировании у детенышей сивучей навыков пищевого поведения.

Ключевые слова : сивуч, игровое манипулирование, пищевое поведение.

ВВЕДЕНИЕ

Игровое поведение животных рассматривается многими исследователями как активность, аналогичная любому другому типу поведения: пищевому, половому, агрессивному. При этом его функциональное значение определяется по-разному. В целом, выделяются два основных подхода к игре [1]: с одной стороны, как подготовку молодых животных к взрослой жизни, и, с другой, - в качестве разрядки избыточной энергии. Несмотря на различные концептуальные подходы к феномену игры, наблюдения за поведением разных видов животных позволили большинству современных исследователей прийти к мнению о том, что игра является важным компонентом их приспособительной деятельности.

Формы игры животных весьма разнообразны, но большинство исследователей выделяет две основные их категории: локомоционные и манипуляционные. Манипуляционные игры животных и их развитие в онтогенезе представляют значительный интерес в связи с тем, что при этом формируются, упражняются и совершенствуются компоненты пищевого и других форм поведения [2]. Наблюдения за игровым поведением сивучей посвящены в основном их социальному взаимодействию [3, 4], в то время как манипуляция предметами изучена недостаточно.

Цель настоящей работы – изучение динамики развития игрового манипулирования у детенышей сивучей (*Eumetopias jubatus*) в онтогенезе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение игрового манипуляционного поведения проводили на двух детенышах сивучей (самец, самка), родившихся в Государственном океанариуме Украины. Мать с детенышем содержались в отсеке берегового вольера (размером 4х6 м), включавшего бетонированную площадку и прилегающую к ней ограниченную морскую акваторию глубиной 1,5 м. Игровое поведение детенышей изучали методом прямого наблюдения с близкого расстояния (около 2 м). Наблюдения проводили ежедневно с 9 до 16 часов, начиная с первого дня жизни детенышей и до возраста 12 месяцев. В ходе наблюдений осуществляли запись этограмм на основе составленного перечня элементов игрового поведения, включавшего манипуляцию различными объектами окружающей среды [5]. Элементы поведения регистрировали на основе визуальной оценки путем записи в тетрадь цифровых индексов, соответствующих совершаемому действию. В цифровой форме информация переносилась в ЭВМ. Анализ данных проводили путем определения количества каждого элемента и, соответственно, его продолжительности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Классификация элементов манипуляционного игрового поведения сивучей. Как показали наблюдения, игра детенышей сивучей включала манипуляцию предметами с помощью челюстно-ротового аппарата и передних лап, а также манипуляцию собственным телом (схватывание задних лап ртом, пускание пузырей в воду). Можно отметить, что данные игровые реакции, за исключением манипуляции предметами с помощью передних лап, выделены также и R.J. Schusterman [6] у представителей четырех видов ластоногих: калифорнийского морского льва (*Zhalophus californianus*), сивуча (*Eumetopias jubatus*), морского слона (*Mirounga angustirostris*) и обыкновенного тюленя (*Phoca vitulina*).

В составе группы «манипуляция предметами с помощью челюстно-ротового аппарата» у детенышей сивучей выделены две группы реакций. Первая группа включает действия, осуществляемые только с помощью челюстно-ротового аппарата, вторая – совместные действия челюстно-ротового аппарата и головы. К первой группе относятся схватывание и удерживание объекта игровой деятельности, а также его кусание, ко второй – подбрасывание вверх, трепание объекта игры из стороны в сторону.

Кроме челюстно-ротового аппарата детеныши изредка использовали для манипулирования предметами и передние конечности: например, плавая, переносили на переднем лапте веревку, а на суше передвигали им какой-нибудь предмет, например, камешек, полиэтиленовую пленку.

Объектами игрового манипулирования детенышей являлись находившиеся в вольере не крупные предметы: куски веревки, сетки, камешки, палочки, раковины мидий, водоросли и т.п. Подобными мелкими предметами играют щенки ушастых тюленей и в естественной среде, на лежбищах [3].

Развитие игрового манипулирования сивучей в онтогенезе. Как показали наблюдения, у детенышей сивучей в процессе развития сначала появлялись

действия, осуществляемые с помощью челюстно-ротового аппарата, такие как схватывание, удерживание в зубах и кусание (табл. 1).

Таблица 1

Последовательность появления элементов манипуляционной игры у детеныша сивуча в раннем онтогенезе

Возраст детеныша, сутки	Наименование элемента
3–7	Схватывание: ласт матери, веревки
20–27	Схватывание предметов в воде, их удерживание в процессе плавания
38–43	Нырание, схватывание предмета со дна, удерживание в процессе плавания или выхода с ним на помост, кусание
45–49	Нырание, схватывание предмета со дна, удерживание при выходе с ним на помост или плавании, подбрасывание
46–51	Поиск предметов (опустив голову в воду), нырание, схватывание предмета со дна, удерживание при выходе с ним на помост или плавании, подбрасывание
56–63	Схватывание предмета (на суше или в воде), подбрасывание, трепание

Сначала детеныши начинали манипулировать предметами, находившимися на суше: схватывали ласты матери или кусок веревки. В возрасте двух-трех недель сивучата начинали играть предметами, схватывая их в воде, удерживая в зубах в процессе плавания. Далее игра с предметами усложнялась, появлялось нырание и схватывание предмета со дна, кусание, активный поиск предмета игры с поверхности воды путем опускания головы в воду и осматривания дна. В возрасте 1,5-2 месяца у детенышей появлялись действия с предметами, включавшие согласованные движения челюстно-ротового аппарата и головы – сначала подбрасывание, а затем и трепание объекта игры.

В процессе развития детенышей наблюдалось не только усложнение структуры игры, но и постепенное увеличение продолжительности манипуляции с объектами (от нескольких секунд в первые дни жизни до нескольких минут в возрасте 6-8 месяцев). Это происходило, с одной стороны, за счет удлинения последовательностей (цепей) действий, совершаемых с предметом, с другой стороны – увеличения количества их повторений. Как показал анализ игрового манипулирования, в течение восьми месяцев после рождения происходило увеличение игровой активности с предметами, а в дальнейшем наблюдалось резкое ее снижение (рис. 1).

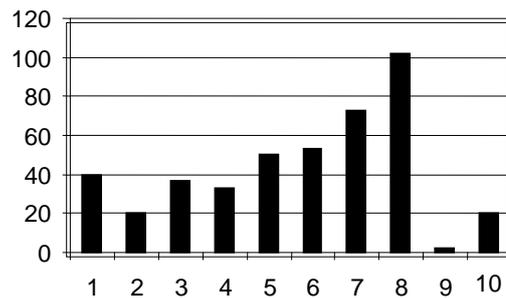


Рис. 1. Изменение активности игрового манипулирования у детенышей сивучей в процессе развития:

по оси абсцисс – возраст детеныша, месяц;

по оси ординат – среднее количество элементов игрового манипулирования.

Начиная с этого возраста, детеныши большую часть времени наблюдения плавали в акватории отсека. Возможно, это снижение игровой активности связано с видовыми особенностями поведения животных, для которых характерно к этому возрасту наличие длительных миграций вместе с матерью [3].

Наблюдения за развитием поведения детенышей сивучей в раннем онтогенезе показали, что формирование пищевого поведения происходило у них в процессе игры, связанной с манипуляцией рыбой, включавшей такие же действия, как и объектами окружающей среды. Детеныш начинал играть рыбой аналогично тому, как манипулировал предметами (палочками, водорослями): схватывал рыбу (целую кильку или небольшой кусочек крупной рыбы), плавал, держа во рту, выпускал изо рта. Начало игры с рыбой отмечено у детенышей в возрасте 28-51 день.

В процессе развития игровой деятельности устанавливалась последовательность действий: схватывание рыбы, удерживание ее во рту во время движения (например, плавания и при выходе на сушу). При этом детеныш схватывал рыбу, лежащую на дне, выносил ее на поверхность, держа в зубах, выпускал и затем вновь схватывал. В дальнейшем происходило усложнение совершаемых действий с рыбой: при схватывании мелкой рыбы (кильки) наблюдались резкие движения головой из стороны в сторону (трепание), крупной (сардинеллы, весом 300 г) – резкое движение головой в сторону, завершившееся бросанием рыбы. Необходимо отметить, что важным условием для формирования у детенышей пищевого поведения являлось наличие в рационе мелкой рыбы (например, кильки), что позволяло им успешно осваивать все способы обращения с пищевыми объектами.

В процессе игры с кормом детеныш начинал иногда проглатывать кусочки рыбы. О том, что пища попадала в его желудок, можно было судить по изменению цвета и консистенции фекалий: они становились коричневатыми (а не желтыми, как при исключительно молочном кормлении) и творожистыми. В дальнейшем, когда количество твердой пищи в рационе щенка увеличивалось, фекалии приобретали

коричневый цвет и более твердую консистенцию. Эти изменения наблюдались у щенков в возрасте 5-6 месяцев.

Необходимо отметить, что основной пищей сивучей в природе является рыба различных размеров, которая составляет более 95% их рациона, а также беспозвоночные животные: кальмары, осьминоги, каракатицы, креветки. И, как все тюлени, они не способны к пережевыванию пищи, а глотают ее в воде или на поверхности [7-10]. Размер пищевого объекта, который целиком может быть проглочен животным, должен быть соразмерен глотке. По мнению авторов [3], ушастые тюлени предпочитают мелкую рыбу, которую проглатывают, не поднимаясь на поверхность. Такое поведение у взрослых сивучей наблюдалось нами и в вольере (при кормлении килькой). Среднюю по размерам рыбу (весом 150-200 г) сивучи после схватывания подбрасывали вверх таким образом, чтобы поймать ее головой вперед, что позволяло избежать возможного травмирования пищевода колючими плавниками и чешуей. Крупную рыбу (весом 400-500 г) сивучи обычно разрывали на части, кусая и трепля ее.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что в ходе манипуляционной игры у детенышей сивучей формировался весь комплекс действий, типичный для пищевого поведения взрослого животного (его завершающей фазы): схватывание рыбы, удерживание ее во рту, манипуляция (подбрасывание или трепание) и глотание.

ВЫВОДЫ

1. В состав игрового поведения детенышей сивучей входит манипуляционная игра с предметами, которая включает следующие действия с предметами: схватывание, удерживание в процессе передвижения, кусание, подбрасывание в воздух и трепание.
2. Игровое манипулирование пищевыми объектами у детенышей сивучей состоит из действий, которые они используют при игре с предметами. При этом в процессе развития сначала появляются действия, осуществляемые с пищевыми объектами при помощи челюстного аппарата (схватывание, удерживание в процессе движения, кусание), затем развиваются более сложные поведенческие акты, требующие согласованного взаимодействия головы и челюстей (подбрасывание, трепание).
3. Развитие игрового манипулирования объектами окружающей среды и рыбой у детенышей сивучей в онтогенезе имеет определенную динамику: в отработываемых в процессе игры последовательностях действий формируется следующая цепочка: схватывание – удерживание в процессе передвижения – манипуляция объектом.
4. Манипуляционная игра с предметами у сивучей является важным фактором в формировании пищедобывательного поведения.

Список литературы

1. Фабри К.Э. Основы зоопсихологии / Курт Эрнестович Фабри. – М: Моск. ун-т, 1976. – 287 с.
2. Фабри К.Э. Классификация игр у животных / К.Э. Фабри // Бюл. Моск. о-ва испытат. природы, отд биол. – 1982. – Т. 87. – Вып. 6. – С. 57–66.
3. Крушинская Н.Л. Поведение морских млекопитающих // Н.Л. Крушинская, Т.Ю. Лисицына – Москва: Наука, 1983. – 335 с.
4. Schusterman R.J. Experimental laboratory studies of pinniped behavior / R. J. Schusterman // The Behavior and Physiology of Pinnipeds. – Appleton-Century-Crofts, N.Y., 1968. – P. 81–171.
5. Чечина О.Н. Формы индивидуального поведения сивучей (*Eumetopias jubatus*) / О.Н. Чечина // Эволюция морских экосистем под влиянием вселенцев и искусственной смертности фауны: междунар. конф. (г. Ростов-на-Дону, 16-19 июня 2003 г.): тез докл. – Ростов-на-Дону, 2003. – С. 147–149.
6. Schusterman R.J. Steller sea lion *Eumetopias jubatus* (Schreber, 1776) // R.J. Schusterman // Handbook of Marine Mammals. Volume 1. The Walrus, Sea Lions, Fur Seals and Sea Otter. – 1981. – P. 119–141.
7. Арсеньев В.А. Сивуч / В.А. Арсеньев // Морские млекопитающие Советского Союза. – Москва, 1976. – Т. 2. – С. 58–74.
8. Огнев С.И. Звери СССР и прилежащих стран / С. И. Огнев // Хищные и ластоногие. Т. 3. – М.-Л.: Гос. изд-во биолог. и мед. литературы, 1935. – С. 360–376.
9. Перлов А.С. Наблюдения над суточным ритмом жизни гаремного лежбища сивучей на Курильских островах. / А.С. Перлов // Изв. ТИНРО. – 1970. – Т. 20. – С. 103–106.
10. Jefferson T.A. Marine mammals of the world / T.A. Jefferson, S. Leatherwood, M.A. Webber // Rome, 1993. – P. 226–229.

О.М. Чечина. Динаміка розвитку ігрового маніпулювання у дитинчат сивучів в онтогенезі/ О.М. Чечина // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 188-193.

Вивчена ігрова маніпуляційна поведінка у дитинчат сивучів (самки і самця), що народилися в океанаріумі, в процесі їх розвитку (вік - до одного року). Встановлено, що до складу ігрового маніпулювання з предметами входили дії, характерні для харчової поведінки (схоплювання, утримування в зубах, кусання, підкидання в повітря і тріпання). У процесі розвитку гри з предметами і рибою у дитинчат формувався певний ланцюг дій, характерний для завершальної фази харчової поведінки. Отримані дані свідчать про важливу роль ігрового маніпулювання об'єктами навколишнього середовища у формуванні у дитинчат сивучів навиків харчової поведінки.

Ключові слова : сивуч, ігрове маніпулювання, харчова поведінка.

O.N. Chechina. Dynamics of development of playing manipulation at calf of Steller sea lion in ontogenesis / O.N. Chechina // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. Series : Biology. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 188-193.

There've been studied play manipulative behavior in sea lion calves (a male and a female) born in Oceanarium during their evolvment (up to one year old). It's been found that play manipulation with objects includes actions typical of feeding behavior (grasping, holding in teeth, biting, throwing up in air and patting). While playing with objects and fish the calves generated a series of actions typical of the closing stage of feeding behavior. The results obtained indicate an important role of play manipulation with environmental objects in forming feeding behavior habits in sea lion calves.

Keywords : Sea lion, play manipulation, feeding behavior.

Поступила в редакцію 26.09.2010 г.

УДК 591.571:612.176+159.943.75

**ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ЖИВОТНЫХ С РАЗНЫМ ПРОФИЛЕМ
МОТОРНОЙ АСИММЕТРИИ В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО И ОСТРОГО
СТРЕССА (часть I)**

Чуян Е.Н., Горная О.И.

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

Исследованы изменения поведенческих реакций животных с разным профилем моторной асимметрии в условиях изолированного действия хронического гипокинетического и острого болевого стресс-факторов, а также их комбинации.

Установлено, что профиль моторной асимметрии может служить критерием их чувствительности к стрессорным воздействиям.

Ключевые слова: индивидуальная чувствительность, моторная асимметрия, поведенческие реакции, эмоциональные реакции, двигательная активность.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время актуальную проблему физиологии представляет исследование индивидуальной чувствительности человека и животных к действию факторов различной природы и интенсивности. Многочисленными исследованиями установлена индивидуальная чувствительность и устойчивость человека и животных к экстремальным факторам среды, в частности, к эмоциональному, болевому и другим видам стресса [1-6]. Хорошо известно, что всегда можно обнаружить особей устойчивых и сенситивных к действию стресс-факторов, а один и тот же фактор у различных животных может вызвать разнообразные ответные реакции [4, 7]. При этом усредненные данные либо демонстрируют отсутствие достоверного эффекта, либо позволяют выявить лишь основные тенденции, но нивелируют индивидуальные различия. Поэтому А.В. Вальдман с соавт. (1979) подчеркивали важность «моделирования стресса с учетом типологической характеристики животных» [8]. Различие животных по чувствительности к стрессорным раздражителям послужило основанием их деления на стрессустойчивых и стресснеустойчивых [9].

Существование разновидностей адаптационных реакций связывают с их реализацией через «начальные звенья» нервной системы и дальнейшими путями распространения этих влияний [10]. М.Г. Айропетянц и А.М. Вейн (1982) высказали предположение о том, что врожденные особенности центральной нервной системы (ЦНС) определяют деятельность организма в чрезвычайных условиях (например,

при действии стрессирующих факторов), когда необходимо быстрое изменение функционального состояния организма [11]. Индивидуально-типологические характеристики ЦНС, являющейся одной из самых чувствительных систем к воздействию факторов различной природы и интенсивности, в том числе, и к экстремальным, и выполняющей ведущую роль в восприятии и формировании системного ответа организма на их действие, находят свое отражение в межполушарной асимметрии (МПА) головного мозга, а, следовательно, и в индивидуальном профиле функциональной асимметрии (ИПФА) человека и животных [12-15].

Изменение поведения на первых этапах адаптации к действию различных экстремальных факторов является даже более интегральным показателем характера ответа на воздействие, чем биохимические и физиологические сдвиги. Однако изменение поведенческих реакций под влиянием стресс-факторов разной природы у животных с разным ИПФА не изучено. Вместе с тем, выявление взаимосвязи между особенностями латерализации головного мозга и адаптивными возможностями организма позволит понять многие вопросы, связанные с характером индивидуальной реактивности и резистентности организма, как в норме, так и при патологии.

В связи с этим целью настоящего исследования явилось выявление вариабельности поведенческих реакций животных с разным профилем моторной асимметрии и их изменение в условиях действия стресс-факторов разной природы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования выполнены на белых беспородных крысах-самцах одинакового возраста массой 180 – 220 г. Выбор самцов в качестве объекта исследования обусловлен тем, что у грызунов МПА в большей степени выражена у самцов, чем у самок [16, 17].

Для исследования моторной асимметрии животных, которая отражает асимметрию ЦНС, т.е. доминирование правого (ПрП) или левого полушария (ЛевП) головного мозга, применяли методы Т-образного лабиринта и «открытого поля» (ОП) [17, 18]. После усреднения данных 10-ти повторных опытов вычисляли коэффициент моторной асимметрии (Кас) – показатель предпочтения направления движения, который представляет собой отношение разности правосторонних (П) и левосторонних (Л) побегов к их сумме, выраженный в процентах: $Kac = (П - Л) / (П + Л) \times 100\%$ [19].

Было протестировано 823 крысы, среди которых было выделено три группы: крысы с правосторонней моторной асимметрией («правши») – 53 %; крысы с левосторонней моторной асимметрией («левши») – 32 % и крысы, не имеющие выраженной моторной асимметрии («амбидекстры») – 15 %.

Для экспериментальных исследований отбирали животных из каждой группы: «правши» (n=130) и «левши» (n=130), «амбидекстры» (n=124). Было проведено три серии экспериментов на 384 крысах (табл. 1).

В первой серии исследований (табл. 1), посвященной изучению индивидуальной чувствительности животных к гипокинетическому стрессу, крысы (n=84) с разным профилем моторной асимметрии были распределены на 2 равноценные группы по 12-15 особей в каждой. Животные первой группы

содержались в обычных условиях вивария (контроль, К). Вторую группу составляли крысы, подвергавшиеся действию стресс-фактора. Стресс-реакция моделировалась 9-тисуточным ограничением подвижности (гипокинезия, ГК) [20]. Для создания условий экспериментального ограничения подвижности использовались специальные пеналы из оргстекла, состоящие из 5 ячеек. Размеры каждой ячейки составляли 140 × 60 × 60 мм для каждой крысы. Такие клетки обеспечивают существенное ограничение подвижности животных по всем направлениям. Стенки и дно каждой ячейки снабжены специальными отверстиями, обеспечивающими вентиляцию и выведение отходов животных. В описанных пеналах крысы находились по 20 часов в сутки. В течение 4-х остальных часов осуществляли кормление и уход за животными, экспериментальные исследования. Полученная экспериментальная модель позволила создать одинаковую степень «жесткости» ГК для всех животных, что является необходимым условием для получения сопоставимых результатов.

Таблица 1

Объем проведенных исследований(количество крыс, исследованных в каждой группе)

Экспериментальная серия	Экспериментальные группы	Индивидуально-типологические группы		
		«амбидекстры»	«правши»	«левши»
1	К	12	15	15
	ГК	12	15	15
2	ФТ	10	10	10
3	ФТ	45	45	45
	ГК+ФТ	45	45	45
Итого		124	130	130
Всего		384		

Для изучения изменения поведенческих реакций под влиянием ГК ежедневно проводили тестирование в тесте «открытого поля» (ОП) с 8⁰⁰ до 12⁰⁰ часов, регистрируя горизонтальный (ГДА) и вертикальный (ВерДА) компоненты двигательной активности, количество реакций дефекации и коэффициенты моторной асимметрии (Кас).

Вторая серия экспериментальных исследований (табл. 1) была посвящена изучению индивидуальной чувствительности животных к болевому стрессу. Предварительно отобранных животных (n=30) с разным профилем моторной асимметрии разделили на три группы по 10 особей в каждой и подвергали воздействию болевого стресса в «формалиновом тесте» (ФТ) [21, 22], который проводили путем подкожной инъекции 5%-ного раствора формалина (0,08 мл на 100 грамм веса) в дорсальную поверхность стопы задней конечности крыс. Интенсивность протекания болевой реакции оценивали по продолжительности (с) болевой и неболевой (двигательная активность и пассивное поведение) поведенческих проявлений в

течение 60-ти минут наблюдения после инъекции формалина с помощью специальной компьютерной программы «Behavoiur 2.0» [23]. Учитывая тот факт, что у грызунов болевой порог в течение суток варьирует [24, 25], эксперименты проводились в одно и то же время светлой половины суток (с 9.00 до 11.00 часов).

В третьей серии экспериментальных исследований (табл. 1) изучалось модифицирующее действие ГК стресса на изменение болевой чувствительности у крыс с разным профилем моторной асимметрии при экспериментально вызванной тонической соматической боли в ФТ (n=270). Для этого экспериментальных животных разных фенотипических групп разделили на две равноценные группы по 45 особей в каждой. У животных первой (ФТ) и второй (ГК+ФТ) групп тоническую боль вызывали введением 5%-ного раствора формалина в дорсальную поверхность стопы задней конечности. Животные второй группы (ГК+ФТ) предварительно подвергались действию ГК стресса разной продолжительности, который моделировался 9-тисуточным ограничением подвижности [20].

Крыс содержали в условиях вивария при температуре 18-22°C на стандартном пищевом рационе и в стандартных условиях освещения (12 часов темнота: 12 часов свет). Световая фаза начиналась в 7.00 утра.

При проведении экспериментов придерживались «Правил проведения работ с использованием экспериментальных животных». Эксперименты проводились с соблюдением принципов «Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для исследовательских и научных целей» (Страсбург, 1986), постановления первого национального конгресса по биоэтике (Киев, 2001) и Закона Украины №3447-IV «Про захист тварин від жорстокого поводження», принятого 21 февраля 2006 года.

Все исследования и измерения осуществлялись на оборудовании, прошедшем метрологическую поверку и экспертизу.

Обработку и анализ экспериментальных данных проводили с помощью параметрических и непараметрических методов. После проверки полученных данных на закон нормального распределения, оценку достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью t-критерия Стьюдента. Различия между значениями показателей у животных разных экспериментальных групп считались достоверными при $p < 0,05$.

Силу и направленность связи между изучаемыми показателями оценивали с помощью корреляционного анализа, вычисляя коэффициент корреляции (r). Для изучения интегральных характеристик показателей поведенческих реакций использован кластерный анализ.

Для оценки модифицирующего действия ГК стресса на изменение изученных показателей использовался коэффициент модификации (K, %), который вычислялся по формуле: $K = (X_{ГК} - X_K) / (X_K + X_{ГК}) * 100$, где $X_{ГК}$ – значение изученного показателя в группе животных, которые до экспериментального воздействия подвергались предварительному действию ГК; X_K – значение изученного показателя в группе животных, которые до экспериментального воздействия оставались интактными.

Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Microsoft Excel и программного пакета «STATISTICA – 6.0» [26-28].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Двигательная активность животных с разным профилем моторной асимметрии в условиях теста «открытого поля». Поведение животных с разным профилем моторной асимметрии имело различный характер. Известно, что в условиях новой обстановки ОП экспериментальные животные ведут себя по-разному: для одних характерна активная исследовательская реакция, а для других – проявление устойчивой врожденной реакции страха, тревоги в виде ненаправленного движения или пассивно-оборонительного поведения. Совершенно очевидно, что различный характер поведения животных в одних и тех же условиях определяется их индивидуальными особенностями [29-31], что и было выявлено в настоящем исследовании.

Действительно, настоящим исследованием показано, что интактные животные, различающиеся профилем функциональной моторной асимметрии, отличаются и особенностями поведения в тесте ОП. Подтверждением является достоверная отрицательная корреляционная связь ($r=-0,68$; $p<0,05$) между коэффициентом моторной асимметрии животных и уровнем их двигательной активности в тесте ОП: у животных, характеризующихся левосторонней моторной асимметрией («левши») – высокий уровень двигательной активности (ВДА), у крыс, имеющих правостороннюю моторную асимметрию («правши») – средняя двигательная активность (СДА), у крыс, не имеющих выраженной моторной асимметрии («амбидекстры») – низкая двигательная активность (НДА).

Установлено, что двигательная активность крыс в тесте ОП коррелирует с силой возбудительного процесса [30; 32, 33]. Поэтому можно заключить, что животные - «амбидекстры» с НДА характеризуются пассивно-оборонительной формой поведения, что, согласно Н.М. Хоничевой с соавт. (1984), свидетельствует о слабом тормозном типе нервной системы, животные с левосторонней моторной асимметрией и ВДА характеризуются активно-оборонительным характером поведения, что позволяет отнести их к сильному неуравновешенному типу нервной системы, а животных - «правшей» со СДА можно отнести к сильному уравновешенному типу нервной системы [34].

Таким образом, различие в моторной асимметрии крыс выделенных групп может быть связано с силой нервных процессов в ЦНС. Вместе с тем, моторная асимметрия характерна для животных разных поведенческих групп, что свидетельствует о значении особенностей взаимодействия больших полушарий в организации индивидуального поведения.

Изменение двигательной активности животных с разным профилем моторной асимметрии в условиях гипокинезии. Как показали результаты исследований, экспериментальное воздействие ГК вызвало выраженные изменения изученных показателей поведенческих реакций животных с разным ИПФС (рис. 1).

При ограничении подвижности животных – «правшей» произошло увеличение локомоторной активности относительно значений этих показателей у интактных крыс в течение всего эксперимента. Максимальное значение ГДА зарегистрировано на 4-е сутки эксперимента, когда превысило значение этого показателя у контрольных крыс в 4,2 раза ($p<0,05$). В конце эксперимента значение ГДА

превысило данные, зафиксированные у интактных крыс в 2,5-3 раза ($p < 0,001$). ВерДА максимально возросла на 8-е сутки ограничения подвижности и превысила уровень контрольных значений в 6 раз ($p < 0,001$). Частота актов дефекации также продолжала увеличиваться в 3,5-4,5 раза ($p < 0,001$) относительно значений соответствующего показателя у животных контрольной группы.

У животных – «амбидекстров», подвергнутых ограничению подвижности, двигательная активность в ОП возрастала в еще большей степени по сравнению с исходными значениями и данными в контрольной группе животных. Увеличение вертикального и горизонтального компонентов двигательной активности происходило в определенной последовательности. В первые сутки эксперимента регистрировалось повышение ГДА на 53% ($p < 0,02$) и частоты дефекаций на 10% ($p < 0,05$) на фоне снижения количества вертикальных стоек в 3 раза ($p < 0,01$) относительно значений в контрольной группе животных. Максимальное значение ВерДА зафиксировано на 3-и сутки ограничения подвижности, когда оно в 5 раз превысило уровень контрольных значений ($p < 0,05$). Необходимо отметить, что значения ГДА и ВерДА находились выше исходного и контрольного значений на протяжении всего эксперимента, причем, наиболее резкие формы двигательного возбуждения наблюдались по ГДА, максимум которой зарегистрирован на 4-е и 7-е сутки эксперимента, когда его значение более, чем в 4 раза превышало контрольные данные ($p < 0,001$). В эти же сроки наблюдения обнаружено увеличение количества реакций дефекации по сравнению с контролем.

Такие изменения поведенческих реакций у «правшей» и «амбидекстров» свидетельствуют об увеличении возбудимости центральной нервной системы, что характерно для первой стадии гипокинетического стресса – стадии тревоги.

При ограничении подвижности крыс – «левшей» обнаружена картина, принципиально отличающаяся от описанной для крыс с другим профилем моторной асимметрии. Тестирование в ОП после первых суток ограничения подвижности выявило достоверное снижение ГДА на 41% ($p < 0,001$) и тенденцию к снижению ВерДА относительно соответствующих показателей у животных контрольной группы. В последующие дни эксперимента снижение общей двигательной активности было более выражено, чем у интактных животных. Так, на 4-е сутки ограничения подвижности ВерДА составила всего 33%, а на 6-е сутки ГДА – 41% от значений этого показателя в контроле ($p < 0,001$). На фоне угнетения двигательной активности у животных этой группы происходило существенное увеличение количества актов дефекации. Это явление было особенно выражено на 4-е сутки эксперимента, когда частота реакций дефекации превысила уровень контрольных значений в 6 раз ($p < 0,001$).

Такие разнонаправленные изменения изучаемых поведенческих реакций у крыс выделенных групп под влиянием ГК, вероятно, связаны с разным типом ИПФА и исходным уровнем двигательной активности животных.

Принимая во внимание литературные [3, 7, 35] и собственные данные, очевидно, что у крыс «правшей» и «амбидекстров», у которых зарегистрирован наиболее значительный рост обоих компонентов двигательной активности при ГК, а, следовательно, возрастание возбудимости, поведенческие реакции на хронический стресс являются наиболее адаптивными. Наоборот, у крыс – «левшей»

зарегистрировано значительное снижение двигательной активности в ОП, т.е. уменьшение возбудимости. По-видимому, в ответ на сильные (в данном случае ГК) воздействия у животных этой группы развивалось запредельное торможение.

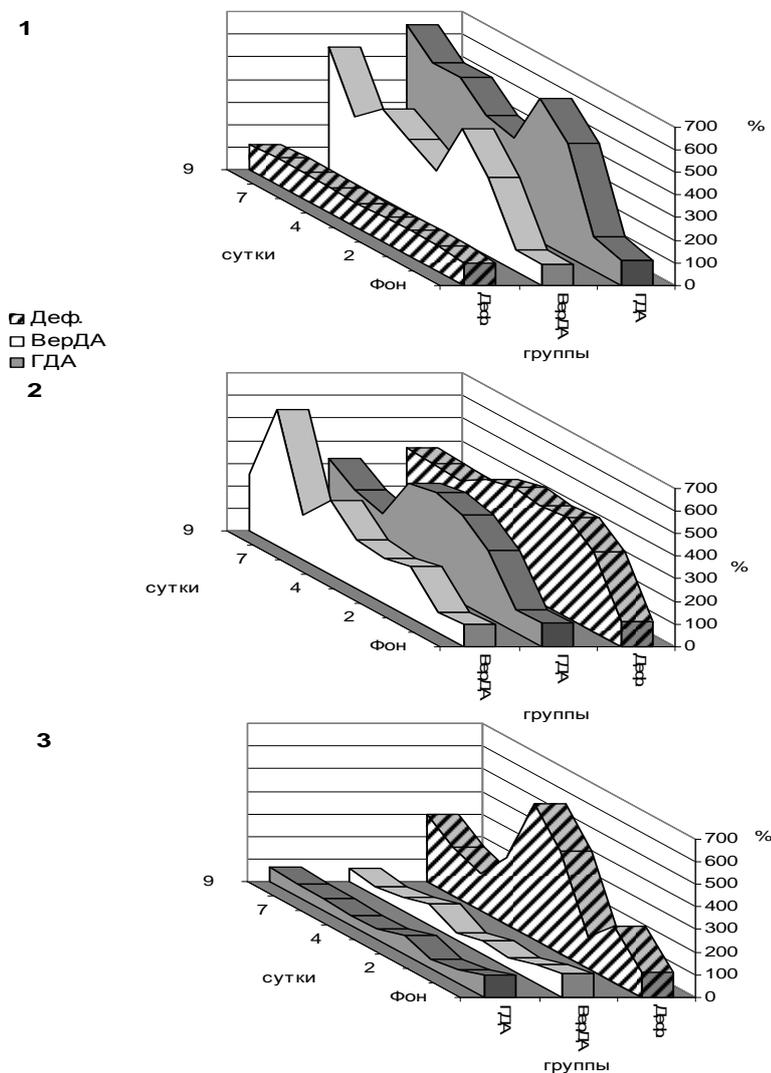


Рис. 1. Изменение горизонтальной (ГДА), вертикальной (ВерДА) двигательной активности и количества реакций дефекации (Деф.) у крыс «амбидекстров» (1), «правшей» (2), «левшей» (3) при действии гипокинезии (в % относительно значений этих показателей в контрольной группе животных, принятых за 100%).

Следовательно, ограничение подвижности крыс – «левшей» с ВДА привело к резкому снижению обоих компонентов двигательной активности и увеличению количества реакций дефекации, что указывает на развитие процессов торможения в ЦНС.

В настоящем исследовании установлено, что ограничение подвижности крыс вызывает и изменение эмоциональной сферы. У «амбидекстров» и «правшей» происходило компенсаторное увеличение горизонтальной и вертикальной двигательной активности и реакции дефекации, напротив, у крыс - «левшей» наблюдалось значительное снижение обоих компонентов двигательной активности на фоне повышения реакции дефекации, что свидетельствует о развитии различных эмоциональных реакций у животных: у «амбидекстров» и «правшей» - эмоциональной реакции тревожности; у левшей» - страха [30, 31, 36].

Негативные эмоциональные состояния типа страха или повышенной тревожности рассматриваются в настоящее время в качестве одной из главных причин низкой стрессоустойчивости и привлекают внимание многих исследователей [32, 37], поскольку именно они во многом предопределяют дальнейшее развитие адаптационных процессов во всех функциональных системах [38].

Изменение коэффициента моторной асимметрии у крыс с разным профилем моторной асимметрии в условиях гипокинезии. Настоящим исследованием доказано, что развитие гипокинетического стресса у крыс привело к значительному изменению коэффициентов моторной асимметрии в тесте ОП, вплоть до инверсии их знаков (рис. 2). Известно, что латерализация поведенческих реакций животных, определяющая формирование моторной асимметрии, является отражением МПА головного мозга [39]. Следовательно, у животных, подвергшихся гипокинетическому стрессу, обнаружена инверсия МПА.

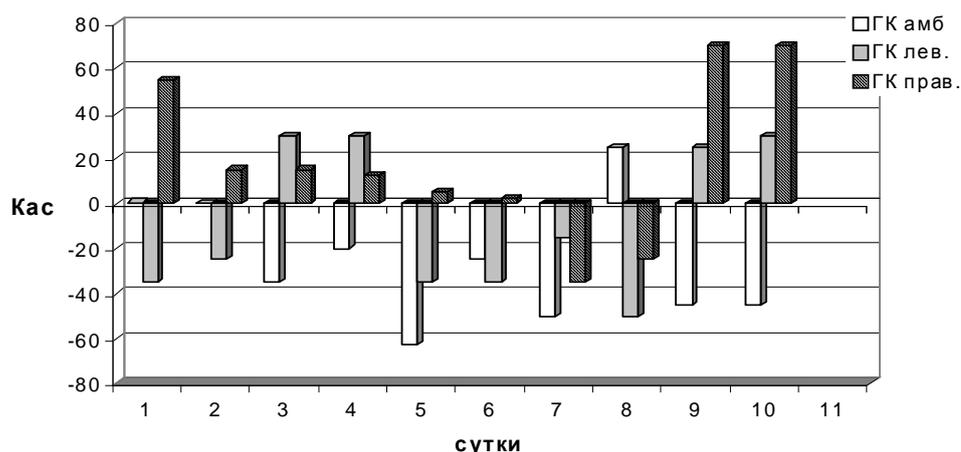


Рис. 2. Изменение коэффициентов моторной асимметрии (Kac) у крыс с правосторонней (прав.), левосторонней (лев.) моторной асимметрией и амбидекстров (амб.) при воздействии гипокинезии (ГК) в разные сроки эксперимента.

Так, у крыс с выраженной моторной асимметрией («правшей» и «левшей») 9-тисуточная ГК нивелировала различия между ними по признаку Kac, и животные этих фенотипических групп к концу наблюдения приобрели правостороннюю

моторную латерализацию ($Kac > 20$), т.е. доминирующим стало ЛевП головного мозга. Вероятно, это может быть связано с тем, что преимущественная активация ЛевП, главным образом его передних отделов, происходит при столкновении человека или животных с новой, сложной ситуацией [32, 40].

У крыс с исходно не выраженной моторной латерализацией (исходный $Kac = 0,5 \pm 0,05$ усл.ед.) Kac изменялся и в течение 7-8-х суток эксперимента достиг положительных значений, а к 9-м суткам стал отрицательным.

ВЫВОД

Известно, что у сформировавшегося организма функциональные асимметрии приобретают относительно стабильный характер, однако, могут претерпевать изменения при различных внешних воздействиях, что имеет большое значение в обеспечении процессов адаптации [41, 42]. Поскольку МПА реализуется по принципу доминанты [17], то, возможно, что стресс-реакция на ограничение подвижности привела к развитию запредельного торможения в доминантном полушарии, тогда как в противоположном полушарии происходило повышение возбудимости по механизму положительной индукции. В результате имела место инверсия доминирующего полушария и, как следствие, изменение знака коэффициента асимметрии.

Список литературы

1. Is immobility of rats in the forced swim test "behavioural despair"? / H. Nishimura, A. Tsuda, M. Oguchi [et al.] // *Physiol. and Behav.* – 1988. – Vol. 42, № 1. – P. 93-95.
2. Юматов Е.А. Прогностические критерии ориентировочно-исследовательской активности животных / Е.А. Юматов, К.В. Судакова, В.И. Петрова // *Эмоциональный стресс. Физиологические и медико-социальные аспекты.* – Волгоград, 1997. – С. 47–59.
3. Куликов В.П. Влияние различных двигательных режимов, модулирующих спонтанную активность, на поведение крыс / В.П. Куликов, В.И. Киселев, И.В. Конев // *ЖВНД.* – 1993. – Т. 43, №2. – С. 398-405.
4. Судаков К.В. Антистрессорные эффекты пептида, вызывающего δ -сон / К.В. Судаков // *Физиол. журн. СССР.* – 1991. – Т. 77, № 3. – С. 1-13.
5. Коплик Е.В. Метод определения критерия устойчивости крыс к эмоциональному стрессу / Е.В. Коплик // *Вестник новых медицинских технологий.* – 2002. – Т. 9, № 1. – С.16-18.
6. Чутливість до тонічного болю і анальгін у двох ліній мишей з порушенням генотипом / Ю.П. Лиманський, З.А. Тамарова, Л.І. Лиманська [та ін.] // *Фізіологічний журн.* – 2004. – Т. 50, № 5. – С. 57-63.
7. Юматов Е.А. Прогнозирование устойчивости к эмоциональному стрессу на основе индивидуального поведения / Е.А. Юматов, О.А. Мещерякова // *ЖВНД.* – 1990. – Т. 40, № 3. – С. 575-579.
8. Вальдман А.В. Фармакологическая регуляция эмоционального стресса / Вальдман А.В., Козловская М. М., Медведев О.С. – М.: Медицина, 1979. – 360 с.
9. Кулагин Д.А. Нейрохимические аспекты эмоциональной реактивности и двигательной активности крыс в новой обстановке / Д.А. Кулагин, Б.К. Болондинский // *Успехи физиологических наук.* – 1986. – №1. – С. 92-110.
10. Судаков К.В. Системные механизмы эмоционального стресса / К.В. Судаков, Е.А. Юматов, А.С. Ульяновский – Кишинев: Штиица, 1987. – С. 52-79.
11. Айропетянц М.Г. Неврозы в эксперименте и клинике / М.Г. Айропетянц, А.М. Вейн - М.: Наука. – 1982. – 272 с.

12. Брагин Е.О. Нейрохимические механизмы регуляции болевой чувствительности / Брагин Е.О. – М.: Изд-во Ун-та дружбы народов, 1991. – 247 с.
13. Семенович А.В. Нейропсихологический подход к типологии онтогенеза / А.В. Семенович, А.А. Цыганок // Нейропсихология сегодня. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – С. 170-183.
14. Исследование влияния фактора ведущего глаза на параметры спектра ЭЭГ и психологические показатели у правшей / А.В. Берус, О.И. Иващенко, А.Б. Журавлев [и др.] // Физиология человека. – 1997. – Т. 23, № 2. – С. 50-59.
15. Трофимова Е.В. Особенности межполушарного взаимодействия у правшей и левшей по данным когерентного анализа ЭЭГ / Е.В. Трофимова // ЖВНД. – 2000. – Т. 50, № 6. – С. 943-951.
16. Удалова Г.П. Участие правого и левого полушарий в реализации лабиринтного навыка у мышей-самцов линии BFLD/c / Г.П. Удалова // ЖВНД. – 1996. – Т. 46, вып. 1. – С. 84-91.
17. Бианки В.Л. Механизмы парного мозга / Бианки В.Л. – Л.: Наука, 1989. – 352 с.
18. Клименко Л.Л. Системная организация функциональной межполушарной асимметрии. Зеркало асимметрии / Л.Л. Клименко, А.И. Деев, О.В. Протасова // Биофизика. – 1999. – Т. 44, № 5. – С. 916-920.
19. Удалова Г.П. Об участии полушарий в формировании пространственно-моторной асимметрии при зрительном распознавании у крыс / Г.П. Удалова, В.В. Михеев // ЖВНД. – 1988. – Т. 38, вып. 3. – С. 467-474.
20. Коваленко Е.А. Гипокинезия / Е.А. Коваленко, Н.Н. Гуровский. – М.: Медицина, 1980. – 307 с.
21. Dubuisson D. The formalin test: a quantitative study of the analgesic effects of morphine, meperidine and brainstem stimulation in rats and cats / D. Dubuisson, S.G. Dennis – 1997. – Vol. C 4. – P. 161–164.
22. Dual effect of serotonin on formalin-induced nociception in the rat spinal cord / Т. Oyama, Y. Ueda, Y. Kuraishi [et. al.] // Neuroscience Research. – 1996. – Vol. 25. – P. 129–135.
23. Луцюк М.В. Свідощтво про реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму для реєстрації, обробки і автоматизованого аналізу тривалості та частоти різних видів поведінкових реакцій у тварин № 19243 від 18.01.2007 р. / М.В. Луцюк, Е.Р. Джелдубаева // Бюл. № 1.
24. Time-dependent melatonin analgesia in mice: inhibition by opiate or benzodiazepine antagonist / D.A. Golombek, E. Escolar, L.J. Burin [et al.] // Eur. J. Pharmacol. – 1991. – Vol. 194, № 1. – P. 25–30.
25. Pineal opioid receptors and analgesic action of melatonin / М. Ebadi, P. Govitrapong, Phansuwan-Pujito [et al] // Pineal. Res. – 1998. – Vol. 24, № 4. – P. 193–200.
26. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. / Боровиков В. - 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
27. Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных: [учебное пособие] / Наследов А.Д. – СПб.: Речь, 2004. – 392 с.
28. Новиков Д.А. Статистические методы в медико-биологическом эксперименте (типовые случаи) / Д.А. Новиков, В.В. Новачодов – Волгоград: Изд-во Волгу, 2005. – 84 с.
29. Бондаренко О.М. Влияние различных методик стрессирования и адаптации на поведенческие и соматические показатели у крыс / О.М. Бондаренко, Е.Б. Манухина // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1999. – Т. 126, № 8. – С. 157-160.
30. Маркель А.Л. К оценке основных характеристик поведения крыс в тесте “открытого поля” / А.Л. Маркель // ЖВНД. – 1981. – Т. 31, № 2. – С. 301-307.
31. Семагин В.Н. Тип нервной системы. Стрессоустойчивость и репродуктивная функция / Семагин В.Н., Зухарь А.В., Куликов М.А. – М.: Наука, 1988. – 133 с.
32. Симонов П.В. Модификация типологии Айзенка для крыс / П.В. Симонов // ЖВНД. – 1984. – Т. 5. – С. 953–957.
33. Кулагин Д.А. Эмоциональность и типологические свойства нервной системы у крыс / Д.А. Кулагин // Дифференциальная психология и ее генетические аспекты. – М.: Наука, 1975. – С. 74.
34. Хоничева Н.М. Индивидуальные особенности поведения крыс: проявления тревожности / Н.М. Хоничева, И.А. Дмитриева, А.А. Хрущинская // ЖВНД. – 1984. – Т. 34, № 3. – С. 537–545.
35. Слоним А.Д. Виды и формы адаптивного поведения животных. Руководство по физиологии. Физиология поведения. Нейрофизиологические закономерности / А.Д. Слоним. – Л.: Наука, 1986. – С. 23-79.
36. Бондаренко О.М. Влияние различных методик стрессирования и адаптации на поведенческие и соматические показатели у крыс / О.М. Бондаренко, Е.Б. Манухина // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1999. – Т. 126, № 8. – С. 157-160.
37. Вартамян Г.А. Эмоции и поведение / Г.А. Вартамян, Е.С. Петров – Л.: Наука, 1989. – 144 с.

38. Панин Л.Е. Биохимические механизмы стресса / Панин Л.Е. – Новосибирск: Наука, 1983. – 232 с.
39. Клименко Л.Л. Системная организация функциональной межполушарной асимметрии. Зеркало асимметрии / Л.Л. Клименко, А.И. Деев, О.В. Протасова // Биофизика. – 1999. – Т. 44, № 5. – С. 916-920.
40. Маликова А.К. Спектрально-корреляционные характеристики электрической активности мозга кролика при жажде / А.К. Маликова, В.Н. Мац // Журн. высш. нерв. деят. – 1991. – Т. 41, № 2. – С. 348.
41. Абрамов В.В. Асимметрия нервной, эндокринной и иммунной систем / В.В. Абрамов, Т.Я. Абрамова. - Новосибирск, 1996. – 267 с.
42. Егоров М.Ю. Функциональная асимметрия мозга и важность развития клинического направления в эволюционной физиологии / Егоров М.Ю. – Спб.: Наука, 2000. – 159 с.

Чуян О.М. Поведінкові реакції тварин із різним профілем моторної асиметрії в умовах хронічного і гострого стресу / О.М. Чуян, О.І. Горна // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 194-204.

Досліджено зміни поведінкових реакцій тварин із різним профілем моторної асиметрії в умовах ізольованої дії хронічного гіпокінетичного та гострого больового стрес-факторів, а також їх комбінації. Доведено, що профіль моторної асиметрії може бути критерієм їх чутливості до стресорних впливів.

Ключові слова: індивідуальна чутливість, моторна асиметрія, поведінкові реакції, емоційні реакції, рухова активність.

Chuyan E.N. The behavioural reactions of animals with the varied type of motor asymmetry under the circumstances of chronic and pain stresses / E.N. Chuyan, O.I. Gornaya // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. Series : Biology. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 194-204.

The changes of animals with the varied type of motor asymmetry behavioural reactions under the circumstances of chronic hypokinetic and sharp pain stress-factors isolated influence and their combination are studied.

It is shown that the type of motor asymmetry can serve the criterion of their sensitiveness to the stress influences.

Keywords: individual sensibility, motor activity, behavioral reactions, emotional reactions, motor activity.

Поступила в редакцію 23.10.2010 г.

УДК 711-007-5:615.82

ПРОБЛЕМЫ РЕАБИЛИТАЦИИ ДЕТЕЙ С ДЕТСКИМ ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ ПАРАЛИЧОМ В УСЛОВИЯХ ДНЕВНОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО СТАЦИОНАРА

Шрамко Ю.И., Черная В.Н., Кувейда В.В.

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

Проблемы реабилитации детей с детским церебральным параличом в условиях дневного специализированного стационара. Результаты исследования свидетельствуют об эффективности применения программы реабилитации с использованием профилактора Евминова у детей страдающих спастической диплегией легкой степени, осложненной S-образным шейно-грудным сколиозом II степени в условиях дневного специализированного стационара.

Ключевые слова: детский церебральный паралич, физическая реабилитация, лечебная физическая культура, профилактор Евминова.

ВВЕДЕНИЕ

В Украине проживает до 30 тысяч лиц, которые страдают ДЦП, из них 18 836 детей в возрасте до 16 лет [1]. Слабость и асимметрический тонус мышц, контрактуры, деформации конечностей у детей с церебральным параличом приводят к формированию уже в раннем возрасте сколиоза [2, 3]. Развитие сколиоза у детей с церебральным параличом усложняет течение основного заболевания, которое требует соответствующих изменений реабилитационных мероприятий [4].

Учитывая актуальность данной проблемы, целью работы явилось обосновать эффективность корригирующего действия физических упражнений для детей младшего школьного возраста с церебральным параличом, осложненным сколиозом I-II степени.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Определить особенности функционального состояния позвоночника, кардиореспираторной системы и физического развития детей с церебральным параличом, осложненным сколиозом II степени.

2. Определить эффективность влияния разработанной программы физической реабилитации на функциональное состояние позвоночника, кардиореспираторной системы и физическое развитие детей с церебральным параличом, осложненным сколиозом II степени.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалы работы получены при проведении исследований в неврологическом отделении 3-й детской городской клинической больницы г. Симферополя на протяжении

3 месяцев курсами по 20 дней с перерывами 10 дней Для определения динамических изменений были отобраны 20 детей в возрасте 9 лет со спастической диплегией легкой степени, осложненной S-образным шейно-грудным сколиозом II степени.

Обследуемые пациенты были разделены на две группы:

1-ая группа (n=10) контрольная; коррекционные мероприятия в данной группе включали лечебную гимнастику, массаж, физиотерапию по методике, которая утверждена к использованию для детей данной нозологии.

2-ая группа (n=10) занималась по предложенной нами программе физической реабилитации.

В обеих группах проводили определение следующих показателей: рост (см) вес (кг), угол сколиоза⁰); определение мышечного тонуса в баллах по шкале Ашворса; определение статической выносливости мышц спины (с); определение функциональных резервов кардиореспираторной системы с помощью пробы по Шалкову(определялись ЧСС покоя, ЧСС нагрузки, % учащения); проводилось определение физического развития непрямой метод с вычислением коэффициента физического развития F и адаптационные возможности организма к гипоксии по результатам проб Штанге и Генчи [3]. Определяла также электрофизиологическая активность коры головного мозга с анализом процентного содержания альфа- и тета-ритмов. Основной формой лечебного двигательного режима в обеих группах было занятие лечебной гимнастикой с преимущественным применением корригирующих упражнений. Занятия проводились малогрупповым методом, 5 раз в неделю, на протяжении 3 месяцев. Продолжительность занятий ЛФК в контрольной группе – 30мин. В основной группе дополнительно к использованию вышеперечисленных методик проводили занятия на профилакторе Евминова, которые включали в комплекс ЛФК. Общая продолжительность занятий ЛФК в основной группе составляла 45-50 мин. Через 2 часа после занятий ЛФК больным обеих групп проводились парафиновые аппликации вдоль позвоночника на проекцию сегментов верхних (C₂-T₅) и нижних конечностей (L₁-S₁), чередуя через день с аппликациями на нижние конечности (высокие «сапожки»). Через один час после парафиновых аппликаций пациенты обеих групп получали ручной массаж вдоль позвоночника с акцентом на сегменты верхних (C₂-T₅) и нижних конечностей (L₁-S₁), через день, чередуя с массажем нижних конечностей (стимуляция гипотоничных, ослабленных мышц, расслабление спастичных мышц), по методике К.А. Семеновой [5].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование показателей физического развития свидетельствует о том, что дети с церебральным параличом достоверно отстают от своих здоровых ровесников по таким показателями, как масса и длина тела. Отставание в длине тела находилось в пределах 15,83% для контрольной группы и 16,7% для основной группы по сравнению с возрастной нормой. Отставание в массе тела составило 32,1% для контрольной и 31% для основной группы (табл. 1).

Коэффициент F физического развития у детей контрольной группы составлял $0,46 \pm 0,04$ балла, и основной $0,46 \pm 0,03$ балла, что расценивается как физическое развитие ниже нормы. Тестирование показало, что у обследованных детей,

сравнительно со здоровыми, значительно сниженная статическая силовая выносливость мышц спины и живота, которые принимают участие в формировании ортоградной позы. Так, показатель статической силовой выносливости мышц спины равнялся $10,13 \pm 0,40$ с, живота $8,0 \pm 0,41$ с в контрольной группе и $10,00 \pm 0,40$ с (выносливость мышц спины) и $8,3 \pm 0,41$ с (выносливость мышц брюшного пресса) в основной группе, что составило около 50% от показателей здоровых детей.

Таблица 1
Состояние основных показателей в контрольной и основной группах детей со спастической диплегией, осложненной сколиозом I-II степени до проведения реабилитации

Показатели	Группы	
	основная группа	контрольная группа
рост (см)	$101,2 \pm 2,1$	$100,3 \pm 2,6$
масса тела (см)	$19,1 \pm 1,8$	$19,3 \pm 1,8$
$\alpha^{(0)}$	$20,5 \pm 2,3$	$21,4 \pm 1,4$
спина (с)	$10,3 \pm 0,4$	$10 \pm 0,4$
живот (с)	$8 \pm 0,4$	$8,3 \pm 0,4$
тонус мышц (баллы)	1,75	1,75
ЧССпокоя (уд/мин)	$103,4 \pm 2,2$	$102,9 \pm 2,2$
ЧССнагрузки (уд/мин)	$199 \pm 3,4$	199 ± 3
АДсист. (мм рт. ст.)	$110,3 \pm 0,8$	$110,2 \pm 0,8$
АДдиаст. (мм рт. ст.)	$60,1 \pm 1,3$	$60,1 \pm 1$
ЖЕЛ (л)	$1,3 \pm 0,1$	$1,36 \pm 0,3$
ЖЕЛ/ДЖЕЛ (%)	$65,1 \pm 1,5$	$64,6 \pm 1,3$
ЧДД (движ./мин)	$25,2 \pm 1$	$25,6 \pm 1$
Штанге (с)	$13,4 \pm 1,7$	$13,4 \pm 1,7$
Генча (с)	$7 \pm 0,4$	$7 \pm 0,4$
F	$0,46 \pm 0,04$	$0,46 \pm 0,03$
представительство альфа-ритма (%)	$20,9 \pm 5,5$	$20,9 \pm 5,5$
представительство тета-ритма (%)	$69,4 \pm 6,3$	$69,4 \pm 6,3$
частота альфа-ритма (имп/с)	$8,0 \pm 0,1$	$8,2 \pm 0,1$
амплитуда альфа-ритма (мкВ)	$20,0 \pm 1,9$	$23,2 \pm 1,9$

Анализ результатов антропометрических измерений подтвердил наличие деформации позвоночника. У детей с ДЦП угол сколиоза составил $20,5 \pm 2,3^0$ в контрольной группе и $21,4 \pm 1,4^0$ в основной группе, что подтверждает наличие II

степени сколиоза. При исследовании функционального состояния органов дыхания у детей со спастической диплегией установлено достоверное уменьшение отношения величины фактической жизненной емкости легких (ЖЕЛ) к величине должной жизненной емкости легких (ДЖЕЛ) на $65,1 \pm 1,52\%$ в контрольной группе и на $64,6 \pm 1,32\%$ в основной группе. Эти изменения наблюдались на фоне увеличения частоты дыхания (ЧДД) на 28% в контрольной и основной группах.

У детей ДЦП в обеих исследуемых группах наблюдалось снижение адаптации организма к гипоксии, как за счет основного заболевания, так и вследствие сколиотической деформации грудной клетк. Исследование показателей физического развития свидетельствует о том, что дети с церебральным параличом достоверно отстают от своих здоровых ровесников по таким показателями, как масса и длина тела. Отставание в длине тела находилось в пределах 15,83% для контрольной группы и 16,7% для основной группы по сравнению с возрастной нормой. Отставание в массе тела составило 32,1% для контрольной и 31% для основной группы. Коэффициент F физического развития у детей контрольной группы составлял $0,46 \pm 0,04$ балла, и основной $0,46 \pm 0,03$ балла, что расценивается как физическое развитие ниже нормы. Тестирование показало, что у обследованных детей, сравнительно со здоровыми, значительно сниженная статическая силовая выносливость мышц спины и живота, которые принимают участие в формировании ортоградной позы. Так, показатель статической силовой выносливости мышц спины равнялся $10,13 \pm 0,40$ с, живота $8,0 \pm 0,41$ с в контрольной группе и $10,00 \pm 0,40$ с (выносливость мышц спины) и $8,3 \pm 0,41$ с (выносливость мышц брюшного пресса) в основной группе, что составило около 50% от показателей здоровых детей.

Анализ результатов антропометрических измерений подтвердил наличие деформации позвоночника. У детей с ДЦП угол сколиоза составил $20,5 \pm 2,3^{\circ}$ в контрольной группе и $21,4 \pm 1,4^{\circ}$ в основной группе, что подтверждает наличие II степени сколиоза. При исследовании функционального состояния органов дыхания у детей со спастической диплегией установлено достоверное уменьшение отношения величины фактической жизненной емкости легких (ЖЕЛ) к величине должной жизненной емкости легких (ДЖЕЛ) на $65,1 \pm 1,52\%$ в контрольной группе и на $64,6 \pm 1,32\%$ в основной группе. Эти изменения наблюдались на фоне увеличения частоты дыхания (ЧДД) на 28% в контрольной и основной группах.

У детей ДЦП в обеих исследуемых группах наблюдалось снижение адаптации организма к гипоксии, как за счет основного заболевания, так и вследствие сколиотической деформации грудной клетки. Показатели пробы Штанге были снижены на 60% от должных значений в контрольной группе и на 62,4% в основной группе. Показатели пробы Генча также были ниже нормальных значений на 46% в контрольной группе и на 52,3% в основной группе.

Соответствующей реакцией организма детей на изменения функционального состояния дыхательной системы явилось увеличение частоты сердечных сокращений в покое в контрольной группе до $103,43 \pm 2,16$ уд/мин, что на 11,2% выше, чем показатель здоровых детей. В основной группе детей, страдающих ДЦП, также наблюдалась тахикардия в покое до $102,9 \pm 2,2$ уд/мин, превышающая норму на 11%. При проведении дифференцированной функциональной пробы по Шалкову

процент учащения пульса после выполнения нагрузки (ЧСС нагр.) составлял 93,2% в контрольной группе и 93% в основной группе ($p < 0,01$). Не наблюдалось восстановления пульса в обеих группах пациентов после 5 минут отдыха (ЧСС 5мин); в контрольной и основной группах он превышал исходный на 12,7%.

Показатели пробы Штанге были снижены на 60% от должных значений в контрольной группе и на 62,4% в основной группе. Показатели пробы Генча также были ниже нормальных значений на 46% в контрольной группе и на 52,3% в основной группе.

Исследование электрической активности головного мозга детей, страдающих спастической диплегией, показало, что у пациентов обеих групп наблюдается преобладание τ -ритма со снижением амплитуды и частоты $\acute{\alpha}$ -ритма, что характерно для гипертензионно-гидроцефального синдрома, часто сопровождающего ДЦП.

Полученные результаты педагогического эксперимента свидетельствуют о том, что разработанная программа физической реабилитации для детей со спастической диплегией, осложненной сколиозом I-II степени, позволила улучшить функциональное состояние позвоночника, положительно повлияла на кардиореспираторную систему и физическое развитие.

Прежде всего, у детей основной группы, занимавшихся по предложенной нами программе, по окончании курса реабилитации наблюдалось достоверное улучшение показателей физического развития, что подтверждается достижением коэффициента F возрастной нормы для детей 9 лет основной группы ($p < 0,05$). Улучшение показателей физического развития, по нашему мнению, связано, главным образом, со снижением спастичности до 0,56 баллов под действием комплекса гимнастических упражнений на профилакторе Евминова, направленного на создание мышечного корсета при помощи укрепления различных групп мышц в состоянии разгрузки позвоночника. Последнее подтверждается возросшими в контрольной группе показателями мышечной выносливости, которые превышали исходные на 87% (мышцы спины) ($p < 0,001$) и на 45,8% (мышцы брюшного пресса) ($p < 0,01$), а также достоверным увеличением массы тела детей данной группы на 34,2% по сравнению с исходной ($p < 0,05$).

Использование предложенной программы реабилитации также привело к уменьшению угла сколиоза у детей основной группы до $14,6 \pm 1,4$, что меньше исходных показателей на 30 % ($p < 0,01$).

Кроме того, физическое развитие тесно связано с деятельностью кардиореспираторной системы, показатели которой также претерпели ряд достоверных положительных изменений. Частота сердечных сокращений в покое достигла возрастной нормы, а также нормализовались показатели дифференцированной функциональной пробы по Шалкову (время восстановления ЧСС сократилось до 5 мин, что соответствует норме). Также произошла нормализация значений артериального давления.

Положительное влияние предложенной программы реабилитации проявилось также при адаптации организма детей основной группы к гипоксии. На последнее указывало увеличение показателей пробы Штанге на 101% ($p < 0,001$), а пробы Генчи – на 57,1 %. Увеличение адаптационных возможностей к гипоксии выражалось также в

уменьшении частоты дыхательных движений в данной группе пациентов на 25 % от исходных значений ($p < 0,01$). Мы полагаем, что адаптационные возможности пациентов со спастической диплегией, осложненной сколиозом I-II степени улучшились как за счет уменьшения сколиотической деформации грудной клетки и увеличения мышечной выносливости, так и за счет увеличения основных легочных объемов.

Таблица 2

Состояние основных показателей в контрольной и основной группах детей со спастической диплегией, осложненной сколиозом I-II степени после проведения реабилитации

Показатели	Группы	
	контрольная группа	основная группа
рост (см)	102,9±5,6	104,6±2
масса тела (см)	21,9±1,1	25,9±1,6
$\alpha^{(0)}$	18±2,3	14,6±1,4
спина (с)	15±1,3	18,7±0,5
живот (с)	9,9±0,1	12,1±1,2
тонус мышц (баллы)	1,78	0,56
ЧССпокоя (уд/мин)	101,2±3,5	87,9±2
ЧССнагрузки (уд/мин)	199,3±0,9	117,7±5,7
АДсист. (мм рт. ст.)	110,2±0,8	104,1±0,9
АДдиаст. (мм рт. ст.)	60,0±1,2	60,1±1
ЖЕЛ (л)	1,58±0,1	1,95±0,1
ЖЕЛ/ДЖЕЛ (%)	79,1±1,1	97,5±1,4
ЧДД (движ./мин)	23,8±1,2	19,4±0,1
Штанге (с)	15,3±1,7	27±3
Генча (с)	9±0,9	11±2
F	0,48±0,04	0,6±0,01
представительство альфа-ритма (%)	28,7 ±5,4	39,1±6,7
представительство тета-ритма (%)	60,3±6,6	48,1±6,8
частота альфа-ритма (имп/с)	8,2±0,1	8,8±0,1
амплитуда альфа-ритма (мкВ)	24,6±1,9	38,3±2,1

Последнее утверждение подтверждалось достижением возрастной нормы ЖЕЛ в указанной группе пациентов. В процессе лечения у пациентов основной группы отмечалось увеличение представительства α -ритма с 20,9±5,5 до 39,1±6,7% ($p < 0,05$), соответственное уменьшение представительства τ -ритма с 69,4±6,3 до 48,1±6,8% ($p < 0,05$). В группе с применением профилактиктора Евминова в комплексном лечении

достоверно увеличилась частота α -ритма с $8,2 \pm 0,1$ до $8,8 \pm 0,1$ в секунду, возросла амплитуда α -ритма с $23,2 \pm 1,9$ до $38,3 \pm 2,1$ мкВ в обоих случаях ($p < 0,05$). Разница достоверна по сравнению с показателями до и после лечения в контрольной группе ($p < 0,05$). Анализ данных ЭЭГ выявил наличие положительного влияния предложенной нами программы реабилитации на биоэлектрическую активность головного мозга, которая приблизилась к «ЭЭГ-картине» возрастной нормы. Данная динамика была наиболее выражена в основной группе (табл. 2).

Проведенные исследования эффективности разработанной программы физической реабилитации подтверждают данные о ее достоверном преимуществе в сравнении с традиционной и позволяют повысить эффективность реабилитации детей младшего школьного возраста со спастической диплегией, осложненной сколиозом I-II степени.

ВЫВОДЫ

1. Проведенные исследования эффективности разработанной программы физической реабилитации подтверждают данные о ее достоверном преимуществе в сравнении с традиционной и позволяют повысить эффективность реабилитации детей младшего школьного возраста со спастической диплегией, осложненной сколиозом I-II степени.
2. Исследование основных показателей детей младшего школьного возраста со спастической диплегией, осложненной сколиозом I-II степени свидетельствует о том, что дети с церебральным параличом отстают от своих здоровых ровесников по физическому развитию (коэффициент F физического развития у детей контрольной группы составлял $0,46 \pm 0,04$ балла, и основной $0,46 \pm 0,03$ балла, что расценивается как физическое развитие ниже нормы), статической силовой выносливости мышц (50% от показателей здоровых детей ($p < 0,05$), а также по важнейшим показателям кардиореспираторной системы (установлено уменьшение отношения величины ЖЕЛ к ДЖЕЛ на $65,1 \pm 1,52\%$ в контрольной группе и на $64,6 \pm 1,32\%$ в основной группе ($p < 0,05$). Эти изменения наблюдались на фоне увеличения ЧДД на 28% в контрольной и основной группах ($p < 0,05$) и увеличения ЧСС в покое на 11,2% по сравнению с показателями здоровых детей. Не наблюдалось восстановления пульса в обеих группах пациентов после 5 минут отдыха после проведения дифференцированной функциональной пробы по Шалкову; в контрольной и основной группах пульс превышал исходный на 12,7% ($p < 0,05$).
3. Разработанная программа физической реабилитации положительно повлияла на функциональное состояние позвоночника, кардиореспираторной системы и физическое развитие детей с церебральным параличом, осложненным сколиозом II степени. Последнее подтверждается достижением коэффициента F возрастной нормы для детей 9 лет основной группы ($p < 0,05$), возросшими в контрольной группе показателями мышечной выносливости, которые превышали контрольные на 74% (мышцы спины) ($p < 0,001$) и на 22% (мышцы брюшного пресса) ($p < 0,05$), а также достоверным увеличением массы тела детей данной группы на 18 % по сравнению с контрольной ($p < 0,05$). Использование

предложенной программы реабилитации также привело к уменьшению угла сколиоза у детей основной группы меньше контрольных показателей на 18,8 % ($p < 0,01$). Увеличение адаптационных возможностей к гипоксии выразалось в уменьшении частоты дыхательных движений в данной группе пациентов на 63 % от исходных значений ($p < 0,01$), нормализации ЧСС в покое и времени восстановления ЧСС после нагрузки. Анализ данных ЭЭГ выявил наличие положительного влияния предложенной нами программы реабилитации на биоэлектрическую активность головного мозга, которая приблизилась к «ЭЭГ-картине» возрастной нормы. Данная динамика была наиболее выражена в основной группе.

Список литературы

1. Методи оцінки ефективності медичної реабілітації в системі інтенсивної нейрофізіологічної реабілітації / В.І. Козьявкін, Н.Н. Сак, О.О. Качмар [и др.] // Український медичний часопис – V/VI 2007. – №3 (35) – С. 61–66
2. Бадалян Л.О. Детские церебральные параличи / Бадалян Л.О., Журба Л.Т., Тимонина Э.Е. – Киев: Здоровье, 1988. – 365 с.
3. Беркутова И.Ю. Особенности функционального состояния детей с нарушением функций опорно-двигательного аппарата / И.Ю. Беркутова // Адаптивная физическая культура. – 2008. – №2. – С. 20–22.
4. Афанасьев С.М. Фізична роботоспроможність дітей молодшого шкільного віку з церебральним паралічем, ускладненим сколіозом / С.М. Афанасьєв // Спортивний Вісник Придніпров'я. – 2004. – № 5. – С.80–84.
5. Семенова К.А. Восстановительное лечение больных с резидуальной стадией ДЦП / Семенова К.А. – М: Антилоп 1999. – 428 с.

Шрамко Ю.І. Проблеми реабілітації дітей з дитячим церебральним паралічем в умовах дитячого спеціалізованого стаціонару / Ю.І. Шрамко, В.М. Чорна, В.В. Куєвда // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 205-212.

Результати досліджень доводять ефективність використання програми реабілітації з використанням профілактора Євмінова у дітей, які страждають на спастичну дисплегію легкої стадії з ускладненням на S-образний шийно-грудний сколіоз II ступеню в умовах денного спеціалізованого стаціонару.

Ключові слова: дитячий церебральний параліч, фізична реабілітація, лікувальна фізична культура, профілактор Євмінова.

Shramko J.I. The problems of rehabilitation in children with cerebral palsy / J.I. Shramko, V.N. Chernaya, V.V. Kuevda // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 205-212.

The results proved efficiency of rehabilitation in children with cerebral palsy with Evminov's profilactor use in special children's day hospital department.

Keywords: cerebral palsy, physical rehabilitation, therapeutic physical training, Evminov's profilactor.

Поступила в редакцію 16.10.2010 г.

УДК 581.2.07

ИЗУЧЕНИЕ ФИТОТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ДНОК НА ПРОРОСТКИ *HELIANTHUS ANNUUS L.*

Эмирова Д.Э.

*РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», Симферополь, Украина
E-mail: emirovadilyara@mail.ru*

В статье приведены данные результатов исследования влияния различных доз препарата ДНОК на семена *Helianthus annuus L.* Установлено, что изученный препарат в диапазоне концентраций 2 – 16 г/л оказывал выраженное фитотоксическое действие, проявляющееся в ингибировании корневого роста и снижении всхожести семян тест-культуры.

Ключевые слова: ДНОК, фитотоксичность, *Helianthus annuus L.*, семена.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из острейших проблем современного сельскохозяйственного производства является применение средств защиты растений. Использование которых может отрицательно сказаться на урожае, привести к локальному загрязнению окружающей среды продуктами распада остаточных количеств пестицидов [1] и нежелательным экономическим и социальным последствиям. Кроме того интенсификация сельского хозяйства приводит к ускорению круговорота биогенных элементов в почве, значительным потерям гумуса, возрастанию токсикоза почв [2]. В связи с этим перед учеными стоит ряд вопросов, в частности:

- разработка безопасных препаратов для сельскохозяйственных культур, почвы;
- поиск среди имеющихся наименее опасных для объектов окружающей среды соединений.

Для решения второй задачи необходима разработка методов оценки экологической опасности пестицидов. К такого рода методам можно отнести определение фитотоксического эффекта пестицидов на сельскохозяйственные культуры. По представлениям Т. Magnani [3], наиболее информативным источником фитотоксического действия исследуемых препаратов на растения является ингибирование их роста. В исследованиях Е.М. Красноперовой установлено, что при использовании полного комплекса средств защиты растений (инсектициды, гербициды, фунгициды, ретарданты, минеральные удобрения), отмечается уменьшение значений ростового индекса и соответственно повышение общей фитотоксичности почвы, выраженное в различных аномальных отклонениях в развитии проростков редиса [4]. Автор отмечает, что при этом выявлена относительная устойчивость сорных видов растений к градиенту химической

нагрузки. К аналогичному заключению пришли и Н.А. Киреева с соавторами [5]. Таким образом, при использовании пестицидов, наиболее уязвимым компонентом агроценоза являются культурные растения. Следовательно, исследование фитотоксического действия пестицидов на культурные растения является весьма актуальным направлением экологических исследований, для проведения которых необходимо выбрать чувствительный тест-объект. В качестве тест-объекта для биотестирования ксенобиотиков можно использовать *Helianthus annuus* L.

При применении хлорсульфурина, сульфурона и трисульфурона в качестве биотеста использовали *Helianthus annuus*. В почву вносили гербициды по $0,5 \cdot 10^{-4}$, $1 \cdot 10^{-3}$ и $5 \cdot 10^{-3}$ мг/кг д. в. и на седьмой день измеряли длину корешков, проростков и сырую массу надземных органов. Уменьшение длины корней на 50% было отмечено для сульфурона при $1 \cdot 10^{-5}$ мг/л, остальных – $5 \cdot 10^{-5}$ мг/л [6].

В наших предыдущих исследованиях изучалось фитотоксическое действие различных концентраций БИ-58 на проростки *Helianthus annuus* L. Установлено, что концентрации 0,25-1,0 мл/л не оказывали фитотоксического действия на исследованную культуру. Концентрация 2,0 мл/л обладала выраженным фитотоксическим эффектом, проявляющемся в ингибировании корневого роста и снижении всхожести семян тест-культуры [7].

В связи с этим, целью нашего исследования явилось изучение фитотоксического действия различных концентраций ДНОК на морфометрические показатели проростков *Helianthus annuus* L., так как данный препарат имеет широкое использование в агропромышленном комплексе Крымского региона [8].

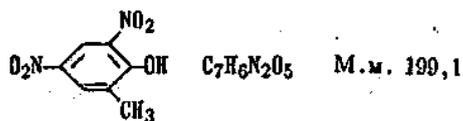
В качестве объекта исследования использовали проростки семян *Helianthus annuus* L. сорта гибрид Крепыш. У указанной культуры изучали энергию прорастания семян и фитотоксичность (X, %) различных доз ДНОК по показателям ингибирования корневого прироста и угнетения всхожести.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований служили семена *Helianthus annuus* L., обработанные 2, 4 (рекомендуемая доза), 8 и 16 г/л концентрациями пестицида ДНОК при 6-часовой экспозиции. Контроль – дистиллированная вода. Проращивание проводили при постоянной температуре и влажности. По всем вариантам исследования учитывали следующие параметры: 1) всхожесть (%) – количество проросших семян (отношение общего количества семян к проросшим); 2) длину корешков, на основании которой рассчитывали показатель фитотоксичности [9]. Морфометрический анализ проростков осуществляли на пятые сутки после экспозиции для чего измеряли штангенциркулем длину всех проросших за время инкубации корешков с точностью до 1мм.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ “Microsoft Excel 2000”. В качестве критерия оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали t-критерий Стьюдента [10]. Экспериментальные исследования проводились в 4-х кратной повторности.

Краткая характеристика пестицида ДНОК (синокс, трифоцид) [11, 12].



4,6-Динитро-о-крезол (Bayer)

Желтое кристаллическое вещество, т. пл. 85,5° С. Технический продукт, содержащий 95-98% основного вещества, имеет температуру плавления 83-85° С. Растворимость в воде 0,013%, хорошо растворим в большинстве органических растворителей. Со щелочами и аммиаком дает хорошо растворимые в воде феноляты.

ДНОК и его феноляты огне- и взрывоопасны. В связи с этим ДНОК выпускается в виде 40%-го растворимого в воде фенолята, содержащего в качестве наполнителя сульфаты натрия или аммония.

ЛД₅₀ для мышей и крыс 40-85 мг/кг. ЛД₅₀ натриевого фенолята для овец 200 мг/кг. Препарат сильнотоксичен для пчел. СК₅₀ для карпов и других рыб 6-13 мг/л.

Используется в качестве инсектицида, гербицида и фунгицида.

В почве препарат разрушается в течение 30-60 дней в зависимости от температуры и характера почвы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования свидетельствуют, что ДНОК в диапазоне изученных концентраций оказывает негативное влияние на тест-культуру, проявляющееся в ингибировании корневого прироста по всем вариантам исследования (табл. 1, рис. 1) Полученные показатели характеризуются высоким уровнем значимости различий с контрольным вариантом по критерию Стьюдента – $p < 0,001$.

Таблица 1

Влияние различных доз ДНОК на проростки *Helianthus annuus* L. ($M \pm m$, $n=4$)

№	Вариант	Средняя длина, см	Фитотоксичность (X), %	Всхожесть, %
1.	К	1,5±0,10	–	93,75±2,58
2.	2 г/л	0,9±0,08**	38,16	83,25±2,10*
3.	4 г/л	0,8±0,07**	42,76	83,00±1,27*
4.	8 г/л	0,6±0,06 **	57,89	78,50±1,68**
5.	16 г/л	0,2±0,03***	86,18	14,75±1,67***

Примечание: отличия от контроля достоверны при * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$ ($t_{ст}=2,78 - 4,60 - 8,61$).

Данные, представленные в Таблице 1 свидетельствуют, что изученный препарат в дозе 2 г/л снижает рост корней кукурузы в 1,7 раза ($p < 0,01$). Аналогичная картина наблюдается и с показателем всхожести, величина которого снижается на 11,2% ($p < 0,05$) по сравнению с контрольным вариантом. Дальнейшее увеличение

концентрации препарата вызвало увеличение показателя ингибирования корневого прироста при снижении всхожести семян тест-объекта. В частности, при концентрации 4 г/л (рекомендуемая доза) длина корней подсолнечника снижалась в 1,9 раза ($p < 0,01$) по сравнению с контрольным вариантом, показатель всхожести снижался на 11,59 % ($p < 0,05$). При концентрации 8 г/л длина корней *Helianthus annuus* L. уменьшилась в 2,5 раза ($p < 0,01$) при снижении количества проросших семян на 16,3% ($p < 0,01$). Помимо ингибирующего ростовые процессы и всхожесть действия, изученный препарат оказывал выраженную фитотоксичность в диапазоне 38,16–57,89 (табл. 1).

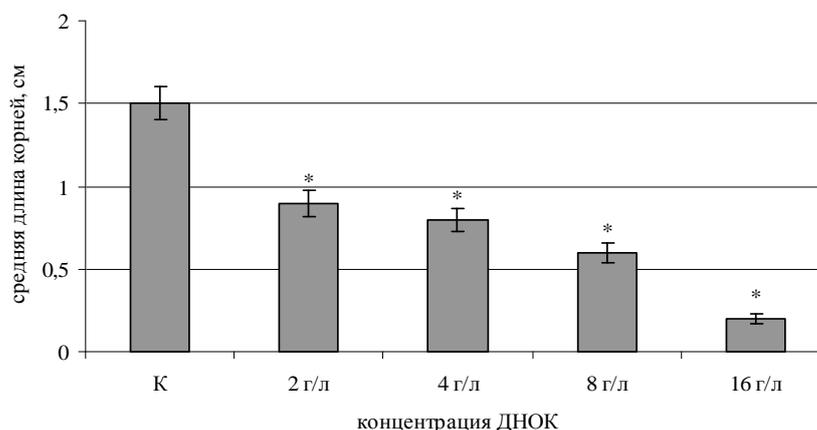


Рис. 1. Влияние различных концентраций ДНОК на ростовые процессы семян *Helianthus annuus* L.

Увеличение дозы препарата (16 г/л) вызвало резкое торможение элонгации корней проростков *H. annuus* L. и снижение их всхожести. В частности, длина корней в данном варианте исследования снизилась в 7,5 раза ($p < 0,001$) по сравнению с контролем. Показатель всхожести снизился на 84,3% ($p < 0,001$). Таким образом, концентрация ДНОК 16 г/л обладает выраженным фитотоксическим действием на исследованную тест-культуру (рис. 2).



Рис. 2. Сравнительные мофометрические показатели длины корней проростков *Helianthus annuus* L.: 1) контроль (дистиллированная вода); 2) обработка ДНОК 16 г/л.

При морфологическом анализе проростков 3 и 4 вариантов исследования было обнаружено слабое потемнение меристематических участков корней, переходящих у некоторых проростков в коричневые кончики корней (рис. 3). Данное повреждение, является следствием некроза клеток корневой меристемы [13].



Рис. 3. Некроз корневой меристемы проростков *Helianthus annuus* L. (обработка ДНОК 8 г/л).

Таким образом, ДНОК в диапазоне изученных концентраций оказывал фитотоксическое действие, проявлявшееся в снижении всхожести семян и морфометрических показателей корней проростков *Helianthus annuus* L., причем токсичность препарата линейно повышалась по мере увеличения дозы. Полученные данные согласуются с литературными, согласно которым ДНОК является высокотоксичным препаратом, отнесенным к III классу по величине экотоксичности [1].

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что ДНОК в диапазоне изученных концентраций (2-16 г/л) оказывал выраженное фитотоксическое действие на тест-культуру *Helianthus annuus* L., проявляющееся в ингибировании корневого прироста и всхожести.
2. Концентрация ДНОК, рекомендуемая к производству, оказывает выраженное фитотоксическое действие на тест-культуру, в силу чего не рекомендуется к использованию при возделывании *Helianthus annuus* L.

Список литературы

1. Ібрагімова Е.Е. Екологічна оцінка дії техногенних хімічних забруднень на цитогенетичні показники вищих рослин в умовах Криму : автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16 / Е.Е. Ібрагімова – К., 2008. – 20 с.
2. Щербаков А.П. Агроэкологическое состояние черноземов / А.П.Щербаков, И.И. Васенев – Курск, 1996. – 326 с.
3. Magnani T. Saggi di fitotossicità su sottoprodotti destinati al suolo agricolo. Confronto fra metodiche / T. Magnani // Biol. Ital. – 1996. – Vol. 26, № 3. – P. 49–53.
4. Красноперова Е.М. Экология сорных растений зерновых агрофитоценозов приобской лесостепи : автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16 / Е.М. Красноперова. – Калининград, 2006. – 20 с.

5. Киреева Н.А. Рост и развитие сорных растений в условиях техногенного загрязнения почвы / Н.А. Киреева, А.М. Мифтахова, Г.Г. Кузяхметов // Вестник Башкирского университета. – 2001. – № 1. – С. 32–34.
6. A rapid, sensitive bioassay method for sulfonylurea herbicides / E. Hernandez-Sevillano, M. Villarroya, M.C. Chueca [et al.] // Brighton Conf. “Weeds” : Proc. Int. Conf., Brighton, 15-18 Nov., 1999. – Vol. 2. – Farnham, 1999. – P. 711–716.
7. Эмирова Д.Э. Влияние различных доз БИ-58 на морфометрические показатели проростков *Helianthus annuus* L. / Д.Э. Эмирова // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана. – 2009. – Выпуск 19. – С. 161–167.
8. Эмирова Д.Э. Анализ пестицидной нагрузки на сельскохозяйственные почвы Крыма / Д.Э. Эмирова, Э.Р. Алиев // Materialy IV Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji «Strategiczne pytania światowej nauki – 2008». – Тум 8. Rolnictwo. Weterynaria. Chemia I chemiczne technologie. Ekologia. Geografia i geologia: Przemysł. – Nauka i studia. – 2008. – S. 63–66.
9. Федорова Г.В. Практикум з біогеохімії для екологів: Навчальний посібник / Федорова Г.В. – Київ: «КНТ», 2007. – 288 с.
10. Плохинский Н.А. Биометрия / Плохинский Н.А. – М.: МГУ, 1970. – 367 с.
11. Пестициды: Справочник / [Мартыненко В.И., Промоненко В.К., Кукаленко С.С. и др.] – М.: Агропроиздат, 1992. – 307 с.
12. Справочник по пестицидам / [Мельников Н.Н., Новожилов К.В., Белан С.Р. и др.] – М.: Химия, 1985. – 259 с.
13. Полещук Н.А. Цитологический анализ токсического действия гербицида трефлана на клетки развивающегося корешка ярового ячменя *Hordeum vulgare* L. / Н.А. Полещук // Ломоносов – 2006: XIII междунар. конф. студ., аспирант. и мол. ученых, секция «Биология»; Москва, 12-15 апр. 2006 г., МГУ, биол. ф-т : тез. докл. / Сост. Коновалов Ф. А. – М. : МАКС ПРЕСС, 2006. – С. 180–181.

Емірова Д.Е. Вивчення фітотоксичної дії різних концентрацій ДНОК на паростки *Helianthus annuus* L. / Д.Е. Емірова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 213-218.

У статті наведені дані результатів дослідження впливу різних доз препарату ДНОК на насіння *Helianthus annuus* L. Встановлено, що препарат у діапазоні концентрації 2 – 16 г/л мав виражену фітотоксичну дію, що проявляється в інгібуванні кореневого росту та зниженні схожості насіння тест-культури.

Ключові слова: ДНОК, фітотоксичність, *Helianthus annuus* L., насіння.

Emirova D.E. The study of phytotoxic influence of various DNOC concentrations on the seeds of *Helianthus annuus* L. / D.E. Emirova // Scientific Notes OF Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 213-218.

Influence of different concentrations of BI-58 on the generative system of *Allium cepa* L. was investigated. It is set that low concentrations (0,05 and 0,1 ml/l) do not possess a palynotoxic effect. High concentrations (0,2 and 0,4 ml/l) the medium toxic made influence on the generative organs of *Allium cepa* L., bringing to the reliable increase of products of sterile pollen with broken morphologic structure.

Keywords: pollen, generative organs, BI-58, *Allium cepa* L., palynotoxic, sterility, fertility.

Поступила в редакцію 19.04.2010 г.

УДК 612.621.31-055.2:796.015.6

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И УРОВНЯ СЕКРЕЦИИ ЭСТРОГЕНОВ И ГЛЮКОКОРТИКОИДОВ В РАЗЛИЧНЫХ ФАЗАХ МЕНСТРУАЛЬНОГО ЦИКЛА СПОРТСМЕНОК

Юферев В.С.

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

Исследовали уровни секреции и особенности взаимодействия глюкокортикоидов и эстрогенов в течение менструального цикла спортсменок и при выполнении физической работы различной мощности. Наибольший уровень секреции кортизола отмечен в период менструации, наименьший непосредственно перед менструацией. Эстрадиоловый пик отмечен в фазу овуляции. Во время выполнения физической работы отмечено повышение уровня тонической секреции эстрадиола и кортизола в фазе овуляции, а также снижение уровня секреции кортизола в предменструальной фазе в 100% случаев с одновременным повышением уровня секреции эстрадиола, что может рассматриваться как компенсаторная реакция в направлении стероидогенеза для усиления глюкокортикоидной функции. Выявленные два типа реакций, связанных со снижением и повышением уровня тонической секреции эстрадиола в сравнении с покоем во время использования физических нагрузок в других фазах цикла свидетельствуют о различной степени утомления спортсменок и могут быть использованы в качестве критерия, определяющего степень этого утомления в различные фазы менструального цикла.

Ключевые слова: взаимодействие стероидных гормонов, уровень секреции, физические нагрузки, женщины-спортсменки.

ВВЕДЕНИЕ

В литературе имеется достаточное количество работ, раскрывающих значение гормонов коры надпочечников в различных адаптационных реакциях [1, 2]. Однако участие глюкокортикоидов в приспособительных реакциях, связанных с мышечной деятельностью у спортсменок в различных фазах менструального цикла освещено не достаточно полно, особенно в отношении взаимосвязи глюкокортикоидов и овариальных гормонов [3, 4]. Вместе с тем, материалы о роли эстрогенов и гормонов коры надпочечников, их взаимодействии и участии в приспособительных реакциях при физических нагрузках различной интенсивности помогут расширить знания о механизмах адаптации женщин-спортсменок и компенсаторных процессах, а также разработать ряд практических рекомендаций [5]. В этой связи **целью работы** явилось изучение уровня секреции и особенностей взаимодействия глюкокортикоидов и эстрогенов при мышечной деятельности спортсменок в различных фазах менструального цикла.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Обследовано 12 легкоатлетов-добровольцев в возрасте 18-20 лет с 28-32-дневным менструальным циклом, имеющих квалификацию 1 взрослого разряда и кандидата в мастера спорта. В исследованиях принимали участие спортсменки не принимающие противозачаточные препараты. Исследования проводили в различных фазах МЦ, а именно: 1 фаза – менструальная (1, 2 день от начала МЦ), 2 фаза постменструальная (8-9 день от начала МЦ), 3 фаза овуляторная (13-16 день от начала МЦ), 4 фаза постовуляторная (20-22 день от начала МЦ), 5 фаза предменструальная, (26-27 день от начала МЦ). Овуляцию определяли по тесту «Овуплан». Концентрацию эстрадиола и кортизола в сыворотке крови определяли методом твердофазного иммуноферментного анализа с использованием наборов СтериодИФА-кортизол-01 и ESTRADIOL ELISA KIT. Все исследуемые показатели изучали как в состоянии покоя, так и при выполнении физической работы ступенчато-возрастающей мощности (W) на велоэргометре. [6]. Во время эксперимента все испытуемые освобождались от тренировок. Полученные результаты обработаны статистически.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для экспериментального изучения адаптационных и компенсаторных механизмов в деятельности репродуктивной и стресс-реализующей систем, формирующихся при систематическом воздействии неблагоприятных факторов искусственно созданной человеком окружающей среды, а в частности при воздействии больших и значительных физических нагрузок в спорте, необходимы сведения о связи и взаимоотношениях глюкокортикоидов и овариальных гормонов у женщин спортсменок. Результаты исследований, проведенные в этом направлении, показали, что секреция эстрогенов в течение менструального цикла испытуемых в покое находилась в пределах нормы, принятой в литературе. Так, величина концентрации эстрадиола в сыворотке крови зарегистрированная нами в фазу овуляции была равной $112,525 \pm 12,245$ пг/мл, концентрации этого гормона в менструальной и предменструальной фазах была равной соответственно $79,157 \pm 11,403$ и $58,185 \pm 9,149$ пг/мл.

Секреция кортизола у испытуемых в покое также находилась в пределах физиологической нормы (с учетом ежедневных физических воздействий), и в течение менструального цикла варьировала в пределах от $582,664 \pm 139,046$ до $780,934 \pm 131,126$ нмоль/л.

Для более подробного изучения динамики секреции исследуемых гормонов в различных фазах МЦ спортсменок и в связи с большим индивидуальным разбросом полученных данных, а также для удобства отображения полученных величин и нивелирования влияния на эти величины различных внешних факторов нами применялся метод приведения величин к относительным единицам [7], которые рассчитывали по формуле:

$$s_n = y_n / x$$

где s_n – условная единица варианты;

x – наибольшее значение варианты, принятое за единицу;

y_n – значения варианты.

В результате проведенных расчетов были получены различные уровни секреции исследуемых гормонов в течение МЦ (рис. 1).

Так в покое, в фазу менструации уровень секреции кортизола, выраженный нами в условных единицах, составил $1,162 \pm 0,277$ усл.ед., в фазе овуляции составил $0,624 \pm 0,033$ усл.ед., и в предменструальной фазе составил соответственно $0,345 \pm 0,099$ усл.ед.

При выполнении ступенчато-возрастающей нагрузки на велоэргометре выявлено несовпадение уровней секреции данного гормона в постменструальной фазе на 3 ступени нагрузки ($W=150$ Вт), (соответственно равен $0,889 \pm 0,206$, покой $0,571 \pm 0,112$ усл.ед.) и в фазу овуляции уже на 1 ступени нагрузки ($W=50$ Вт), (соответственно равен $0,887 \pm 0,045$, покой $0,624 \pm 0,033$ усл.ед.) в сравнении с покоем. Более того, из рисунка 1 видно, что не зависимо от применения физических нагрузок различной мощности уровень секреции кортизола в фазу менструации превышает таковой в предменструальной фазе.

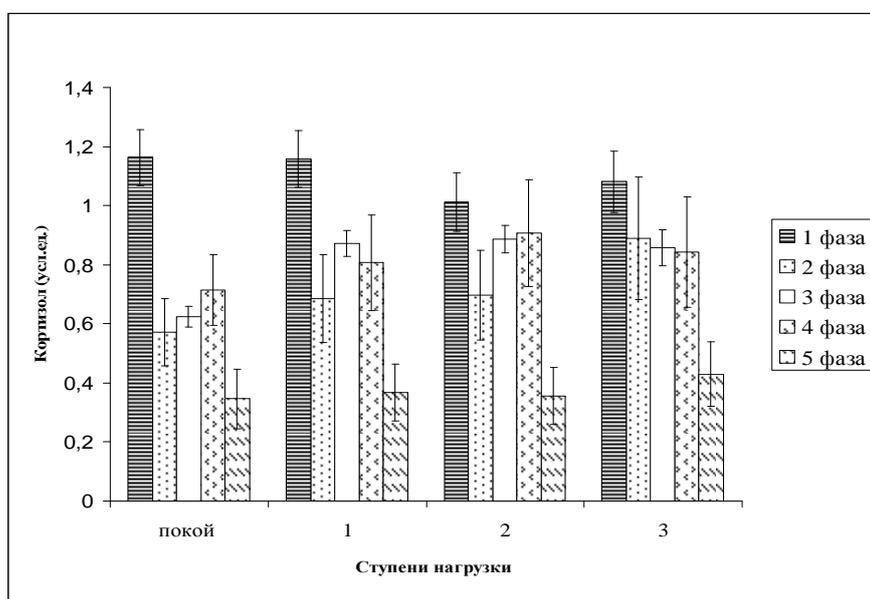


Рис. 1. Динамика секреции кортизола в различных фазах МЦ спортсменок при выполнении ступенчато-возрастающей физической нагрузки.

При исследовании динамики секреции эстрадиола во время выполнения физической работы различной мощности нами выявлено достоверное увеличение этого стероида в фазу овуляции в сравнении с покоем, причем только на 1 ступени нагрузки ($W=50$ Вт), (соответственно равен $1,204 \pm 0,064$, покой $1,136 \pm 0,008$ усл.ед.). При этом уровень эстрадиола в данной фазе МЦ являлся наибольшим в сравнении с менструальной и предменструальной фазами (рис. 2).

Изучение индивидуальных типов взаимодействий эстрогенов и глюкокортикоидов при выполнении физической работы различной мощности позволило выявить ряд тенденций, позволяющих судить о компенсаторных механизмах при взаимодействии системы гонады-надпочечники. Так уровень секреции кортизола у испытуемых имел тенденцию к снижению, особенно при выполнении физической работы высокой мощности. В большей степени это выражалось в предменструальной фазе, где уровень секреции кортизола в сравнении с покоем снижался в 100% случаев, и в меньшей степени в овуляторной фазе, где уровень секреции кортизола снизился в 75% случаев (табл. 1).

В то же время уровень секреции эстрадиола имел тенденцию к снижению в менструальной и постменструальной фазах. Тогда как повышение уровня секреции этого гормона в сравнении с покоем, в период овуляции и перед менструацией отмечено нами на 3 степени нагрузки, (соответственно в фазе овуляции отмечено в 67% случаев, а в предменструальной фазе в 83% случаев).

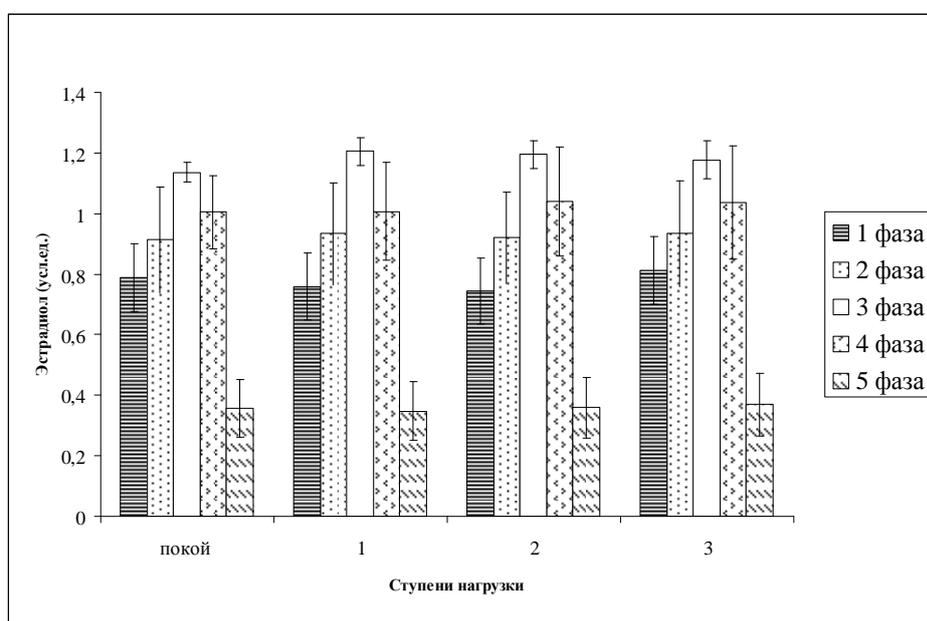


Рис. 2. Динамика секреции эстрадиола в различных фазах МЦ спортсменок при выполнении ступенчато-возрастающей физической нагрузки

Проведенные исследования по определению особенностей взаимодействия и уровня секреции кортизола и эстрадиола в различных фазах менструального цикла спортсменок выявили ряд закономерных сдвигов, которые можно отнести к компенсаторным и адаптационным проявлениям, происходящим как под влиянием циклических изменений в организме женщин-спортсменок, так и под воздействием физических нагрузок.

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И УРОВНЯ СЕКРЕЦИИ...

Известно, что в первые дни менструации напряжение жизненных функций в организме женщины критически падает из-за низкого уровня эстрогенов [8]. В свою очередь снижение функции яичников и отрицательный обратный связи с гипоталамусом в менструальной фазе влечет за собой повышение активности гипоталамических структур мозга, в связи с чем, усиливается секреция передней долей гипофиза не только половых тропных гормонов, но и АКТГ [9]. В связи с этим, выявленный нами высокий уровень секреции кортизола у испытуемых в период менструации может свидетельствовать о гиперактивности гипоталамических структур, обусловленных физиологической гипоэстрогенией в данной фазе МЦ.

Таблица 1

Изменение секреции эстрадиола и кортизола у испытуемых (n=12) при выполнении ступенчато-возрастающей нагрузки на велоэргометре в течение МЦ

Фазы цикла	Стероиды	После 1 ступени нагрузки		После 2 ступени нагрузки		После 3 ступени нагрузки	
		увеличение (кол-во случаев, %)	уменьшение (кол-во случаев, %)	увеличение (кол-во случаев, %)	уменьшение (кол-во случаев, %)	увеличение (кол-во случаев, %)	уменьшение (кол-во случаев, %)
1	кортизол	33	67	17	83	17	83
	эстрадиол	33	67	42	58	42	58
2	кортизол	8	92	17	83	8	92
	эстрадиол	42	58	42	58	42	58
3	кортизол	33	67	25	75	17	83
	эстрадиол	58	42	58	42	67	33
4	кортизол	17	83	8	92	17	83
	эстрадиол	42	58	50	50	67	33
5	кортизол	17	83	0	100	0	100
	эстрадиол	42	58	50	50	83	17

Как уже было сказано выше уровень двигательной активности, также оказывает влияние на характер приспособительных реакций системы гонады-надпочечники. Показано, что физические нагрузки, не вызывающие состояния утомления приводят к достоверному снижению эстрогенов, в свою очередь при признаках утомления наблюдается резкое повышение экскреции эстрогенов в основном за счет фракций эстрогена, что может свидетельствовать о вовлечении в эту реакцию эстрогенов надпочечникового происхождения [8]. В этой связи, выявленное нами повышение уровня секреции эстрадиола в фазе овуляции уже на первой ступени нагрузки

может свидетельствовать о том, что физические воздействия, применяемые в данной фазе, вызывают большую степень утомления, нежели в другие фазы цикла. Более того, повышение уровня секреции кортизола в постменструальной фазе на 3 ступени нагрузки, и в фазе овуляции уже при физической работе мощностью 50Вт связано с увеличением напряжения нейроэндокринной системы в связи с овуляцией [3]. Также по видимому повышение секреции эстрогенов, характерное для данной фазы МЦ способствует повышению функциональной активности коры надпочечников [8]. Причем данная активность начинает повышаться уже в постменструальной фазе при использовании физических нагрузок большой мощности.

О характере взаимодействия эстрогенов и глюкокортикоидов при мышечной деятельности спортсменок в течение МЦ также можно судить и по характеру индивидуальных приспособительных реакций системы гонады-надпочечники. Нами показано, что в большинстве случаев, при использовании физических нагрузок различной мощности наблюдается снижение уровня секреции кортизола, которое в большей степени выражено в предменструальной фазе цикла, что свидетельствует о глюкокортикоидной недостаточности, нередко возникающей при утомлении [1, 2]. Очевидно, это можно связать с периодом подготовки спортсменок, в котором проводились исследования, и для которого характерным явилось применение больших и значительных физических нагрузок. Однако снижение уровня секреции кортизола в предменструальной фазе МЦ выявленное нами в 100% случаев свидетельствует о повышенной утомляемости и преобладании в ЦНС процессов торможения, характерных для предменструального синдрома [3]. В то же время, выявленная нами тенденция к повышению уровня секреции эстрадиола в предменструальной фазе можно рассматривать как компенсаторную реакцию в связи с неудовлетворенной потребностью организма в глюкокортикоидах, необходимых для регуляции энергетического обмена при интенсивной мышечной деятельности [4]. В свою очередь присутствие двух выраженных типов реакций, связанных как со снижением, так и с повышением уровня секреции эстрадиола во время использования физических нагрузок в других фазах цикла, может свидетельствовать о разной степени утомления спортсменок [8, 10]. В связи с чем, уровень тонической секреции эстрогенов при срочной адаптации к физическим нагрузкам может быть использован в качестве критерия, определяющего степень утомления спортсменок в различных фазах МЦ.

ВЫВОДЫ

1. Наибольший уровень секреции кортизола у спортсменок наблюдается во время менструации, что свидетельствует об усилении активности гипоталамических структур мозга, обусловленных физиологической гипозэстрогенией и отрицательной обратной связи с гипоталамусом в данной фазе МЦ. В свою очередь наименьший уровень секреции кортизола выявлен в предменструальной фазе, для которой характерно преобладание процессов торможения в ЦНС.

2. Во время срочной адаптации спортсменок на физические воздействия наблюдается повышение уровня секреции эстрадиола и кортизола в фазе овуляции, что свидетельствует как, о большей степени утомления испытуемых, нежели в другие фазы цикла, связанной с увеличением напряжения нейроэндокринной системы в период овуляции, так и о повышении функциональной активности коры надпочечников на фоне овуляторного эстрадиолового пика. Причем повышение данной активности начинает проявляться уже в постменструальной фазе при выполнении физической работы высокой мощности.
3. Снижение уровня секреции кортизола в предменструальной фазе МЦ при использовании физических нагрузок различной мощности выявленное нами в 100% случаев, свидетельствует о повышенной утомляемости и преобладании в ЦНС процессов торможения, характерных для предменструального синдрома. В свою очередь повышение уровня секреции эстрадиола перед менструацией может рассматриваться как компенсаторная реакция в направлении стероидогенеза для усиления глюкокортикоидной функции.
4. Выявленные два типа реакций, связанных со снижением и повышением уровня секреции эстрадиола в сравнении с покоем во время использования физических нагрузок в других фазах цикла свидетельствуют о различной степени утомления спортсменок. В связи с чем, уровень тонической секреции эстрогенов при срочной адаптации к физическим нагрузкам может быть использован в качестве критерия, определяющего степень утомления спортсменок в различные сроки тренировок и соревнований.

Список литературы

1. Виру А.А. Функции коры надпочечников при мышечной деятельности / Виру А.А. – М.: Медицина, 1977. – 176 с.
2. Виру А.А. Гормональные механизмы адаптации и тренировки / Виру А.А. – Л.: Наука, 1981. – 155 с.
3. Шахлина Л.Я.-Г. Медико-биологические основы спортивной тренировки женщин / Шахлина Л.Я.-Г. – Киев.: Наукова думка, 2001. – 326 с.
4. Синаюк Ю.Г. О взаимодействии стероидных гормонов при мышечной деятельности // Теория и практика физической культуры / Ю.Г. Синаюк, Т.К. Вытыщенко– 1972. – №12. – С. 33–36.
5. Динамика возбудимости нервной системы и уровень овариальной секреции в различные фазы эстрального цикла у белых крыс / В.А. Ловчиков, С.М. Липовский, Н.А. Стрельцова [и др.] // Физиологический журнал – 1978. – Т. 24, №1. – С.115–118.
6. Физиологическое тестирование спортсмена высокого класса / Под ред. Дж. Дункана Мак-Дугалла, Г.Е. Уинчера, Г.Дж. Грина. – К.: Олимпийская литература, 1998. – 432 с.
7. Калиткин Н.Н. «Численные методы» / Калиткин Н.Н. – М.: Наука, 1978. – 230 с.
8. Похоленчук Ю.Т. Современный женский спорт / Ю.Т. Похоленчук, Н.В. Свечникова– К.: Здоров`я, 1987. – 192 с.
9. Василенко В.Х. Миокардиострофия / Василенко В.Х., Фельдман С.Б., Хитров Н.К. – М.: Медицина, 1989. – 272 с.
10. Меерсон Ф.З. Адаптация к стрессорным ситуациям и физическим нагрузкам / Ф.З. Меерсон, М.Г. Пшенникова– М.: Медицина, 1988. – 256 с.

Юферев В.С. Особливості взаємодії та рівня секреції естрогенів та глюкокортикоїдів у різних фазах менструального циклу спортсменок / В.С. Юферев // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 219-226.

Досліджували рівні секреції і особливості взаємодії глюкокортикоїдів і естрогену протягом менструального циклу спортсменок і при виконанні фізичної роботи різної потужності. Найбільший рівень секреції кортизолу визначено в період менструації, найменший безпосередньо перед менструацією. Естрадіоловий пік визначений у фазу овуляції. Під час застосування фізичних впливів відмічено підвищення рівня тонічної секреції естрадіолу та кортизолу у фазі овуляції, а також зниження рівня секреції кортизолу в предменструальній фазі у 100% випадків з одночасним підвищенням рівня секреції естрадіолу, що може розглядатися як компенсаторна реакція у напрямку стероїдогенезу для посилення глюкокортикоїдної функції. Виявлені два типи реакцій, пов'язаних зі зниженням і підвищенням рівня тонічної секреції естрадіолу в порівнянні зі спокоєм під час використання фізичних навантажень в інших фазах циклу свідчать про різного ступеня стомлення спортсменок і можуть бути використані в якості критерію, що визначає ступінь втоми у різні фази менструального циклу.

Ключові слова: взаємодія стероїдних гормонів, рівень секреції, фізичні навантаження, жінки-спортсменки.

Yuferev V.S. Features of interaction and level of secretion of estrogen and glucocorticoids in various phases menstrual cycle sportswomen / V.S. Yuferev // Scientific Notes OF Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No 3. – P. 219-226.

Investigated levels of secretion and feature of interaction of glucocorticoids and an estrogen during a menstrual cycle of sportswomen and at performance of a physical activity of various capacity. The highest level of cortisol secretion observed during menstruation, and the smallest just before menstruation. Estradiol peak observed in the phase of ovulation. During the application of physical impact was an increase in the level of tonic secretion of estradiol and cortisol in the phase of ovulation, and reduced levels of cortisol in the premenstrual phase in 100% while increasing the level of estradiol secretion, which can be considered as a compensatory reaction in the direction of steroidogenesis to enhance glucocorticoid function. Identified two types of reactions associated with decreased and increased levels of tonic secretion of estradiol in comparison with the rest while using the exercise in other phases of the cycle showed varying degrees of fatigue athletes and can be used as a criterion for determining the degree of fatigue in the different phases of the menstrual cycle.

Keywords: interaction of steroid hormones secretion levels, exercise, female athletes.

Поступила в редакцію 28.09.2010 г.

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

Серия «Биология, химия». Том 23 (62). 2010. № 3. С. 227-235.

УДК 544.47:544.344:547.56:546.215

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ

Алексашкин И.В.¹, Першина Е.Д.¹, Каздобин К.А.²

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

²*Институт общей и неорганической химии им. В.И. Вернадского, Киев, Украина*

E-mail: aligor@rambler.ru

Рассмотрены примеры синтеза магнитной жидкости. Решена задача синтеза устойчивых (в течение 7 лет) магнитных суспензий, изучена их структурная организация. Синтез магнитной жидкости с высокой намагниченностью и стойкостью проводился в гидрофильно-гидрофобной среде на основе магнетита и ферромагнетиков, замещенных кобальтом и медью. Показана эффективность метода синтеза, который зависит от основных параметров: рН среды, и природы анионов исходных компонентов.

Ключевые слова: магнитная жидкость, магнетит, ферриты, синтез, параметры среды.

ВВЕДЕНИЕ

Магнитные жидкости (МЖ) представляют собой взвесь однодоменных микрочастиц ферро- и ферримагнетиков в жидкой среде (керосине, воде, толуоле, минеральных и кремнийорганических маслах и т.п.). В качестве магнетика используется высокодисперсное железо, ферромагнитные окислы γ -Fe₂O₃, Fe₃O₄, ферриты никеля, кобальта. Магнетит – феррит с кристаллической структурой обращенной шпинели [1].

Седиментационная устойчивость систем с магнитными частицами обеспечивается адсорбционными слоями, препятствующими сближению частиц [2]. Повышенная устойчивость осуществляется введением определенного количества стабилизатора – поверхностно-активного вещества (ПАВ). В качестве ПАВ используют вещества, состоящие из полярных органических молекул, которые создают на поверхности дисперсных частиц адсорбционно-сольватные слои [3].

Величина намагниченности насыщения зависит от размера частиц и их объемной концентрации [4], обусловленных параметрами среды: рН среды, природы магнитной компоненты. Увеличение размера частиц ограничено из-за возможности слипания частиц за счет их большого магнитного момента или нарушения условия однодоменности. В устойчивых системах обычно размер частиц

не превышает 10-15 нм. Максимальная концентрация магнитного вещества в магнитной жидкости зависит от диаметра частиц и минимально возможного расстояния между ними.

Цель данной работы – кинетические исследования, которые позволяют определить оптимальные параметры pH среды и концентрации исходных ингредиентов при синтезе магнитной жидкости.

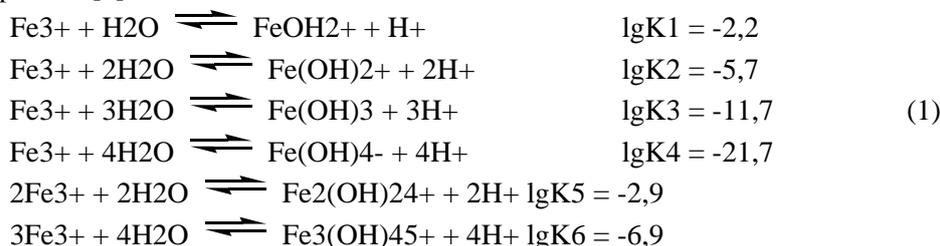
Анализ основных методов синтеза показал, что наиболее перспективными методами в целях получения устойчивых суспензий с хорошими магнитными характеристиками являются: механический метод и метод химической конденсации (табл. 1).

Таблица 1
Основные методы и технологические особенности синтеза магнитных жидкостей

Метод синтеза	Технологические особенности синтеза	Недостатки метода	Намагниченность
Диспергирование (механический) [2]	Мокрое измельчение в шаровых мельницах в присутствии ПАВ в течение 1000 ч. Магнетит смешивался с жидкой основой.	Низкая производительность, загрязнение магнитной жидкости продуктом истирания шаров. Широкий разброс частиц по размерам	от 8 кА/м до 80 кА/м
Конденсация [2, 5]			
Карбонильная [5]	Термическое разложение карбониллов металлов, например, $Fe(CO)_5$	Использование небольших молекул ПАВ для стабилизации приводило к агрегированию и расслоению жидкости при длительном хранении.	0,5 кА/м
Электролитическая [5]	Электролиз с вращающимся катодом, нижний слой раствор электролита, а верхний – раствор стабилизатора в жидкостеносителе	Частицы магнитных материалов имели размер 30 – 80 нм, что затрудняло их стабилизацию. Производительность метода очень низкая.	10 кА/м
Электроконденсационная [5]	Диспергирование металлов вольтовой дугой. Конденсация металлической пыли на поверхности жидкости вокруг электродов.	Устойчивость определялась от нескольких суток до нескольких недель. Размер частиц составлял от 5 до 20 нм	2 – 6 кА/м
Вакуумная [5]	Конденсация паров металлов, нагреваемых до высоких температур на поверхности стенок сосуда, в вакууме	Метод малопродуктивен и непригоден для широкомасштабного производства магнитных жидкостей	13,1 кА/м
Химическая [3, 5]	Быстрая нейтрализация при постоянном перемешивании солей двух- и трёхвалентного железа избытком водного раствора щелочи (NaOH).	Размер частиц от 2 до 20 нм. Недостаток метода - материал имеет относительно невысокую намагниченность – в три-четыре раза меньше, чем у металлов.	30 кА/м

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для расчета активной формы существования катионов Fe(III) при разных значениях рН в водных растворах были использованы справочные данные констант гидролиза [6]:



В виду малой концентрации соли и малой вероятности образования полиядерных комплексов два последних уравнения в дальнейших расчетах не учитывались.

Уравнение материального баланса выглядит следующим образом:

$$C_{\text{Fe}} \approx [\text{Fe}^{3+}] + [\text{FeOH}^{2+}] + [\text{Fe}(\text{OH})_2^+] + [\text{Fe}(\text{OH})_3] + [\text{Fe}(\text{OH})_4^-] \quad [An^-] = 3C_{\text{Fe}} \tag{2}$$

Уравнение электронейтральности имеет следующий вид:

$$[An^-] + [\text{Fe}(\text{OH})_4^-] + [\text{OH}^-] \approx [\text{H}^+] + 3[\text{Fe}^{3+}] + 2[\text{FeOH}^{2+}] + [\text{Fe}(\text{OH})_2^+] \tag{3}$$

Таким образом, имеем систему из 10 уравнений с 10 переменными. Решая эту систему относительно $[\text{Fe}^{3+}]$ и $[\text{OH}^-]$, получаем:

$$C_{\text{Fe}} \approx [\text{Fe}^{3+}] (1 + K_1 [\text{H}^+]^{-1} + K_2 [\text{H}^+]^{-2} + K_3 [\text{H}^+]^{-3} + K_4 [\text{H}^+]^{-4}) + 2K_5 [\text{Fe}^{3+}]^2 [\text{H}^+]^{-2} + 3K_6 [\text{Fe}^{3+}]^3 [\text{H}^+]^{-4} \tag{4}$$

$$3C_{\text{Fe}} + K_4 [\text{Fe}^{3+}] [\text{H}^+]^{-4} + \beta \text{H}_2\text{O} - 1 [\text{H}^+]^{-1} \approx [\text{H}^+] + 3[\text{Fe}^{3+}] + 2K_1 [\text{Fe}^{3+}] [\text{H}^+]^{-1} + K_2 [\text{Fe}^{3+}]^2 [\text{H}^+]^{-2} + 4K_5 [\text{Fe}^{3+}]^2 [\text{H}^+]^{-2} + 5K_6 [\text{Fe}^{3+}]^3 [\text{H}^+]^{-4} \tag{5}$$

При наличии полиядерных комплексов, содержащих более трех ионов металла, аналитическое решение невозможно. При решении данного уравнения значительную помощь может оказать удачный выбор областей преобладания частиц с последующим пренебрежением вкладом тех частиц, которые образуются в очень малом количестве (большую роль в данном случае играет значение рН). Результаты расчетов представлены в Таблице 2.

Таблица 2

Мольные доли (%) различных гидроксокомплексов железа(III) в 0,001 М растворе в диапазоне рН 7÷12

рН	7	8	9	10	11	12
Fe³⁺	4,58·10 ⁻⁸	0	0	0	0	0
FeOH²⁺	2,92·10 ⁻³	3,13·10 ⁻⁵	2,89·10 ⁻⁷	1,56·10 ⁻⁹	0	0
Fe(OH)₂⁺	9,08	0,98	0,09	4,92·10 ⁻³	8,19·10 ⁻⁵	8,48·10 ⁻⁹
Fe(OH)₃	90,82	98,04	90,83	49	3,83	3,97·10 ⁻³
Fe(OH)₄⁻	0,09	0,98	9,08	50	96,17	99,66

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

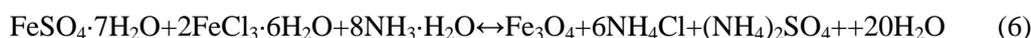
Магнетит можно рассматривать как феррит железа(II), являющийся продуктом взаимодействия слабого основания гидроксида железа(II) $\text{Fe}(\text{OH})_2$ и слабой «железной» кислоты $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Для того чтобы эти гидроксиды могли проявить свои основные и кислотные свойства и прореагировать между собой указанным образом, среда не должна быть излишне щелочной или кислой. В сильно щелочной среде оба гидроксида ведут себя как слабые кислоты, т. е. диссоциируют с отщеплением иона водорода, что не способствует образованию магнетита.

Оптимальной является такая концентрация гидроксид-ионов (рН раствора), при которой, с одной стороны, надежно идет гидролиз солей железа(II) и железа(III) до образования их гидроксидов, но с другой стороны не подавляются основные свойства гидроксида железа(II). Оптимальным значение рН при синтезе магнитной жидкости будет диапазон 7 – 8, так как при этих значениях катионы железа(III) существуют в активной форме. Кроме того, важно наличие буферных свойств у раствора щелочи. Если раствор обладает буферными свойствами, то водородный показатель не претерпевает сильных изменений в ходе смешивания раствора солей со щелочью и в ходе реакции гидролиза. Всем этим условиям наилучшим образом соответствует водный раствор аммиака.

Для синтеза магнитной компоненты в магнитной жидкости наиболее применимы хлориды и нитраты железа, обладающие высокой способностью к гидролизу, они минимально будут влиять на образование гидроксокомплексов.

Синтез магнетита производился путем соосаждения солей двух- и трехвалентного железа избытком щелочи. Синтез ферромагнетиков, содержащих ионы меди(II) и кобальта(II) осуществлялся путем соосаждения солей двух- и трехвалентного железа и частично замещенных ионов двухвалентного железа на ионы кобальта и меди избытком водного раствора аммиака.

Происходящая при этом химическая реакция может быть выражена следующим уравнением:



Использование аммиака позволяет создать мягкие условия соосаждения оксидов, что благоприятствует протеканию реакции с образованием нанодисперсного магнетита состава Fe_3O_4 или $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$.

В случаях получения сложных ферритов ионы двухвалентного железа Fe^{2+} могут быть полностью или частично замещены ионами других металлов, но с неизменным соблюдением соотношения $\text{Fe}^{3+} / (\text{Fe}^{2+} + \text{Me}^{2+}) = 2 / 1$ или $\text{Fe}^{3+} / \text{Me}^{2+} = 2 / 1$. В таких случаях применяли соли меди (CuCl_2), кобальта (CoCl_2).

Количественный анализ химического состава магнитной фазы показал, что соотношение компонентов в ферритах Fe_3O_4 , CuFe_2O_4 , $\text{Cu}_{0,08}\text{Fe}_{0,92}\text{Fe}_2\text{O}_4$, CoFe_2O_4 , $\text{Co}_{0,1}\text{Fe}_{0,9}\text{Fe}_2\text{O}_4$ (табл. 3).

Для определения класса полученных магнитных жидкостей – отношение к истинным жидкостям или суспензиям был проведен рентгенографический и электронномикроскопический анализ.

Таблица 3

Структура и состав исследуемых магнитных суспензий

Номер образца	Состав образца	Содержание компонентов, %	
		Cu	Co
1	Fe_3O_4	0,007	0,049
2	CuFe_2O_4	19,86	0,052
3	$\text{Cu}_{0,08}\text{Fe}_{0,92}\text{Fe}_2\text{O}_4$	1,59	0,062
4	CoFe_2O_4	0,008	24,35
5	$\text{Co}_{0,1}\text{Fe}_{0,9}\text{Fe}_2\text{O}_4$	0,003	3,54

По данным электронной микроскопии (рис. 1-2) структурные единицы магнитной компоненты имели сферическую форму и состояли из фуллереноподобных агрегатов оксида железа Fe_3O_4 , полученных в результате контролируемой реакции обмена, и оболочки основы.

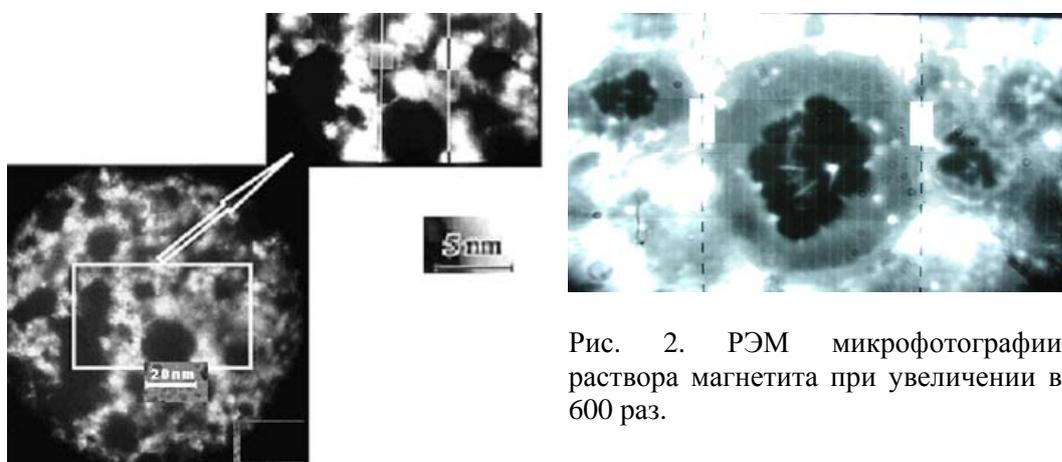


Рис. 1. Микрофотографии раствора магнетита.

Рис. 2. РЭМ микрофотографии раствора магнетита при увеличении в 600 раз.

Оболочка основы фиксируется строго между частицами магнетита, связывая их в цепочки. Такое поведение магнитных материалов возможно в случае реализации взаимодействия частица-частица при толщине оболочки растворителя, соизмеримой с размерами частиц, что возможно в случае, когда концентрация полярной фазы, содержащей ПАВ, мала. Средний размер полученных в таких условиях частиц составил от 6 до 75 нм. Распределение частиц по размерам логнормальное — за счет частичной агломерации магнетита, который является твердой фракцией в полученном образце (рис. 3-5). Из диаграмм следует, что наибольшее число частиц магнетита имеют размер 20-100 нм.

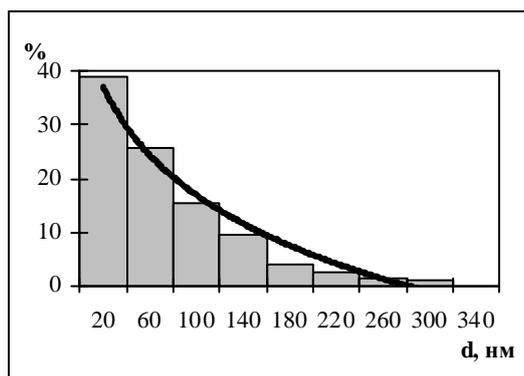


Рис. 3. Распределение частиц магнетита по размерам.

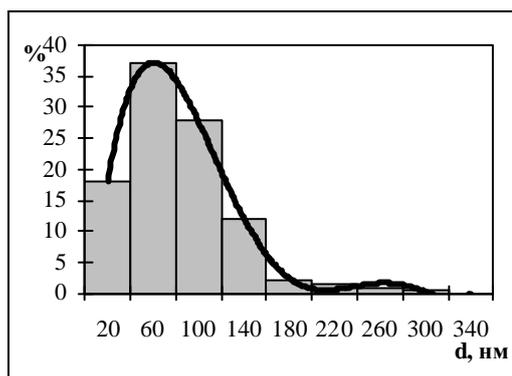


Рис. 4. Распределение частиц феррофазы CuFe_2O_4 по размерам.

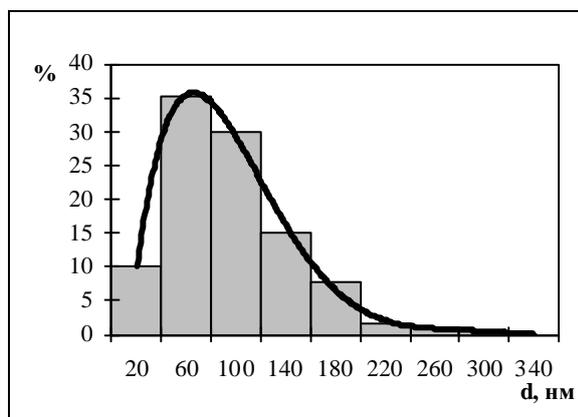


Рис. 5. Распределение частиц феррофазы CoFe_2O_4 по размерам.

Для подтверждения того, что синтезированная магнитная жидкость содержит магнетит, а не гидроксиды или другие соединения катионов железа проведен рентгенофазовый анализ.

Магнетит и γ -оксид железа очень похожи по структурным характеристикам. Разница заключается в плотности упаковки. Так, упаковка γ -оксида более плотная чем у магнетита. Отличие между ними можно обнаружить на рентгенограмме лишь в области $74-75^\circ$ угла 2θ . У Fe_3O_4 межплоскостное расстояние соответствует значению $74,105^\circ$, а у $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ – $74,723^\circ$. Наличие углов Брега в областях $35^\circ 32'$ и $57^\circ 10'$ свидетельствует о том, что частицы имеют кубическую структуру шпинели [7]. Рентгенограммы магнетита и феррита меди после хранения магнитной жидкости в течение 7 лет представлены на Рис. 6-7.

Образец: 1

No.	2theta [°]	d [Å]	I/I0
1	30.34	2.9465	722.79
2	32.62	2.7452	632.84
3	35.46	2.5316	995.38
4	35.73	2.5131	977.88
5	43.19	2.0948	585.54
6	53.59	1.7101	588.29
7	57.26	1.6091	603.61

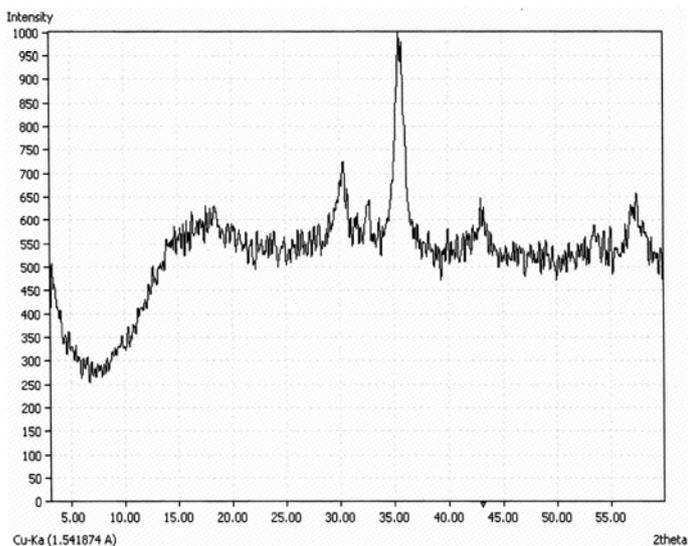


Рис. 6. Рентгенофазовый спектр образца магнетита через 7 лет после синтеза магнитной жидкости.

Образец: 2

No.	2theta [°]	d [Å]	I/I0
1	30.17	2.9619	704.79
2	35.64	2.5190	999.59
3	43.21	2.0940	598.60
4	57.23	1.6098	660.44

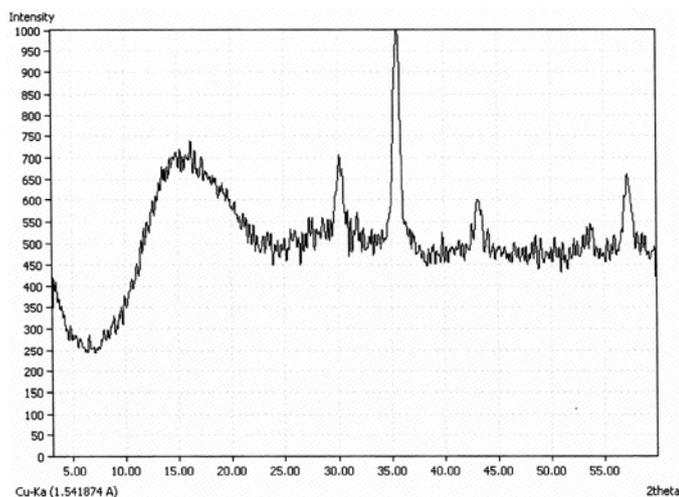


Рис. 7. Рентгенофазовый спектр образца CuFe_2O_4 через 7 лет после синтеза магнитной жидкости.

При старении магнитной жидкости происходит накопление аморфной компоненты, что связано с частичным окислением ионов железа(II), входящих в состав магнитной фазы. Рентгенофазовый анализ показал, что в обоих образцах не

содержится чистой фазы магнетита, а присутствуют еще и другие модификации оксидов железа.

Для подтверждения наличия остатков связанной воды в ферромагнитной жидкости на органической основе было проведено дериватографическое исследование, которое показало, что основная потеря массы образца (93 % от общей Δm) происходит в интервале температур 150-500°C, где наблюдаются сильные экзоэффекты с максимумами при температурах около 260, 300 и 400 °С, соответствующие процессу окисления олеиновой кислоты и продуктов ее разложения. Экзоэффектам предшествует слабый эндоэффект, который связан с испарением остатка воды (до 7% от общей потери массы), содержащегося в магнитной жидкости. Слабый экзоэффект, не сопровождающийся потерей массы, который можно отнести к фазовому переходу Fe_3O_4 в $\alpha-Fe_2O_3$ наблюдается при 580°C.

Наличие агрегатов сложной формы в полученной жидкости связано не только с различием в размерах и составе частиц, но и со структурой границы бензол – вода, при малых концентрациях воды в образце. При наличии гидрофобной поверхности раздела (бензол-вода) и магнитного поля возрастает вероятность безреагентного сдвига ионогенных групп кластера воды (H^+ или OH^-), вызванного его деформацией в магнитном поле [8] магнетита и маггемита ($\gamma-Fe_2O_3$), образовавшегося вместе с магнетитом (Fe_3O_4) в результате процессов окисления, что приводит к более жесткой координации ПАВ у поверхности магнетита. Такие эффекты приводят к появлению структур типа ядро-оболочка, превышающих по своим размерам структурные единицы твердой фазы (рис. 1). Причем подобная структура сохраняется и в образующихся агрегатах, что подтверждается результатами микросъемки (рис. 2) при большем разрешении.

ВЫВОД

В работе предложен метод синтеза магнитной жидкости с высокой намагниченностью и стойкостью в гидрофильно-гидрофобной среде на основе магнетита и ферромагнетиков, замещенных кобальтом и медью. Показана эффективность метода синтеза зависящего от основных параметров: pH среды и природы анионов.

Размер частиц, геометрическая структура и распределение электронной плотности в молекулах, формирующих оболочку магнетита, являются факторами, которые определяют как характер их взаимодействий с бензолом, так и агрегативные свойства растворов в целом.

Список литературы

1. Шаскольская М.П. Кристаллография / Шаскольская М.П. – М.: Высш. шк., 1984. – 376 с.
2. Берковский Б.М. Магнитные жидкости / Берковский Б.М., Медведев В.Ф., Краков М.С. – М.: Химия, 1989. – 240 с.
3. Бибик Е.Е. Приготовление феррожидкостей / Е.Е. Бибик // Коллоидный журнал. – 1973. – Т.35, №6. – С. 1141.
4. Глебов А.Н. Магнетохимия: магнитные свойства и строение веществ / А.Н. Глебов, А.Р. Буданов // Сорский образовательный журнал. – 1997. – №7. – С. 44–51.

5. Магнитные наночастицы: методы получения, строение и свойства / С.П. Губин, Ю.А. Кокшаров, Г.Б. Хомутов [и др.] // Успехи химии. – 2005. – № 74(6). – С. 539–574.
6. Батлер Дж. Ионные равновесия. Пер. с англ. / Батлер Дж. – Л.: Химия, 1973. – 448 с.
7. Структура и магнитные свойства наночастиц на основе железа в оксидной оболочке / Д.В. Толочко, Ч.-Дж. Чой Ли, Д. Ким [и др.] // Письма в ЖТФ. – 2005. – Т. 31, № 18. – С. 30–36
8. Самоорганизация слоя магнитной жидкости в сильных электрических полях / В.М. Кожевников, И.Ю. Чуенкова, М.И. Данилов [и др.] // Письма в ЖТФ. – 2005. – Т.31, вып.21. – С.64–67.

Алексашкін І.В. Оптимізація умов синтезу магнітної рідини / І.В. Алексашкін, К.Д. Першина, К.О. Каздобін // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 227-235.

Робота присвячена розробці методу синтезу магнітної рідини. Розв'язано задачу синтезу стійких (протягом 7 років) магнітних суспензій, вивчена їх структурна організація. Синтез магнітної рідини з високою намагніченістю і стійкістю проводився в гідрофільно-гідрофобній середовищі на основі магнетиту і феромагнетиків, заміщених кобальтом і міддю. Показано ефективність методу синтезу, який залежить від основних параметрів: рН середовища, і природа аніонів вихідних компонентів.

Ключові слова: магнітна рідина, магнетит, ферити, синтез.

Aleksashkin I.V. Optimization of synthesis magnetic fluid / I.V. Aleksashkin, K.D. Pershina, K.A. Kazdobin // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No. 3. – P. 227-235.

Is devoted to developing methods of synthesis of magnetic fluid. The problem of synthesis stable (within 7 years) of magnetic suspensions, studied their structural organization. Synthesis of magnetic fluid with a high magnetization and resistance was carried out in hydrophilic-hydrophobic environment on the basis of magnetite and ferro-substituted cobalt and copper. The efficiency of the synthesis method, which depends on the basic parameters: pH, and the nature of the anions of the initial components.

Keywords: magnetic fluid, magnetite, synthesis.

Поступила в редакцію 18.09.2010 г.

УДК 547.918

ГЛИКОЗИДЫ РОДА *CUSSONIA* И ИХ БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ

Довгий И.И.¹, Гришковиц В.И.²

¹Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности,
Севастополь, Украина

²Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: dovgy@ukr.net

Проанализированы литературные данные по вторичным метаболитам, выделенным из растений рода *Cussonia*. Показано, что агликоны большинства гликозидов относятся к α -амириновому и лупановому ряду. Обсуждены выявленные у тритерпеновых гликозидов виды биологической активности.

Ключевые слова: тритерпеновые гликозиды, род *Cussonia*.

Род *Cussonia* Thunb. включает около 40 видов растений, из которых к настоящему времени фитохимически изучались 10 видов и подвидов, а именно: *Cussonia capuroniana* Bern. var. *capuroniana* [1], *Cussonia capuroniana* Bern. var. *bracteolata* [1], *Cussonia racemosa* Baker [2-4], *Cussonia vantsilana* Baker [1, 5], *Cussonia bojeri* Hutch. [1, 6], *Cussonia myriantha* Hutch. [1], *Cussonia spicata* Thunb. [7], *Cussonia barteri* Seem. [8-10], *Cussonia holstii* Engl. [11] и *Cussonia bancoensis* [12]. По данным разных авторов тритерпеновые гликозиды или свободные тритерпеноиды были обнаружены во всех этих растениях.

Растения рода *Cussonia* используются в Африканской официальной и народной медицине для лечения малярии, диареи, сифилиса, психических заболеваний, ревматизма и как антиспазмолитические средства [7].

Однако необходимо отметить, что при идентификации тритерпеноидов в кислотном гидролизате метанольных экстрактов *Cussonia bojeri* и *Cussonia vantsilana* [1] ни свободные тритерпеноиды, ни их гликозиды не были выделены современными исследователями [5, 6].

Из листьев *Cussonia bojeri*, *Cussonia vantsilana* и *Cussonia racemosa* были выделены дитерпеновые гликозиды клероданового, *энт*-кауранового и лабданового рядов, а из листьев *Cussonia barteri* – эфиры квиниковой кислоты и смесь тритерпеновых гликозидов, состав которой изучен не был. В целом следует отметить, что большинство растений изучалось фрагментарно, и к настоящему времени всего были выделены и установлены полные структуры двенадцати тритерпеновых гликозидов и четырех тритерпеноидов (табл. 1).

К настоящему времени исследователями была изучена биологическая активность экстрактов некоторых видов рода *Cussonia* и выделенных из них веществ. Было показано, что гликозиды из стеблей *Cussonia barteri* обладают седативной активностью [8]. Куссонозид А (28-О- α -L-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 4)-О- β -D-глюкопиранозил-(1 \rightarrow 6)-О-

β -D-глюкопиранозид хедерагенина) значительно уменьшает спонтанную подвижность у мышей при оральном введении в дозе 1 мл/кг, в то время как очищенная сумма сапонинов из этого растения вызывает подобный эффект при введении 10 мг/кг.

Таблица 1

Структуры тритерпеноидов и тритерпеновых гликозидов, выделенных из растений рода *Cussonia*

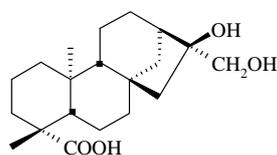
Тип агликона	R ₁	R ₂	R ₃	Растение
A	H	OH	H	<i>C. holstii</i>
A	H	H	$\leftarrow\text{Glc}^6\leftarrow\text{Glc}^4\leftarrow\text{Rha}$	<i>C. barteri</i>
A	H	OH	$\leftarrow\text{Glc}^6\leftarrow\text{Glc}^4\leftarrow\text{Rha}$	<i>C. barteri</i>
A	$\text{Ara}_4\rightarrow^4\text{GlcUA}\rightarrow$	H	H	<i>C. spicata</i>
A	$\text{Ara}_4\rightarrow^4(\text{Gal}\rightarrow^2)\text{GlcUA}\rightarrow$	H	H	<i>C. spicata</i>
B	H	H	H	<i>C. bancoensis</i>
B	H	OH	H	<i>C. bancoensis</i>
B	$\text{Gal}\rightarrow^2\text{Ara}\rightarrow$	H	$\leftarrow\text{Glc}$	<i>C. racemosa</i>
B	$\text{Gal}\rightarrow^2\text{Ara}\rightarrow$	H	$\leftarrow\text{Glc}^6\leftarrow\text{Glc}^4\leftarrow\text{Rha}$	<i>C. racemosa</i>
B	$\text{Ara}\rightarrow$	OH	H	<i>C. bancoensis</i>
B	$\text{Glc}\rightarrow$	OH	H	<i>C. bancoensis</i>
C	H	H	H	<i>C. bancoensis</i>
C	$\text{Glc}\rightarrow$	H	$\leftarrow\text{Glc}^6\leftarrow\text{Glc}$	<i>C. racemosa</i>
C	$\text{Glc}\rightarrow$	H	$\leftarrow\text{Glc}^6\leftarrow\text{Ara}$	<i>C. racemosa</i>
C	$\text{Gal}^1\rightarrow^2\text{Ara}\rightarrow$	H	$\leftarrow\text{Glc}^6\leftarrow\text{Glc}^4\leftarrow\text{Rha}$	<i>C. racemosa</i>
C	$\text{Rha}^1\rightarrow^2\text{Ara}\rightarrow$	H	$\leftarrow\text{Glc}^6\leftarrow\text{Glc}^4\leftarrow\text{Rha}$	<i>C. racemosa</i>

Однако при определении моллюскоцидного действия куссонозид А не проявил активность вплоть до концентрации 50 м.д. (миллионных долей), а очищенная сумма – до концентрации 200 м.д. Другая группа исследователей показала, что экстракт корней *Cussonia barteri* обладает антифунгальной, ларвицидальной, моллюскоцидной, а также антиоксидантной и радикалсвязывающей активностью [9].

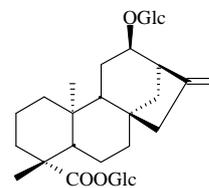
Изучение моллюскоцидной активности проводилось на моллюсках *Biomphalaria pfeifferi* и *Biomphalaria truncatus*. При изучении моллюскоцидной активности было показано, что препарат, полученный после удаления растворителя из метанольного экстракта в два раза активней, чем полученный из дихлорметанового, летальные концентрации составили соответственно 50 и 100 мг/л, время экспозиции 24 часа.

Гликозиды из стеблей *Cussonia spicata* были изучены на предмет моллюскоцидной и спермицидной активностей. Водный экстракт стеблей полностью убивает моллюсков *Biomphalaria glabrata* при концентрации 400 м.д. в течение 24 часов [7]. Исследователями были выделены два гликозида, отвечающие за моллюскоцидную активность – 3-О- α -L-арабинофуранозил-(1 \rightarrow 4)-О- β -D-глюкуронопиранозид олеаноловой кислоты, который был токсичен для *Biomphalaria glabrata* (LC₁₀₀ 12,5 мг/л), а токсичность другого гликозида – 3-О-[α -L-арабинофуранозил-(1 \rightarrow 4)]-[α -L-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 2)]-О- β -D-глюкуронопиранозид олеаноловой кислоты составила 100 мг/л. Предварительная оценка спермицидной активности в отношении сперматозоидов человека показала, что первый гликозид полностью ингибирует подвижность сперматозоидов при концентрации 1 мг/л в течение 3 мин, тогда как второй гликозид проявлял аналогичное действие при концентрации 3 мг/л.

Дитерпеноид 16 β ,17-дигидроксикауран-19-овая кислота, выделенная из листьев *Cussonia bojeri* [6], обладает анти-ВИЧ активностью (ингибирует репликацию ВИЧ в Н9 лимфоцитных клетках со значением EC₅₀ 0,8 мкг/мл).



16 β ,17-Дигидроксикауран-19-овая кислота



Куссоракозид С

Cussonia vantsilana [5] продуцирует сладкое вещество – дитерпеновый гликозид куссоракозид С (содержание около 0,11%), которое в 13 раз слаще сахара.

Показано, что экстракт стеблей *Cussonia holstii* обладает антитрихомонозной активностью [11]. Детальное хроматографическое исследование выявило, что веществом, отвечающим за данный вид активности, является хедерагенин (IC₅₀ 2,8 мкМ), эта был первый случай выявления антитрихомонозной активности у пентациклических тритерпеноидов. Интересно также, что до этого у хедерагенина не наблюдали выраженную цитотоксическую активность.

У гликозидов и тритерпеноида, выделенных из стеблей *Cussonia bacoensis* [12], были обнаружены свойства ингибиторов образования оксида азота(II). Оксида азота(II) является важным регулятором иммунных процессов. Повышенное выделение NO может вызывать хронические воспалительные процессы. 23-Гидроксиурсоловая кислота проявляла значительную активность в ингибировании образования NO, но ее два гликозида 3-О- α -L-арабинопиранозид и 3-О- β -D-глюкуронопиранозид, выделенные из того же растения, были менее эффективны.

ВЫВОД

Проанализированы литературные данные по тритерпеноидам и тритерпеновым гликозидам, выделенным из растений рода *Cussonia*. Показано, что агликоны большинства выделенных гликозидов относятся к α -амириновому и лупановому ряду. Кроме того, для растений этого рода в литературе описаны гликозиды, содержащие агликоны β -амиринового ряда – олеаноловую кислоту и хедерагенин.

Отмечены виды биологической активности, обнаруженные у тритерпеновых гликозидов, выделенных из растений рода *Cussonia*.

Список литературы

1. Chazan J.B. Repartition des sapogenins triterpeniques dans quelques genres D'araliacees de Madagascar / J.B. Chazan // *Phytochemistry*. – 1971. – Vol.10. – P. 2111–2116.
2. Harinantenaina L. Cussosaponins A-E, Triterpenoid Glycosides from the leaves of *Cussonia racemosa*, a Malagasy Endemic Plant / L. Harinantenaina, R. Kasai, K. Yamasaki // *Chem. Pharm. Bull.* – 2002. – Vol.50, №9. – P. 1290–1293.
3. Harinantenaina L. Ent-Kauran Diterpenoid Glycosides from the leaves of *Cussonia racemosa*, a Malagasy Endemic Plant / L. Harinantenaina, R. Kasai, K. Yamasaki // *Chem. Pharm. Bull.* – 2002. – Vol.50, №2. – P. 268–271.
4. Harinantenaina L. Clerodan and labdan Diterpenoid Glycosides from a Malagasy Endemic Plant *Cussonia racemosa* / L. Harinantenaina, R. Kasai, K. Yamasaki // *Phytochemistry*. – 2002. – Vol.60. – P. 339–343.
5. Harinantenaina L. Ent-Kauran Diterpenoid Glycosides from a Malagasy Endemic Plant, *Cussonia vantsilana* / L. Harinantenaina, R. Kasai, K. Yamasaki // *Phytochemistry*. – 2002. – Vol.61. – P. 367–372.
6. Harinantenaina L. A New Ent-kauran Diterpenoid Glycoside from the Leaves of *Cussonia bojeri*, a Malagasy Endemic Plant / L. Harinantenaina, R. Kasai, K. Yamasaki // *Chem. Pharm. Bull.* – 2002. – Vol.50, №8. – P. 1122–1123.
7. Gunzinger J. Molluscicidal saponins from *Cussonia spicata* / J. Gunzinger, J.D. Msonthi, K. Hostettmann // *Phytochemistry*. – 1986. – Vol.25. – P. 2501–2503.
8. Duboiss M.A. Cussonosides A and B, two Triterpene-saponins from *Cussonia barteri* / M.A. Duboiss, M. Ilyas, H. Wagner // *Planta Medica*. – 1986. – Vol.2. – P. 80–83.
9. Screening of Malian medical plants for antifungal, larvicidal, molluscicidal, antioxidant and radical scavenging activities / D. Diallo, A. Marston, C. Terreaux [et al] // *Phytotherapy Research*. – 2001. – Vol.15, №5. – P. 401–406.
10. Isolation from *Cussonia barteri* of 1'-O-chlorogenoylchlorogenic acid and 1'-O-chlorogenoylneochlorogenic acid, a new type of quinic acid ester / S. Papajevski, B. Vogler, J. Conrad [et al] // *Planta Medica*. – 2001. – Vol.67, №8. – P. 732–736.
11. Antitrichomonas in vitro activity of *Cussonia holstii* Engl / W. He, L. Van Puyvelde, L. Maes [et al] // *Nat.Prod.Res.* – 2003. – Vol.17, №2. – P. 127–133.
12. Saponins from *Cussonia bancoensis* and their inhibitory effects on nitric oxide production / L.A. Taponjou, D. Lontsi, B.L. Sondengam [et al] // *J. Nat. Prod.* – 2003. – Vol.66. – P. 1266–1269.

Довгий І.І. Глікозиди роду *Cussonia* та їх біологічна активність / І.І. Довгий, В.І. Гришковець // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 236-239.

Проаналізовано літературні дані з вторинних метаболітів з видів роду *Cussonia*. Відмічено що аглікони більшості глікозидів належать до α -аміринового та лупанового рядів. Обговорено виявлені види біологічної дії глікозидів.

Ключові слова: тритерпенові глікозиди, род *Cussonia*.

Dovgyy I.I. Glycosides of *Cussonia* genus and their biological activity / I.I. Dovgyy, V.I. Grishkovets // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No. 3. – P. 236-239.

The literature data on secondary metabolites of *Cussonia* genus were analyzed. Most of aglycones belongs to α -amyryne and lupane rows. The biologic activity of glycosides is discussed.

Keywords: triterpene glycosides, genus *Cussonia*.

Поступила в редакцію 20.09.2010 г.

УДК 547.918

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ ПО ОРГАНАМ КУССОНИИ МЕТЕЛЬЧАТОЙ *CUSSONIA PANICULATA*

Довгий И.И.¹, Гришковиц В.И.²

¹*Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности,
Севастополь, Украина*

²*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина
E-mail: dovgy@ukr.net*

Рассмотрено распределение тритерпеновых гликозидов в различных органах куssonии метельчатой *Cussonia paniculata* Eckl. et Zeih. Показано качественное и количественное различие гликозидных составов листьев, стеблей и цветочных бутонов *Cussonia paniculata*, в частности, высокое содержание ацетилированных тритерпеновых гликозидов в листьях и цветочных бутонах *Cussonia paniculata* и их отсутствие в стеблях.

Ключевые слова. тритерпеновые гликозиды, куssonия метельчатая *Cussonia paniculata* Eckl. et Zeih.

ВВЕДЕНИЕ

Ранее нами сообщалось о выделении и установлении строения тритерпеновых гликозидов из различных органов куssonии метельчатой и изучении их биологической активности [1-7].

Проведенные исследования показали, что содержание тритерпеновых гликозидов в стеблях и бутонах меньше, чем в листьях. При этом в стеблях *Cussonia paniculata* не обнаружено ацетилированных гликозидов. В бутонах, как и в листьях, преобладают ацетилированные гликозиды, но не выделены кислые гликозиды, наличие следов которых было определено по ТСХ. Содержание гликозидов в изученных органах приведено в Табл. 1.

В листьях близко содержание гликозидов олеаноловой кислоты и хедерагенина. В бутонах преобладающими являются гликозиды олеаноловой кислоты. В стеблях – гликозиды хедерагенина, олеаноловая кислота входит в состав двух кислых гликозидов. Также в стеблях не обнаружены гликозиды урсоловой и 23-гидроксибетулиновой кислоты, обнаруженные в листьях и бутонах. В целом необходимо отметить, что агликоны, входящие в состав гликозидов, весьма разнообразны по своему строению. В качестве агликонов обнаружены тритерпеноиды β-амиринового ряда – олеаноловая кислота и хедерагенин; α-амиринового ряда – урсоловая и 23-гидроксиурсоловая кислоты; лупанового ряда – 23-гидроксибетулиновая кислота. В большинство гликозидов входят агликоны β-амиринового ряда. Основным гликозидом в листьях и бутонах является – 28-O-α-L-рамнопиранозил-(1→4)-O-β-D-глюкопиранозил-(1→6)-O-β-D-глюкопиранозид 23-

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ ПО ОРГАНАМ

гидроксиурсоловой кислоты (**10**), однако в стеблях с ним по содержанию сравним 3-О- α -L-арабинопиранозил-28-О- α -L-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 4)-О- β -D-глюкопиранозил-(1 \rightarrow 6)-О- β -D-глюкопиранозид хедерагенина (**6**). 23-Гидроксигетулиновая кислота входит в состав лишь двух ацилированных гликозидов, выделенных из листьев и цветочных бутонов (**13a** и **13b**).

Таблица 1

Гликозидный состав листьев, бутонов и стеблей куссонии метельчатой

Гликозид	Заместитель у С-3 атома агликона	Агликон	Заместитель у С-28 атома агликона	Содержание, %		
				Листья	Бутоны	Стебли
2a	Ara \rightarrow	³ (OleanA) ²⁸	\leftarrow H	1,2	4,2	-
2b	Ara \rightarrow	³ (UrsA) ²⁸	\leftarrow H	0,8	2,8	-
3	Ara \rightarrow	³ (Hed) ²⁸	\leftarrow H	5,3	2,6	8,3
4a	Ara \rightarrow	³ (OleanA) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha	3,2	7,3	-
4b	Ara \rightarrow	³ (UrsA) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha	2,1	4,8	-
5	Ara \rightarrow	³ (Hed) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc	-	-	6,0
6	Ara \rightarrow	³ (Hed) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha	7,9	4,5	19,0
7	Ara \rightarrow	³ (Hed) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha ⁴ \leftarrow OAc	0,4	-	-
8a	Ara \rightarrow	³ (Hed) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha ² \leftarrow OAc	8,4	4,7	-
8b	Ara \rightarrow	³ (Hed) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha ³ \leftarrow OAc	8,4	4,7	-
9a	Ara \rightarrow	³ (OleanA) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha ² \leftarrow OAc	2,4	6,4	-
9b	Ara \rightarrow	³ (OleanA) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha ³ \leftarrow OAc	2,4	6,4	-
9c	Ara \rightarrow	³ (UrsA) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha ² \leftarrow OAc	0,1	1,6	-
9d	Ara \rightarrow	³ (UrsA) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha ³ \leftarrow OAc	0,1	1,6	-
10	H \rightarrow	³ (23-OH-UrsA) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha	17,3	15,3	18,6
10a	H \rightarrow	³ (Hed) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha	-	-	9,3
11	H \rightarrow	³ (23-OH-UrsA) ²⁸	\leftarrow Glc	-	-	4,6
12	H \rightarrow	³ (23-OH-UrsA) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc	-	-	5,6
13a	H \rightarrow	³ (23-OH-BetA) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha ² \leftarrow OAc	2,4	1,6	-
13b	H \rightarrow	³ (23-OH-BetA) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha ³ \leftarrow OAc	2,4	1,6	-
14a	H \rightarrow	³ (Hed) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha ² \leftarrow OAc	2,5	1,8	-
14b	H \rightarrow	³ (Hed) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha ³ \leftarrow OAc	2,5	1,8	-
15	Glc \rightarrow ² Ara \rightarrow	³ (OleanA) ²⁸	\leftarrow H	3,1	6,5	-
16	Glc \rightarrow ² Ara \rightarrow	³ (OleanA) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha	3,2	9,8	-
17	Glc \rightarrow ² Ara \rightarrow	³ (Hed) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha	1,4	-	5
18a	Glc \rightarrow ² Ara \rightarrow	³ (OleanA) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha ² \leftarrow OAc	2,9	4,2	-
18b	Glc \rightarrow ² Ara \rightarrow	³ (OleanA) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha ³ \leftarrow OAc	2,9	4,2	-
19a	Glc \rightarrow ² Ara \rightarrow	³ (Hed) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha ² \leftarrow OAc	0,9	-	-
19b	Glc \rightarrow ² Ara \rightarrow	³ (Hed) ²⁸	\leftarrow Glc ⁶ \leftarrow Glc ⁴ \leftarrow Rha ³ \leftarrow OAc	0,9	-	-
20	GlcUA \rightarrow	³ (OleanA) ²⁸	\leftarrow H	6,7	-	7,4
21	GlcUA \rightarrow	³ (Hed) ²⁸	\leftarrow H	-	-	8,1
22	GlcUA \rightarrow	³ (Hed) ²⁸	\leftarrow Glc	1,4	-	-
23	Glc \rightarrow ² GlcUA \rightarrow	³ (OleanA) ²⁸	\leftarrow Glc	2,1	-	7

Примечание. Гликозид **1** – 3-О- β -D-гликозид β -ситостерина. В данной таблице использованы условные обозначения: UrsA – урсоловая кислота; OleanA – олеаноловая кислота; BetA – бетулиновая кислота; Hed – хедерагенин.

Большинство гликозидов, выделенных из различных органов, являются бидесмозидными. В выделенных моносмозидных гликозидах углеводные цепи находятся как по С-3 атому агликона, так и в более необычном положении по С-28 атому агликони. Основными углеводными фрагментами по атому С-3 агликона в гликозидах являются α -L-арабинопиранозильный и β -D-глюкопиранозил-(1→2)-O- α -L-арабинопиранозильный фрагменты, а в кислых гликозидах – β -D-глюкуронопиранозильный и β -D-глюкопиранозил-(1→2)-O- β -D-глюкуронопиранозильный фрагменты. Углеводные фрагменты по С-28 атому агликона представлены большим разнообразием. В бидесмозидных гликозидах и моносмозидных гликозидах, не имеющих углеводной цепи по С-3 атому агликона, найден распространенный в гликозидах растений семейства аралиевых α -L-рамнопиранозил-(1→4)-O- β -D-глюкопиранозил-(1→6)-O- β -D-глюкопиранозильный фрагмент, а в минорных гликозидах – β -D-глюкопиранозил-(1→6)-O- β -D-глюкопиранозильный и β -D-глюкопиранозильный фрагменты. Другой особенностью гликозидного состава является наличие большого количества ацилированных гликозидов, в которых ацетатная группа находится по С-2, С-3 или С-4 остатка рамнозы в трисахаридном фрагменте Rha→⁴Glc→⁶Glc→²⁸. При этом все гликозиды ацилированные по С-2 и С-3 были выделены в виде смесей, в которых они находились в мольном отношении 1:1. Как было указано выше, ранее гликозиды с такими углеводными фрагментами были выделены лишь однажды [8]. Однако только из листьев был выделен единственный гликозид, ацилированный по атому С-4 остатка рамнозы (гликозид 7), насколько нам известно, ранее гликозиды с таким углеводным фрагментом не выделялись.

Как было показано при установлении строения многие гликозиды, выделенные из *Cussonia paniculata*, были выделены ранее из различных органов *Fatsia japonica*, что показывает близость этих растений по хемотаксономическому признаку.

ВЫВОД

Выявлено качественное и количественное различие гликозидных составов листьев, стеблей и цветочных бутонов *Cussonia paniculata*, в частности, высокое содержание ацилированных тритерпеновых гликозидов в листьях и цветочных бутонах *Cussonia paniculata* и их отсутствие в стеблях.

Список литературы

1. Довгий И.И. Тритерпеновые гликозиды листьев *Cussonia paniculata* / И.И. Довгий, В.И. Гришковец // Учёные записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2005. – Т. 18(58), №2. – С. 38–42.
2. Тритерпеновые гликозиды *Cussonia paniculata*. I. Выделение и установление строения гликозидов А, В1, В2, С, D, G2, Н1 и Н2 / И.И. Довгий, В.И. Гришковец, В.В. Качала [и др] // Химия природ. соедин. – 2005. – № 2. – С. 160–163.
3. Тритерпеновые гликозиды *Cussonia paniculata*. II. Ацилированные гликозиды из листьев *Cussonia paniculata* / В.И. Гришковец, И.И. Довгий, В.В. Качала [и др] // Химия природ. соедин. – 2005. – № 4. – С. 351–356.

4. Тритерпеновые гликозиды *Cussonia paniculata*. III. Выделение и установление строения гликозидов I1, I2, J1a, J1b, J2, K, L1 и L2 из листьев *Cussonia paniculata* / И.И. Довгий, В.И. Гришкорец, В.В. Качала [и др] // Химия природ. соедин. – 2006. – № 2. – С. 149–152.
5. Использование методов ЯМР-спектроскопии для установления строения тритерпеновых гликозидов *Cussonia paniculata* / И.И. Довгий, В.И. Гришкорец, В.В. Качала [и др] // Учёные записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2006. – Т.19(58), №1. – С. 141–146.
6. Моллюскоцидная активность тритерпеновых гликозидов, выделенных из куссонии метельчатой *Cussonia paniculata* / И.И. Довгий, В.И. Гришкорец, Л.А. Яковишин [и др] // Учёные записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2006. – Т.19(58), №3. – С. 131–134.
7. Тритерпеновые гликозиды цветочных бутонов и стеблей *Cussonia paniculata* / И.И. Довгий, В.И. Гришкорец, В.В. Качала [и др] // Учёные записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2006. – Т.19(58), №4. – С. 235–240.
8. Hiller K. Zur Struktur der bismosidischen Saponine von *Astrantia major* L. / K. Hiller, M. Leska, E. Grundemann // Pharmazie. – 1990. – Vol.45. – P. 615–617.

Довгий І.І. Розподіл ритерпенових глікозидів по органам кусонії волотистої *Cussonia paniculata* / І.І. Довгий, В.І. Гришкорець // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 240–243.

Виявлено якісну та кількісну різницю глікозидного складу листя, стебел та квіткових бутонів *Cussonia paniculata*, зокрема, високий вміст ацетильованих тритерпенових глікозидів у листях і квіткових бутонах та їх відсутність в стеблах.

Ключові слова. тритерпенові глікозиди, кусонія волотиста *Cussonia paniculata* Eckl. et Zeih.

Dovgyy I.I. The distribution of triterpene glycosides in the organs of *Cussonia paniculata* / I.I. Dovgyy, V.I. Grishkovets // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No. 3. – P. 240–243.

The qualify and quantify differences in triterpene glycosides distribution are shown. Among other things high content of acetylated triterpene glycosides in the leaves and flowers and their absence in the stem bark were mentioned.

Keywords. triterpene glycosides, *Cussonia paniculata* Eckl. et Zeih.

Поступила в редакцію 20.09.2010 г.

УДК 541.127/.127.4

ВПЛИВ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОЗЧИННИКІВ НА КІНЕТИКУ РЕАКЦІЇ МЕТИЛЗАМІЩЕНИХ ГІДРАЗИДІВ О,О-ДИФЕНІЛТІОФОСФОРНОЇ КИСЛОТИ З ФЕНІЛІЗОТІОЦІАНАТОМ

Іванець Л.М.

*Тернопільський державний медичний університет ім. І.Я. Горбачовського, Тернопіль,
Україна
E-mail: Ivanets_Lyuda@ukr.net*

Вивчено вплив деяких фізико-хімічних параметрів реакційного середовища на константи швидкості реакції метилзаміщених гідрозидів О,О-дифенілтіофосфорної кислоти з фенілізотіоціанатом. Встановлено, що визначальний вплив на процес має специфічна сольватація молекул гідрозидів електронодонорними розчинниками основної природи.

Ключевые слова: метилзаміщені гідрозиди О,О-дифенілтіофосфорної кислоти, розчинники, сольватація.

ВСТУП

Дана робота присвячена кількісній оцінці впливу природи реакційного середовища на взаємодію метилзаміщених гідрозидів О,О-дифенілтіофосфорної кислоти з фенілізотіоціанатом. Продуктами реакцій такого типу є фосфоровмісні тіосемікарбазиди з комплексом цінних фізико-хімічних властивостей, які використовуються для одержання полімерних матеріалів [1]. Дослідження зв'язку розчинник — реакційна здатність гідрозидів на прикладі модельної реакції допоможе у вирішенні теоретичних питань щодо обґрунтованого підбору реакційного середовища з метою прискорення утворення продуктів.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Об'єктом дослідження була кінетика реакції гідрозидів О,О-дифенілтіофосфорної кислоти з фенілізотіоціанатом (ФІТЦ) в органічних розчинниках різної природи при 25°C.

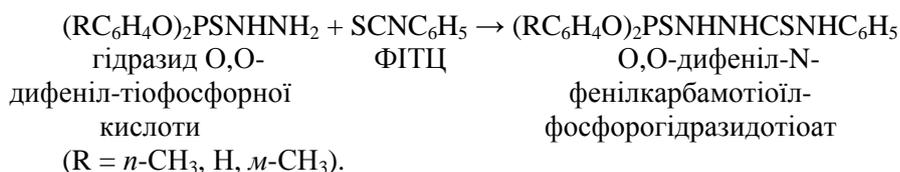
Перед використанням гідрозиди перекристалізували, фенілізотіоціанат переганяли у вакуумі. Метанол очищали перегонкою. Бензол очищали, переганяючи над пентаоксидом фосфору, а потім над натрієм, перед використанням його продували аргоном для видалення розчиненого кисню. Нітробензол марки ЧДА сушили хлоридом кальцію і двічі переганяли у вакуумі. Ацетонітрил марки ЧДА 3 години кип'ятили з пентаоксидом фосфору, потім двічі переганяли щоразу над свіжою порцією P_2O_5 , третій раз переганяли без осушувача. Етилацетат марки Ч промивали насиченим водним розчином хлориду натрію, після чого протягом 1

тижня сушили сульфатом магнію, потім двічі переганяли над пентаоксидом фосфору і третій раз без осушувача. *N,N*-Диметилформамід марки Ч 3-4 години витримували при пониженому тиску в атмосфері азоту для видалення летких амінів, відганяли першу фракцію і кип'ятили 2 години з гексаметилендізоціанатом (10 мл/л), потім тричі фракціонували на ректифікаційній колонці з відбором фракції, яка кипить при 55°C (20 мм рт. ст.). Диметилсульфоксид марки Ч переганяли при пониженому тиску над оксидом барію, потім двічі без осушувача. Трибутилфосфат переганяли при пониженому тиску. Піперидин сушили протягом доби над твердим їдким калі, після чого двічі переганяли. Всі використані речовини мали фізико-хімічні константи, які відповідають літературним [2].

Бензолні розчини гідразидів *O,O*-діарилтіофосфорних кислот і фенілізотіоціанату (по 0,00125 моль/л) зливали в рівних об'ємах в тому чи іншому розчиннику. Через деякий час реакцію зупиняли додаванням бензолного розчину піперидину. Після цього титрували розчином хлоридної кислоти в середовищі метанолу з використанням індикатору спиртового розчину бромкрезолового зеленого. Дослідження включали три повторності, глибина перетворень досягала не менше 80 %.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Раніше було показано, що гідразиди, в ароматичні ядра яких введені електрондонорні замісники (в тому числі —CH₃), мають підвищену реакційну здатність, порівняно з незаміщеним гідразидом *O,O*-дифенілтіофосфорної кислоти [3]. Досліджена реакція перебігає кількісно і необоротно у відповідності з рівнянням:



Як і в бензолі, швидкість реакцій описується кінетичним рівнянням другого порядку (першого за кожним реагентом) і не ускладнена побічними процесами. Константи швидкості реакції в певному розчиннику практично не змінюються в ході процесу, що вказує на підпорядкування реакції другому порядку при розрахунку констант швидкості в усіх розчинниках.

Кількісний вплив природи розчинників на константи швидкості досліджуваної реакції вивчали, виходячи з того, як фізико-хімічні параметри розчинників впливають на стан самих реагентів. Відомо, що визначальний вплив на швидкість реакції гідразидів фосфорних кислот з електрофільними реагентами має специфічна взаємодія гідразиду з розчинником [4]. У зв'язку з цим дослідження проводились у розчинниках, які здатні до специфічної взаємодії з гідразидом, тобто є донорами електронів і акцепторами протонів.

В Таблиці 1 показана залежність констант швидкості досліджуваної реакції від параметрів розчинників, які звичайно використовують для характеристики їх здатності до специфічної сольватації: донорного числа DN, здатності до утворення водневих зв'язків $\rho K_{\text{НВ}}$ та основності В.

Як відомо, ароматичне ядро бензолу здатне проявляти електродонорні властивості, але утворює лише слабкі водневі зв'язки із протондонорним субстратом, тому в бензолі швидкість реакції низька. В Оксиген- і Нітрогенвмісних розчинниках швидкість реакції значно вища. Вони є хорошими акцепторами атомів Гідрогену гідразиду при утворенні водневих зв'язків у донорно-акцепторних комплексах. Утворення достатньо міцних водневих зв'язків типу $\text{N—H}\cdots\text{O(N)}$ підвищує електронну густину на атомі Нітрогену амінної групи гідразиду, а, відповідно, і його здатність до електростатичної взаємодії з електрофільним Карбоном фенілізотіоціанату. Це і зумовлює високу швидкість реакції в даних розчинниках.

Таблиця 1

Константи швидкості реакції метилзаміщених гідразидів О,О-дифенілтіофосфорної кислоти з фенілізотіоціанатом в розчинниках і параметри розчинників

Розчинник	DN [5]	$\rho K_{\text{НВ}}$ [6]	В [7]	Константа швидкості реакції ($k \cdot 10^3$, л/(моль·с)) для гідразидів з радикалами R		
				R= <i>n</i> -CH ₃ , H	R= <i>m</i> -CH ₃ , <i>m</i> -CH ₃	R= <i>n</i> -CH ₃ , <i>n</i> -CH ₃
Бензол	0,1	-0,29	48	0,239	0,248	0,390
Нітробензол	4,4	0,73	67	0,316	0,398	0,631
Ацетонітрил	14,1	0,90	160	0,708	1,12	1,78
Етилацетат	17,1	1,09	181	1,58	1,26	2,51
N,N-Диметилформамід	26,6	2,06	291	5,16	4,99	5,21
Диметилсульфоксид	29,8	2,53	362	12,6	14,1	7,08

Як відомо, ароматичне ядро бензолу здатне проявляти електродонорні властивості, але утворює лише слабкі водневі зв'язки із протондонорним субстратом, тому в бензолі швидкість реакції низька. В Оксиген- і Нітрогенвмісних розчинниках швидкість реакції значно вища. Вони є хорошими акцепторами атомів Гідрогену гідразиду при утворенні водневих зв'язків у донорно-акцепторних комплексах. Утворення достатньо міцних водневих зв'язків типу $\text{N—H}\cdots\text{O(N)}$ підвищує електронну густину на атомі Нітрогену амінної групи гідразиду, а, відповідно, і його здатність до електростатичної взаємодії з електрофільним Карбоном фенілізотіоціанату. Це і зумовлює високу швидкість реакції в даних розчинниках.

З Таблиці 1 видно, що значення констант швидкості зростають симбатно значенням донорних чисел DN. В першому наближенні вплив DN можна оцінити за

допомогою однопараметрових кореляцій. Залежність логарифмів констант швидкості від донорних чисел розчинників можна виразити рівнянням Гутмана, параметри якого представлені в Таблиці 2.

Таблиця 2

Параметри рівняння Гутмана $\lg k = \lg k^0 + \alpha DN$ для реакції метилзаміщених гідразидів О,О-дифенілтіофосфорної кислоти з фенілізотіоціанатом

Замісники в молекулі гідразиду	$\lg k^0$	α	Кількість вимірювань, n	Коефіцієнт кореляції, r	Похибка, s
R= <i>n</i> -CH ₃ , H	-3,69	0,0559	6	0,991	0,16
R= <i>m</i> -CH ₃ , <i>m</i> -CH ₃	-3,68	0,0551	6	0,981	0,16
R= <i>n</i> -CH ₃ , <i>n</i> -CH ₃	-3,37	0,042	6	0,997	0,14

Високі коефіцієнти кореляції даної лінійної залежності свідчать про значний вплив донорного числа розчинників на швидкість досліджуваної реакції.

Якщо донорні числа описують донорно-акцепторну взаємодію розчинника з гідразидом, то взаємодію за рахунок утворення водневих зв'язків характеризує величина $pK_{\text{НВ}}$. Логарифми констант швидкості досліджуваної реакції знаходяться в лінійній залежності від констант розчинників $pK_{\text{НВ}}$, а сама реакція підпорядковується рівнянню Тафта (табл. 3).

Таблиця 3

Параметри рівняння Тафта $\lg k = \lg k^0 + \alpha pK_{\text{НВ}}$ для реакції метилзаміщених гідразидів О,О-дифенілтіофосфорної кислоти з фенілізотіоціанатом

Замісники в молекулі гідразиду	$\lg k^0$	α	Кількість вимірювань, n	Коефіцієнт кореляції, r	Похибка, s
R= <i>n</i> -CH ₃ , H	-3,57	0,630	6	0,954	0,080
R= <i>m</i> -CH ₃ , <i>m</i> -CH ₃	-3,58	0,638	6	0,970	0,088
R= <i>n</i> -CH ₃ , <i>n</i> -CH ₃	-3,28	0,469	6	0,953	0,082

Виконання задовільної кореляції для всіх трьох гідразидів свідчить про те, що між розчинником і гідразидом утворюються водневі зв'язки, але повного перенесення протону аміної групи від гідразиду до розчинника не відбувається.

Оскільки під час взаємодії з розчинником від гідразиду частково відтягується протон, то по відношенню до розчинників досліджувані гідразиди виступають кислотами. Розглянемо вплив основності реакційного середовища на константу швидкості реакції, який описується рівнянням Пальма (табл. 4).

Таблиця 4

Параметри рівняння Пальма $\lg k = \lg k^0 + \alpha V$ для реакції метилзаміщених гідразидів О,О-дифенілтіофосфорної кислоти з фенілізотіоціанатом

Замісники в молекулі гідразиду	$\lg k^0$	α	Кількість вимірювань, n	Коефіцієнт кореляції, r	Похибка, s
R= <i>n</i> -CH ₃ , H	-3,82	0,0054	6	0,997	0,091
R= <i>m</i> -CH ₃ , <i>m</i> -CH ₃	-3,82	0,0053	6	0,997	0,091
R= <i>n</i> -CH ₃ , <i>n</i> -CH ₃	-3,36	0,0036	6	0,961	0,085

Як видно, між величинами $\lg k$ і константами загальної основності розчинників В існують лінійні залежності. Очевидно, відбувається кислотно-основна взаємодія розчинників з кислотним учасником реакції – гідразидом. Розчинники, в яких сильніше виражені основні властивості, будуть краще взаємодіяти з гідрازیдами, утворюючи з ними нестійкий комплекс.

ВИСНОВОК

Підвищення реакційної здатності гідразидів в реакції з фенілізотіоціанатом полягає у зростанні електронної густини на реакційному центрі. Цьому сприяє наявність електронодонорних замісників у молекулі гідразиду, так і посилення електронодонорних властивостей реакційного середовища. Встановлені нами кореляційні залежності підтверджують, що так само, як і для гідразиду О,О-дифенілтіофосфорної кислоти, для його метилпохідних визначальний вплив на швидкість реакції з фенілізотіоціанатом має специфічна сольватація електронодонорними органічними сполуками.

Список літератури

1. Греков А.П. Полимеры на основе гидразина / А.П. Греков, С.А. Сухорукова. — Киев: Наукова думка, 1976. – 215 с.
2. Гордон А. Спутник химика / А. Гордон, Р. Форд. — М.: Мир, 1976. – 541 с.
3. Янчук М.І. Кінетика реакцій гідразидів О,О-діарилтіофосфорних кислот з фенілізотіоціанатом в бензолі / М.І. Янчук, Л.М. Іванець // „Наукові записки” Тернопільського державного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Хімія. – 2003. – № 7. – С. 42–44.
4. Іванець Л.М. Вплив донорних розчинників на процес утворення фосфоровмісних тіосемикарбазидів / Л.М. Іванець, М.І. Янчук // „Наукові записки” Тернопільського державного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: Хімія. – 2004. – № 8. – С. 39–41.
5. Литвиненко Л.М. Органические катализаторы и гомогенный катализ / Л.М. Литвиненко, Н.М. Олейник. – Киев: Наукова думка, 1981. – 258 с.
6. Райхардт К. Растворители и эффекты среды в органической химии / Райхардт К. – М.: Мир, 1991. – 385 с.
7. Коппель И.А. Параметры общей основности растворителей / И.А. Коппель, А.И. Паю // Реакц. способн. орган. соедин. – 1974. – Т. 11, Вып. 1. – С. 121–139.

Иванец Л.Н. Влияние физико-химических свойств растворителей на кинетику реакции метилзамещенных гидразидов O,O-дифенилтиофосфорной кислоты с фенилтиоцианатом / Л.Н. Иванец // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С.244-249

Изучено влияние некоторых физико-химических параметров реакционной среды на константы скорости реакции метилзамещенных гидразидов O,O-дифенилтиофосфорной кислоты с фенилтиоцианатом. Установлено, что главное влияние на процесс имеет специфическая сольватация молекул гидразидов электронодонорными растворителями основной природы.

Ключевые слова: метилзамещенные гидразиды O,O-дифенилтиофосфорной кислоты, растворители, сольватация.

Ivanets L.M. The influence of physical and chemical properties on kinetics of the reaction methylsubstituted hydrazides of O,O-diphenylthiophosphoric acids with phenylisothiocyanate / L.M. Ivanets // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No. 3. – P. 244-249.

The influence of some physical and chemical parameters of the reaction medium on the reaction rate constant of methylsubstituted hydrazides of O,O-diphenylthiophosphoric acid with phenylisothiocyanate is studied. Established that the main influence on the process has specific solvation of hydrazides' molecules by electronodonor solvents basic nature.

Keywords: methylsubstituted hydrazides of O,O-diphenylthiophosphoric acid, solvents, solvation.

Поступила в редакцию 1.09.2010 г.

УДК 544.522.122

ФОТОХИМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В СИСТЕМЕ БЕНТОНИТ-АРАГОНИТ-ВОДА

Коханенко Е.В., Кляшторная О.С., Перишина Е.Д., Брановицкая Т.Ю.

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

Установлено влияние алюмосиликатов на фотокаталитическую активность реакций распада пероксида водорода. Протон, образующейся при гидролитических реакциях, стабилизирует пероксид водорода в исследуемых системах, что связано с генерацией активных форм кислорода в водных суспензиях алюмосиликатов.

Ключевые слова: алюмосиликат, суспензия, протонная проводимость, редокс-процессы, фотохимические процессы.

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что наибольшей фотокаталитической активностью обладают образцы диоксида титана (TiO_2) с кристаллической модификацией анатаза, не содержащие большого числа примесей. Приготовление активного TiO_2 является предметом опыта, не имеющего до настоящего времени четкой теоретической базы, определяющей структурные особенности формирования центров фотохимической активности [1]. Но изучены механизмы формирования окислителей на поверхности рутила, у которого электрон находится на атоме металла поверхности, а электронная вакансия локализуется на решетчатом поверхностном кислороде рутила, образуя ион-радикал O^\cdot . Реакционная способность такого электрона и электронной вакансии характеризуется следующими величинами: $E_e \sim -0,1\text{В}$, $E_{ев} \sim +3\text{В}$ по нормальному водородному электроду [2].

Обнаружена фотохимическая активность в реакциях окисления ряда природных минералов на основе оксидов кремния [3], структурные особенности которых подробно изучены, но фактически отсутствуют сведения о механизмах фотохимического формирования окислителей на поверхности. Известно, что большинство из них имеет слоистую структуру различного типа, в которой активные атомы кислорода каждого из слоев обращены навстречу друг другу. Общий отрицательный заряд этих слоев компенсируется положительным зарядом катионного слоя, возникающим при вхождении его в структуру. Связь между слоями носит полярный характер. Энергия связи слабая внутри слоев и уменьшается в межпакетном пространстве, образованном за счет действия ван-дер-ваальсовых сил. Анионное замещение влияет на структурные особенности материалов, приводит к появлению боковых дислокаций, искажению анионной кислородной сетки [4] и повышению вероятности реакций поликонденсации

в такой системе. Выделившиеся при поликонденсации гидроксилы обычно остаются в структуре в виде цеолитной или кристаллизационной воды.

Данные факты послужили основой для постановки задачи данного исследования – изучение влияния анионного замещения природных бентонитов, содержащих глинозем (Al_2O_3), кремнезем (SiO_2), основные катионы Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и Fe^{2+} и арагонитов, содержащих TiO_2 , на их фотохимическую активность в реакциях окисления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования были: природные бентониты Дашуковского месторождения и арагониты крымского происхождения состава $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}/\text{MgO}/\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ (OH)₂ и анионзамещенные композиты на их основе состава: $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}/\text{MgO}/\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ (PO)₄.

Изучение фотохимической окислительной активности природных минералов и композитов на их основе осуществлялось следующими методами: газовольнометрическим [5], фотоколориметрическим на фотоколориметре КФК-4, в кювете с длиной 5 мм с использованием зеленого светофильтра, потенциометрические [6] исследования проводились для 0,5% и 1% водных суспензиях природного и фосфатированного алюмосиликатов в 3% водном растворе перекиси водорода при УФ-облучении (длина волны 390 нм) и в режиме полного отсутствия света. Суммарное время экспозиции при УФ- облучении варьировалось от 3 до 35 мин. Отбор проб для кинетического контроля осуществлялся через каждые 5 мин. Потенциометрические измерения проводили на иономере И-160.1МП, с использованием стеклянного и платинового рабочего электрода с хлорсеребряным электродом сравнения. Ошибка измерения фотоколориметрического анализа составила $\pm 0,5\%$, потенциометрии: $\pm 0,02\%$. Индикатором реакции окисления служил 1% раствор красителя малахитового зеленого в 0,5% и 1% водные суспензии исходных и модифицированных образцов. В качестве эталонных систем использовались водные растворы красителя и суспензии материалов, не содержащие перекиси водорода, в режиме отсутствия света.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты кинетики распада водных растворов пероксида водорода в присутствии природного и фосфатированного бентонита при УФ-облучении и в темновой фазе представлены на Рис. 1. Обнаружено значительное снижение скорости распада пероксида водорода в присутствии фосфатированного алюмосиликата, что связано в первую очередь с избыточной концентрации протонов (рН раствора 2,4), которые могут участвовать в стабилизации ион-радикальных форм молекулярного адсорбированного и растворенного кислорода. Их образование обусловлено стабилизацией молекул O_2 на координационно ненасыщенных катионах в степенях окисления более низких, чем основное их значение на поверхности или в объеме раствора. Процесс адсорбции сопровождается в этом случае переносом электрона от центра с избыточной электронной плотностью на молекулу кислорода. Эти формы неустойчивы и легко разрушаются, реокисляя поверхность минерала, а в присутствии воды генерируют

собственные окислители, что и вызывает некоторую задержку распада пероксида водорода.

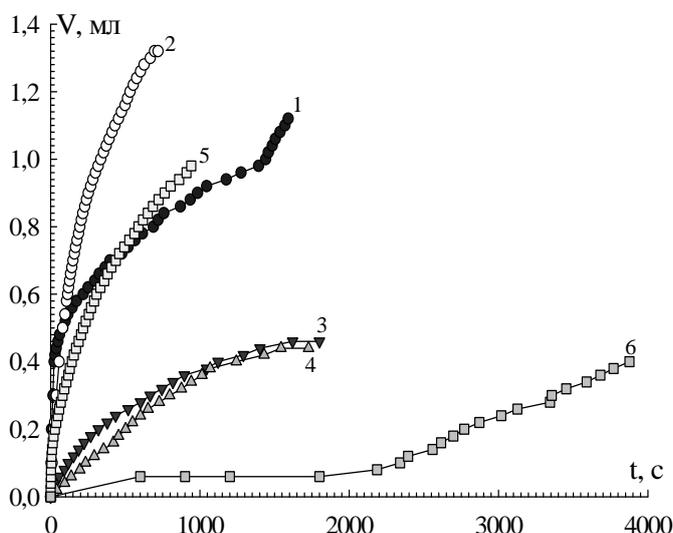


Рис. 1. Разложение 3% раствора H_2O_2 под действием УФ лучей: 1 - природный алюмосиликат $C = 0,5\%$; 2 - природный алюмосиликат $C = 1\%$; 3 - фосфатированный алюмосиликат $C = 0,5\%$; 4 - фосфатированный алюмосиликат $C = 1\%$; 5 - разложение H_2O_2 под действием УФ лучей; 6 - разложение H_2O_2 без доступа УФ лучей.

Результаты измерения кинетики окислительно-восстановительного потенциала (Eh) и водородного показателя (pH) в водных суспензиях природного и фосфатированного минерала подтвердили факт влияния протона на окислительно-восстановительные свойства суспензий. С повышением концентрации протонов окислительные свойства суспензий возрастают (окислительно-восстановительный потенциал снижается от 350 мВ до 90 мВ). Модифицированный фосфат-ионами композит обладает более высоким окислительным потенциалом относительно природного бентонита (рис. 2, 3). Повышение концентрации воды в суспензиях природного бентонита не приводит к изменению значений Eh потенциала, но снижает значение pH на 0,5 единиц без изменения времени наступления динамического равновесия, что подтверждает образование протонов на льюисовских (силикатных) центрах бентонита в избытке воды. Разбавление суспензии модифицированного образца в 2 раза изменяет редокс потенциал на 50 мВ, и увеличивает время наступления динамического равновесия в 5 раз (с 2 мин. до 10 мин.), не изменяя значений pH, следовательно, в этом случае основным источником окислителей будет являться вода.

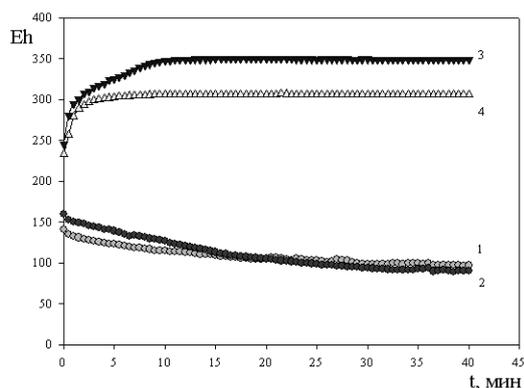


Рис. 2. Кинетика изменения Eh потенциала во времени для: 1 - 0,5% суспензии природного бентонита; 2 - 1% суспензии природного бентонита; 3 - 0,5% суспензия фосфатированного природного бентонита; 4 - 1% суспензия фосфатированного природного бентонита.

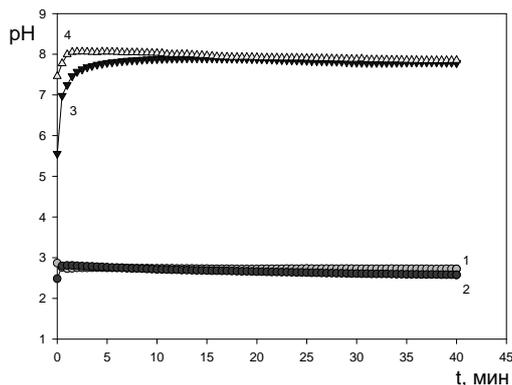


Рис. 3. Кинетика изменения pH потенциала во времени для: 1 - 0,5% суспензия фосфатированного природного бентонита; 2 - 1% суспензия фосфатированного природного бентонита; 3 - 0,5% суспензии природного бентонита; 4 - 1% суспензии природного бентонита.

Эффективность окислительного действия природного и модифицированного минералов, испытанная на обесцвечивании модельных растворов красителя малахитового зеленого — синтетического диаминотрифенилметанового красителя, показала что не смотря на низкий окислительный потенциал (95 мВ), наиболее эффективно обесцвечивали краситель суспензии природного бентонита, но при этом не было обнаружено разницы между УФ фазой и темновой, значения отличаются в пределах ошибки эксперимента. В суспензиях модифицированных минералов в присутствии пероксида водорода интенсивность окраски увеличивалась. Такое поведение связано с собственным редокс-потенциалом малахитового зеленого, который составляет 0,68 мВ. Увеличение разности редокс-потенциалов суспензии и красителя увеличивает степень обесцвечивания. Минимальная разница в суспензиях модифицированного бентонита, содержащего пероксид водорода. По данным кинетического анализа на 10 минуте происходит полный распад пероксида водорода в этой системе, что соответствует времени возрастания оптической плотности красителя. Малая чувствительность к УФ излучению связана с образованием гидроксоформ, образующих водородные связи, интенсивно поглощающие УФ – излучение [7].

ВЫВОДЫ

1. Обнаружено, что при появлении воды в результате гидролитических процессов увеличивается количество носителей заряда, что сказывается на изменении электрических свойств суспензий бентонитов.

2. Экспериментально установлено, что модифицированный фосфат-ионами бентонит обладает более высоким окислительным потенциалом относительно природного бентонита.
3. Показано различие в окислительно-восстановительных свойствах суспензий природного и модифицированного бентонита, что обуславливает значительное снижение скорости распада пероксида водорода в присутствии модифицированного бентонита относительно природного образца.
4. Установлено, что увеличение разности в редокс-потенциалах суспензии и красителя увеличивает степень обесцвечивания.

Список литературы

1. Anatase TiO₂: 2: single crystals with a large percentage of reactive facets / G.Y. Hua, H.S. Cheng, Z.Q. Shi. [et al] // Letter ACS Chemical & Engineering News. – 2008. – Vol. 22, № 86. – P.638 – 641.
2. Савинов Е. Н. Фотокаталитические методы очистки воды и воздуха / Е. Н. Савинов // Соросовский обзорный журнал. – 2000. – Т. 6, № 11. – С. 52–56.
3. Мельников М.Я. Химия электронно-возбужденных интермедиатов (радикалы, ион-радикалы, возбужденные состояния координационных соединений). Матричные эффекты и молекулярная организация процессов / М.Я. Мельников, В.И. Пергушов, Ю.А. Вайнштейн // Вестн. Моск. ун-та. Серия Химия. – 2005. – Т. 46, № 3. – С. 169–200.
4. Лыгин В.И. Модели «жесткой» и «мягкой» поверхности. Конструирование микроструктуры поверхности кремнеземов / В.И. Лыгин // Рос. хим. ж.(Ж. Рос. Хим. Об-ва им. Д.И. Менделеева). – 2002. – Т. 46, № 3. – С. 12–18.
5. Патент на винахід № 39623 Україна, МКИ G01F 22/00. Установка для виміру обсягу газу, що виділився. / Костик С.В., Алексашкін І.В., Першина К.Д., Ярошенко М.А.; заявитель и патентообладатель Таврический нац. ун. им. В.И. Вернадского. — № 2000116399; заявл. 13.11.2000; опубл. 15.06.2001, Бюл. №5.
6. Потенциометры постоянного тока измерительные. Методы и средства проверки. ДСТУ ГОСТ 8.478:2009 ГСИ. – [Чинний від 22-12-2009] – К. : Держспоживстандарт України, 2008. – 195 с. – (Національні стандарти України).
7. Робертс Дж. Основы органической химии / Дж. Робертс, М. Касерио. [Пер. с англ. под ред. А. Н. Несмеянова]. М. Мир, – 1978. – Т. 2. – 888 с.

Коханенко Є.В. Фотохімічні ефекти у системі бентоніт-аргоніт-вода / Є.В. Коханенко, О.С. Кляшторна, К.Д. Першина, Т.Ю. Брановицька // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 250-254.

Встановлено вплив алюмосилікатів на фотокаталітичну активність реакції розпаду пероксиду водню. В досліджуваних системах протон, який утворюється при гідролітичних реакціях, стабілізує пероксид водню, що пов'язано з генерацією активних форм кисню у водних суспензіях алюмосилікатів.

Ключові слова: алюмосилікат, суспензія, протонна провідність, редокс-процеси, фотохімічні процеси.

Kokhanenko E.V. Photochemical effects in the system of bentonite-arhonorit-water / E.V. Kokhanenko, O.S. Klyashtornaya, K.D. Pershina, T.Yu. Branovitskaya // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No. 3. – P. 250-254.

Influence of the aluminum silicates photocatalysts activity to the destruction of the hydrogen peroxide was found. Proton got from hydrolytic reactions and stabilized the hydrogen peroxide in the investigated system due the active forms of oxygen, which generated in the water suspensions of aluminum silicates.

Keywords: aluminum silicate, suspension, proton conductivity, redox processes, photochemical processes.

Поступила в редакцію 27.09.2010 г.

УДК 547.918:577.112.387.2:543.422.3-76:581.142

МОЛЕКУЛЯРНОЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ С L-ФЕНИЛАЛАНИНОМ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Яковшин Л.А.¹, Гришковец В.И.², Сергиенко Ю.И.¹, Корж Е.Н.¹

¹*Севастопольский научно-производственный центр стандартизации, метрологии и сертификации, Севастополь, Украина*

²*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*
E-mail: chemsevntu@rambler.ru

Впервые методом УФ-спектроскопии исследовано молекулярное комплексообразование *L*-фенилаланина с 3-О- α -*L*-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 2)-О- α -*L*-арабинопиранозидом хедерагенина (α -хедерином) и его 28-О- α -*L*-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 4)-О- β -*D*-глюкопиранозил-(1 \rightarrow 6)-О- β -*D*-глюкопиранозидовым эфиром (хедерасапонином С) в водных растворах. Установлено, что гликозиды образуют комплексы с *L*-фенилаланином состава 1:1. Сделан вывод о влиянии строения гликозидов и *L*-фенилаланина на процесс комплексообразования. Проведено сравнительное изучение влияния гликозидов и их комплексов на всхожесть семян *Avena sativa* L.

Ключевые слова: тритерпеновые гликозиды, α -хедерин, хедерасапонин С, *L*-фенилаланин, молекулярный комплекс, УФ-спектроскопия, *Avena sativa* L., всхожесть семян.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время широко изучается молекулярное комплексообразование сапонинов с разнообразными биологически активными молекулами. Возросший интерес к данным супрамолекулярным продуктам обусловлен, прежде всего, возможностью создания новых лекарственных препаратов за счет снижения терапевтических доз, повышения биодоступности и расширения спектра биологической активности лекарственных веществ [1, 2].

В связи с этим были получены комплексы ароматических протеиногенных аминокислот с некоторыми стероидными и тритерпеновыми гликозидами. Комплексы *L*-тирозина (Tyr), *L*-триптофана (Trp) и *L*-фенилаланина (Phe) с сердечным гликозидом К-строфантин- β имеют практически одинаковые константы устойчивости. Однако наблюдаются сильные отличия в устойчивости комплексов этих аминокислот с другим гликозидом – дигоксином. Наиболее прочный комплекс дает Tyr, а наименее прочный – Trp. Также были синтезированы тройные комплексы, содержащие дополнительно катионы Ca^{2+} и Mg^{2+} [3].

Методом времяпролетной плазменно-десорбционной масс-спектрометрии с ионизацией осколками деления ^{252}Cf были охарактеризованы комплексы аминокислот со стероидными агликонами неотигогенином и гитогенином, а также их гликозидами [4, 5]. Установлено, что биозид и триозид неотигогенина дают устойчивые комплексы с Phe, однако слабо взаимодействуют с Tyr и не дают

комплексов с Trp. В отличие от них, петуниозид D образует комплекс со всеми ароматическими аминокислотами. Причем комплексы Trp и Tug имеют близкую устойчивость, а комплекс с Phe оказался наиболее прочным.

В качестве перспективных молекулярных носителей биомолекул и фармаконов нами предложены 3-О- α -L-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 2)-О- α -L-арабинопиранозид хедерагенина (α -хедерин, гликозид **1**, рис. 1) и его 28-О- α -L-рамнопиранозил-(1 \rightarrow 4)-О- β -D-глюкопиранозил-(1 \rightarrow 6)-О- β -D-глюкопиранозильный эфир (хедерасопонин С, гликозид **2**, рис. 1) [6, 7]. Гликозиды **1** и **2** входят в состав противокашлевых лекарственных препаратов на основе экстрактов листьев плюща обыкновенного *Hedera helix* L. [8-10].

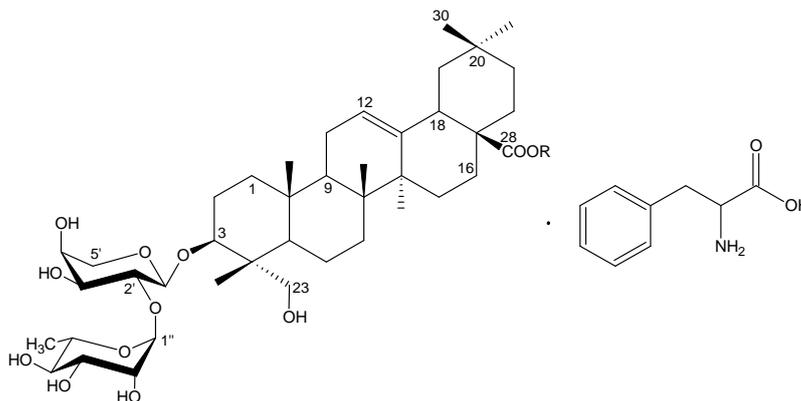


Рис. 1. Строение компонентов молекулярных комплексов (гликозид **1**: R=H; гликозид **2**: R= \leftarrow β Glc p -(6 \leftarrow 1)- β Glc p -(4 \leftarrow 1)- α Rhap).

Масс-спектрометрически с ионизацией электрораспылением рассмотрено комплексообразование Tug, Trp и Phe с гликозидами **1** и **2** [11]. Недавно мы сообщали о молекулярных комплексах Trp с гликозидами **1** и **2** в водных растворах, для которых методом УФ-спектроскопии был определен их состав [12]. УФ-спектроскопическое исследование комплексообразования Phe с гликозидами **1** и **2** в водном растворе ранее не проводилось.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Гликозиды **1** и **2** выделяли из листьев плющей *Hedera taurica* Cart. и *Hedera canariensis* Willd. и подтверждали их строение по методикам, приведенным в работах [13, 14]. Комплексы получали путем смешивания водных растворов Phe и гликозидов **1** и **2**. Полученные смеси выдерживали при комнатной температуре (20-22 °С) в течение 40 мин при постоянном перемешивании.

УФ-спектры получены при комнатной температуре (20-22 °С) на спектрофотометре Unico UV-Vis 4802 (США) в кварцевых кюветах ($l = 1$ см). Для составления изомолярной серии использовали 10^{-4} М растворы гликозидов и Phe. УФ-спектры приведены на Рис. 2 и 3, изомолярные кривые – на Рис. 4.

Влияние на всхожесть проверяли в лабораторных условиях на семенах *Avena sativa* L. (семейство Poaceae) при комнатной температуре (23-25 °С). Для биоиспытаний смеси водных растворов Phe и гликозидов 1 и 2 предварительно перемешивали 40-60 мин при комнатной температуре. Концентрации индивидуальных гликозидов и Phe, а также веществ в смесях, составляли по 10⁻⁴ М. К семенам в количестве 25 штук добавляли 5 мл исследуемого раствора и выдерживали их в нем 24 ч. Растворы сливали, семена промывали дистиллированной водой и помещали в чашки Петри на фильтровальную бумагу, смоченную дистиллированной водой. Всхожесть семян определяли через 24, 48 и 72 ч (табл. 1). Доверительный интервал вычисляли со степенью надежности α=0.95.

Таблица 1

**Проращение семян *Avena sativa* в лабораторных условиях
(концентрации индивидуальных веществ и веществ в смесях по 10⁻⁴ М)**

Параметр	Соединение					
	H ₂ O (контроль)	1	2	Phe	Смесь 1-Phe	Смесь 2-Phe
Через 24 ч:						
Всхожесть, %	0	0	0	0	0	0
Длина ростка, мм	–	–	–	–	–	–
Количество с корнем, %	92	92	84	100	96	96
Длина корня, мм	2.6±0.6	3.0±1.4	3.3±0.7	2.7±1.2	3.5±1.2	2.5±1.1
Через 48 ч:						
Всхожесть, %	56	28	40	24	72	88
Длина ростка, мм	1.0±0.6	0.6±0.9	0.5±1.3	1.4±1.2	1.2±1.2	1.6±1.1
Количество с корнем, %	94	100	88	100	100	96
Длина корня, мм	4.6±0.5	3.3±0.8	3.5±1.2	4.6±1.2	4.3±1.2	7.3±0.5
Через 72 ч:						
Всхожесть, %	92	60	68	80	76	88
Длина ростка, мм	4.2±0.6	3.5±1.3	3.7±0.6	2.5±0.8	6.0±0.6	5.8±1.2
Количество с корнем, %	96	100	96	100	100	96
Длина корня, мм	7.1±0.6	5.5±1.1	6.4±0.8	5.3±1.2	9.0±0.7	9.7±1.1

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наличие межмолекулярных взаимодействий между Phe и гликозидами 1 и 2 установлено методом УФ-спектроскопии. При увеличении концентрации гликозидов 1 и 2 и постоянной концентрации аминокислоты (10⁻³ М) наблюдается повышение оптической плотности растворов – гиперхромный эффект (рис. 2 и 3). При анализе спектральных данных установлено, что максимум поглощения Phe, составляющий 257 нм (10⁻³ М раствор), при увеличении концентрации гликозидов 1 и 2 практически не изменяется.

Состав комплексов определен методом изомолярных серий [15]. Для комплекса гликозида **1** с Phe получено молярное отношение 1.06 (рис. 4), что соответствует комплексу состава 1:1 (рис. 1). Для комплекса гликозида **2** и Phe получено молярное отношение 0.99 (рис. 4). Таким образом, состав комплекса также равен 1:1 (рис. 1). Образование комплексов аналогичного состава между Phe и гликозидами **1** и **2** было недавно подтверждено масс-спектрометрически с ионизацией электрораспылением [11]. Молярное соотношение компонентов в ранее полученных комплексах гликозидов **1** и **2** с Trp в водных растворах также составило 1:1 [12].

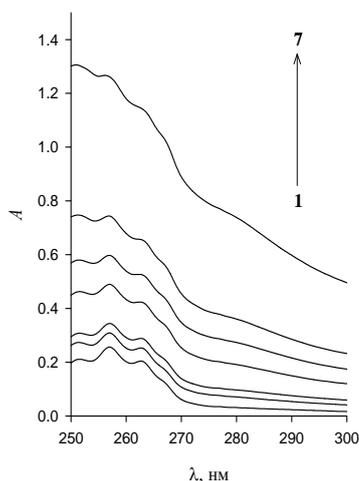


Рис. 2. УФ-спектры растворов Phe (10^{-3} М = const) при различных концентрациях гликозида **1**: 0 М (кривая 1), $0.50 \cdot 10^{-4}$ М (2), 10^{-4} М (3), $0.25 \cdot 10^{-3}$ М (4), $0.50 \cdot 10^{-3}$ М (5), $0.75 \cdot 10^{-3}$ М (6) и 10^{-3} М (7).

Ранее сообщалось о связывании аминокислот с макроциклическими лигандами посредством группы NH_3^+ [16]. На основе ИК-спектроскопии нами было показано, что в межмолекулярном взаимодействии в основном участвуют карбоксильная группа агликона хедерагенина гликозида **1** и цвиттер-ион аминокислот [17, 18].

Следовательно, группа NH_3^+ цвиттер-ионной формы Phe образует водородную связь с группой CO карбоксила гликозида **1** типа $\text{NH}_3^+ \cdots \text{O}=\text{C}$. Гликозид **2** связывается с NH_3^+ аминокислоты посредством водородных связей с OH-группами моносахаридных остатков и ион-дипольных взаимодействий $\text{N}^+ \cdots \text{OH}$. Возможно, что связывание также происходит за счет гидрофобных взаимодействий бензольного кольца аминокислоты с неполярным агликоном гликозидов.

Тритерпеновые гликозиды являются факторами аллелопатического взаимодействия в фитоценозах, что связано с их токсическим действием, приводящим к подавлению роста и развития растений [19]. Для предварительной оценки токсичности комплексов **1** и **2** с Phe нами рассмотрено их действие на всхожесть семян *Avena sativa* (табл. 1).

Через 48 ч всхожесть семян, предварительно вымоченных в смесях гликозидов с Phe, оказалась существенно выше, чем у тех, которые были обработаны

растворами индивидуальных гликозидов и аминокислоты или находились в контрольной группе. Отмечен значительный рост корня после обработки смесью гликозида 2 и Phe.

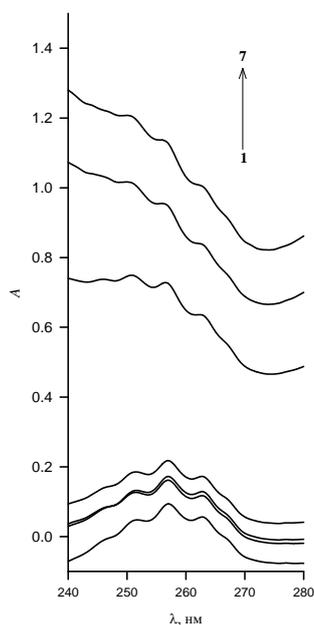


Рис. 3. УФ-спектры растворов Phe (10^{-3} M = const) при различных концентрациях гликозида 2: 0 M (кривая 1), $0,25 \cdot 10^{-4}$ M (2), $0,50 \cdot 10^{-4}$ M (3), 10^{-4} M (4), $0,50 \cdot 10^{-3}$ M (5), $0,75 \cdot 10^{-3}$ M (6) и 10^{-3} M (7).

Спустя 72 ч после обработки семян смесями гликозид–Phe их всхожесть была больше, чем у тех, которые выдерживались в растворах гликозидов. Длины ростков и корней у семян, на которые действовали смесями гликозидов с Phe, также оказались максимальными.

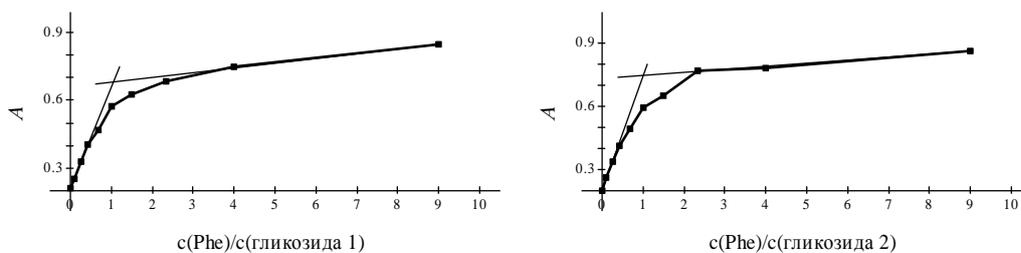


Рис. 4. Зависимость оптической плотности A от соотношения компонентов изомолярной серии при $\lambda=257$ нм: $c(\text{гликозидов})=10^{-4}$ M, $c(\text{Phe})=10^{-4}$ M.

Следовательно, взаимодействие между Phe и гликозидами **1** и **2** приводит к получению соединений, увеличивающих всхожесть семян и наиболее активно

влияющих на рост их корня и ростка. Таким образом, продукты комплексообразования являются менее токсичными, чем индивидуальные гликозиды.

ВЫВОДЫ

1. Впервые получены молекулярные комплексы тритерпеновых гликозидов с Phe в водных растворах.
2. Методом изоляричных серий установлено, что Phe образует комплексы с гликозидами **1** и **2** состава 1:1.
3. Показано, что межмолекулярное взаимодействие сопровождается гиперхромным эффектом.
4. Сделано предположение об участии группы NH_3^+ аминокислоты в связывании с гликозидами.
5. Комплексы являются менее токсичными, чем индивидуальные гликозиды. Они увеличивают всхожесть семян и наиболее активно влияют на рост их корня и ростка.

Список литературы

1. Толстикова Т.Г. На пути к низкодозным лекарствам / Т.Г. Толстикова, А.Г. Толстиков, Г.А. Толстиков // Вестник РАН. – 2007. – Т. 77, № 10. – С. 867–874.
2. Солодка: Биоразнообразие, химия, применение в медицине / [Толстиков Г.А., Балтина Л.А., Гранкина В.П. и др.]. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2007. – 311 с.
3. Комплексообразование сердечных гликозидов с аминокислотами и щелочноземельными металлами / Н.А. Горчакова, Т.Г. Самарская, В.А. Самарский [и др.] // Фармакол. и токсикол. – 1992. – № 27. – С. 106–109.
4. Взаємодія стероїдних глікозидів з амінокислотами: дослідження методом плазменно-десорбційної мас-спектрометрії / В.В. Пилипенко, С.О. Аксьонов, О.М. Калінкевич [та ін.] // Biopolym. cell. – 2000. – Т. 16, № 3. – С. 212–219.
5. ^{252}Cf Plasma desorption mass spectrometric study of interactions of steroid glycosides with amino acids / V.V. Pilipenko, L.F. Sukhodub, S.A. Aksyonov [et al.] // Rapid Commun. Mass Spectrom. – 2000. – Vol. 14. – P. 819–823.
6. Яковишин Л.О. Вплив тритерпенових глікозидів та їх комплексів на молюсків / Л.О. Яковишин, В.А. Єрґахова, К.А. Базюра // Ukr. Bioorg. Acta. – 2006. – Т. 4, № 2. – С. 22–26.
7. Молекулярний комплекс тритерпенового гликозида α -хедерина с силденафілом (виагрой) / Л.А. Яковишин, М.А. Рубинсон, А.Л. Кузнецова [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2006. – Т. 19 (58), № 1. – С. 179–182.
8. Яковишин Л.А. Комплекс тритерпеновых гликозидов лекарственного препарата Hedelix® / Л.А. Яковишин, В.И. Гришковец // Химия природ. соедин. – 2003. – № 5. – С. 417–418.
9. Исследование тритерпеновых гликозидов лекарственного препарата проспан® / Л.А. Яковишин, М.А. Вожжова, А.Л. Кузнецова [и др.] // Журн. орг. и фарм. химии. – 2005. – Т. 3, вып. 1. – С. 57–59.
10. Зузук Б.М. Плющ вьющийся *Hedera helix L.* / Б.М. Зузук, Р.В. Куцик, Л.И. Зузук // Провизор. – 2003. – № 12. – С. 13–14.
11. Материалы X Междунар. семинара по магнитному резонансу (спектроскопия, томография и экология), 2–7 мар. 2010 г., Ростов-на-Дону. – Ростов-на-Дону: Рос. фонд фонд. исслед. – 2010. – С. 30.
12. Молекулярное комплексообразование тритерпеновых гликозидов с триптофаном в водных растворах / Л.А. Яковишин, В.И. Гришковец, Н.В. Епишина [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2010. – Т. 23 (62), № 2. – С. 270–275.

13. Тритерпеновые гликозиды *Hedera taurica* L. Строение таурозида E из листьев *Hedera taurica* / А.С. Шашков, В.И. Гришковец, А.А. Лолойко [и др.] // Химия природ. соедин. – 1987. – № 3. – С. 363–366.
14. Тритерпеновые гликозиды *Hedera canariensis* L. Строение гликозидов L-A, L-B1, L-B2, L-C, L-D, L-E1, L-G1, L-G2, L-G3, L-G4, L-H1, L-H2 и L-I1 из листьев *Hedera canariensis* / В.И. Гришковец, Д.Ю. Сидоров, Л.А. Яковичин [и др.] // Химия природ. соедин. – 1996. – № 3. – С. 377–383.
15. Булатов М.И. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа / М.И. Булатов, И.П. Калинин. – [5-е изд.]. – Л.: Химия, 1986. – 432 с.
16. Куликов О.В. Термодинамика образования молекулярных комплексов в водных растворах аминокислот, пептидов, нуклеиновых оснований и макроциклических соединений: автореф. дис. на соиск. уч. степени докт. хим. наук: спец. 02.00.04 «Физическая химия» / О.В. Куликов. – Иваново, 2005. – 36 с.
17. Комплексообразование тритерпенового гликозида α -хедерина с гидрофильными протеиногенными аминокислотами / Л.А. Яковичин, В.И. Гришковец, М.А. Рубинсон [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61), № 1. – С. 208–213.
18. Яковичин Л.О. Молекулярні комплекси тритерпенового глікозиду α -хедерину з аліфатичними протеїногенними амінокислотами / Л.О. Яковичин, М.А. Рубінсон // Ukr. Bioorg. Acta. – 2009. – Т. 7, № 1. – С. 32–35.
19. Анисимов М.М. О биологической роли тритерпеновых гликозидов / М.М. Анисимов, В.Я. Чирва // Успехи современной биологии. – 1980. – Т. 6, № 3. – С. 351–364.

Яковичин Л.О. Молекулярне комплексоутворення тритерпенових глікозидів з L-фенілаланіном у водних розчинах / Л.О. Яковичин, В.І. Гришковець, Ю.І. Сергієнко, Е.Н. Корж // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2010. – Т. 23 (62), № 3. – С. 255-261.

Уперше методом УФ-спектроскопії досліджено молекулярне комплексоутворення L-фенілаланіну з 3-O- α -L-рамнопіранозил-(1 \rightarrow 2)-O- α -L-арабінопіранозидом хедерагеніну (α -хедерином) та його 28-O- α -L-рамнопіранозил-(1 \rightarrow 4)-O- β -D-глюкопіранозил-(1 \rightarrow 6)-O- β -D-глюкопіранозидовим естером (хедераспоніном С) у водних розчинах. Встановлено, що глікозиди утворюють комплекси з L-фенілаланіном складу 1:1. Зроблено висновок про вплив будови глікозидів та L-фенілаланіну на процес комплексоутворення. Проведено порівняльне вивчення впливу глікозидів та їх комплексів на проростання насіння *Avena sativa* L.

Ключові слова: тритерпенові глікозиди, α -хедерин, хедераспонін С, L-фенілаланін, молекулярний комплекс, УФ-спектроскопія, *Avena sativa* L., проростання насіння.

Yakovishin L.A. Molecular complexation of triterpene glycosides with L-phenylalanine in water solutions / L.A. Yakovishin, V.I. Grishkovets, U.I. Sergienko, E.N. Kordg // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2010. – Vol. 23 (62), No. 3. – P. 255-261.

Using a method UV-spectroscopy, the molecular complexation of L-phenylalanine with hederagenin 3-O- α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 2)-O- α -L-arabinopyranoside (α -hederin) and its 28-O- α -L-rhamnopyranosyl-(1 \rightarrow 4)-O- β -D-glucopyranosyl-(1 \rightarrow 6)-O- β -D-glucopyranosyl ester (hederasaponin C) in water solutions was for the first time investigated. The glycosides form complexes with L-phenylalanine in the 1:1 molar proportion. The structures of glycosides and L-phenylalanine are concluded to have an impact on the complexation process. Comparative study of influence of glycosides and complexes on seeds germination *Avena sativa* L. has been made.

Keywords: triterpene glycosides, α -hederin, hederasaponin C, L-phenylalanine, molecular complex, UV-spectroscopy, *Avena sativa* L., seeds germination.

Поступила в редакцію 20.09.2010 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Алексашкин Игорь Владимирович** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, ассистент кафедры геоэкологии, e-mail: aligor@rambler.ru
- Алиева Тамила Алиевна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: chadess@mail.ru
- Баличиева Диляра Валиевна** РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой биологии, экологии и безопасности жизнедеятельности, e-mail: kipubiology@gmail.com.
- Барабан Юлия Алексеевна** Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, аспирант кафедры нормальной физиологии, тел. (0652) 294843, e-mail: baraban_y@mail.ru.
- Бирюкова Елена Александровна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, ассистент Центра коррекции функционального состояния человека, e-mail: biotema@rambler.ru.
- Брановицкая Татьяна Юрьевна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедр органической и биологической химии
- 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.
- Верба Инна Николаевна** Сотрудник медицинского центра «VALEO», студентка 6-го курса биологического факультета заочного отделения, г. Николаев.
- Верко Наталья Петровна** Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, кандидат биологических наук, доцент кафедры нормальной физиологии, тел. (0652) 294843
- Горная Оксана Ивановна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: gornaya-o@ukr.net.
- Гришковец Владимир Иванович** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор химических наук, профессор; заведующий кафедрой физической и аналитической химии.
- Гружевская Валентина Федоровна** Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики физической культуры, тел. (0652) 484773

Довгий Илларион Игоревич	Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности, кандидат химических наук, заведующий кафедрой химических технологий ядерно-топливного цикла, e-mail: dovgy@ukr.net
Евстафьева Елена Владимировна	Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой нормальной физиологии, тел. (0652) 294850, e-mail: e.evstafeva@mail.ru
Евстафьева Ирина Андреевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики физической культуры.
Ибрагимова Эвелина Энверовна	РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», кандидат биологических наук, преподаватель кафедры биологии, экологии и безопасности жизнедеятельности, e-mail: evelina_biol@mail.ru.
Иванець Людмила Миколаївна	Тернопільський державний медичний університет ім. І.Я. Горбачовського, кафедра фармацевтичної хімії, кандидат хімічних наук, старший викладач, e-mail: Ivanets_Lyuda@ukr.net
Иванов Сергей Петрович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии и рационального природопользования, e-mail: spi2006@list.ru
Ивашов Анатолий Васильевич	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой экологии и рационального природопользования
Каздобин Константин Александрович	Институт общей и неорганической химии им. В.И. Вернадского, доктор химических наук, заведующий отделом химического и информационного анализа, тел. (044) 4243212, e-mail: kazdobin@ionc.kiev.ua
Конарева Ирина Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры общей психологии, e-mail: psyphysiol_lab@ukr.net
Костюк Александра Сергеевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: timur@crimea.edu
Кляшторная Ольга Сергеевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физической и аналитической химии
Корж Елена Николаевна	Севастопольский национальный технический университет, кандидат химических наук, доцент кафедры физики (цикл химии)

Кострикова Людмила Андреевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, студентка 5-го курса биологического факультета.
Коханенко Евгений Валерьевич	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физической и аналитической химии, e-mail: koханenکو.ev@mail.ru
Кравец Татьяна Викторовна	Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, канд.физ.-мат.наук; доцент кафедры экономической кибернетики экономического факультета, e-mail: tankravets@univ.kiev.ua
Кувейда Валентина Васильевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, магистр 7 курса кафедры физической реабилитации, тел (0652)255047
Литвиненко Анастасия Владимировна	Сотрудник медицинского центра «VALEO», студентка 6-го курса биологического факультета заочного отделения, г. Николаев.
Маркина Инна Владимировна	Севастопольский экономико-гуманитарный институт Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, старший преподаватель кафедры физической реабилитации.
Минина Елена Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физической реабилитации, e-mail: tnu-fr@rambler.ru
Никольская Виктория Александровна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры биохимии, e-mail: nikolskaja@crimea.edu
Оберемок Владимир Владимирович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, м.н.с. кафедры экологии и рационального природопользования
Павленко Владимир Борисович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: pavlenkovb@crimea.edu
Першина Екатерина Дмитриевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат химических наук, доцент кафедры физической и аналитической химии, e-mail: katherinepersh@gmail.com
Погодина Светлана Владимировна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедры спорта, e-mail: sveta_pogodina@mail.ru
Присянникова Ирина Борисовна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, тел. (0652) 608250, e-mail: aphanisomenon@mail.ru

Разумейко Владимир Николаевич	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, м.н.с, ассистент кафедры экологии и рационального природопользования, e-mail: razumeiko@gmail.com
Решетняк Ольга Анатольевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, кафедра теории и методики физической культуры, тел. (0652) 637256
Савина Ксения Дмитриевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского магистрант факультета физической культуры
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
Сергиенко Юлия Ивановна	Севастопольский национальный технический университет, студентка 5 курса.
Сытник Наталья Александровна	Керченский экономико-гуманитарный институт Таврического национального университета им. В.И. Вернадского, старший преподаватель кафедры экологии, охраны окружающей среды и рационального природопользования, тел. (06561)20045, e-mail: grifon1712@kerch.net
Сышко Дмитрий Владимирович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор наук по физическому воспитанию и спорту, заведующий кафедрой теории и методики физической культуры, тел. (0652) 511271. e-mail: syshko@list.ru
Темурьянц Наталья Арменаковна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: timur@crimea.edu.
Трибрат Наталья Сергеевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: tribratnatalia@rambler.ru
Туманянц Кариэ Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, младший научный сотрудник по ПНИЛ, тел. (0652) 608603, e-mail: timur@crimea.edu.
Филимонова Наталья Борисовна	Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, канд.физ.-мат.наук; старший научный сотрудник кафедры физиологии человека и животных биологического факультета, e-mail: filimonova@univ.kiev.ua
Фоменко Александр Владимирович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физической реабилитации, тел. (0652)255047, e-mail: tnu-fr@rambler.ru

Черная Вера Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физической реабилитации, тел (0652)255047.
Чечина Ольга Николаевна	Научно-исследовательский центр ВС Украины «Государственный океанариум», доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: chechina0001@mail.ru
Чуян Елена Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: elena-chuyan@rambler.ru.
Шишко Елена Юрьевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физической реабилитации.
Шрамко Юлиана Ивановна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физической реабилитации, тел (0652)255047.
Эмирова Диляра Энверовна	РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», аспирант кафедры биологии, экологии и безопасности жизнедеятельности, e-mail: emirovadilyara@mail.ru
Юферев Владимир Сергеевич	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры спорта, e-mail: yuvser@live.ru
Яковишин Леонид Александрович	Севастопольский национальный технический университет, кандидат химических наук, доцент кафедры физики, e-mail: chemsevntu@rambler.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Алиева Т.А., Павленко В.Б.

ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ И ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ У ДЕТЕЙ3

Баличиева Д.В.

ОСОБЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ВИБРАЦИИ НА НЕКОТОРЫЕ ГЕМАТО-ИММУНОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОРГАНИЗМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ.....15

Барабан Ю.А., Евстафьева И.А., Евстафьева Е.В.

ОСОБЕННОСТИ СОСТОЯНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ НЕРВНОЙ И СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМ В СВЯЗИ С СОДЕРЖАНИЕМ МЫШЬЯКА В ОРГАНИЗМЕ ПОДРОСТКОВ 13-15 ЛЕТ21

Бирюкова Е.А., Чуян Е.Н.

ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ИСПЫТУЕМЫХ С РАЗНЫМ ТИПОМ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ УПРАВЛЯЕМОГО ДЫХАНИЯ С ИНДИВИДУАЛЬНО ПОДОБРАННОЙ ЧАСТОТОЙ (ЧАСТЬ I).....28

Буков Ю.А., Маркина И.В.

ВЕГЕТАТИВНЫЙ БАЛАНС И ГЕМОДИНАМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ У ДЕТЕЙ С ДИФFUЗНОЙ МЫШЕЧНОЙ ГИПОТОНИЕЙ.....35

Буков Ю.А., Минина Е.Н.

ВОЗМОЖНОСТИ КОРРЕКЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОРГАНИЗМА ДЕВУШЕК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИЦИОННОГО ОДОРАНТА «ПОЛИОЛ».....42

Верко Н.П., Литвиненко А.В., Вербя И.Н., Шишко Е.Ю.

ГЕНОТИПИРОВАНИЕ ВИРУСА ПАПИЛЛОМЫ ЧЕЛОВЕКА ПРИ СКРИНИНГОВОМ ИССЛЕДОВАНИИ В НИКОЛАЕВСКОЙ ОБЛАСТИ50

Верко Н.П., Литвиненко А.В., Вербя И.Н., Шишко Е.Ю.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРАЗНОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ РАСПРОСТРАНЕННОСТИ ЗАБОЛЕВАНИЙ, ПРИОБРЕТЕННЫХ ПОЛОВЫМ ПУТЕМ, НА ТЕРРИТОРИИ НИКОЛАЕВСКОЙ ОБЛАСТИ.....56

Ибрагимова Э.Э.

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННОГО ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА ВЕЛИЧИНУ ФЛУКТУИРУЮЩЕЙ АСИММЕТРИИ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ *ARMENIACA VULGARIS L.*62

Иванов С.П.

МАТЕРИАЛЫ СРАВНИТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ ГНЕЗДОВАНИЯ ПЧЕЛ-ЛИСТОРЕЗОВ (HYMENOPTERA, MEGACHILIDAE, *MEGACHILE LATR.*). СООБЩЕНИЕ I. РАЗНООБРАЗИЕ ГНЕЗДОВЫХ ПОСТРОЕК68

Конарева И.Н. ИНДИВИДУАЛЬНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ «КОРОНАРНОГО» ТИПА ЛИЧНОСТИ.....	79
Никольская В.А. ИЗМЕНЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭРИТРОЦИТОВ КРОВИ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ГИПЕРИНСУЛИНЕМИИ.....	89
Погодина С.В. АКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ КРОВООБРАЩЕНИЯ В РЕГУЛЯЦИИ УРОВНЯ КРОВОТОКА У ПЛОВЦОВ РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА В ПРОЦЕССЕ АДАПТАЦИИ К СПЕЦИФИЧЕСКИМ ФИЗИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ.....	98
Просьянникова И.Б., Кострикова Л.А. ОСОБЕННОСТИ АНАТОМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ПИТАЮЩИХ РАСТЕНИЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ РЖАВЧИННОГО ГРИБА <i>MELAMPSORA POPULNEA</i> (PERS.) P. KARST. (UREDINALES)	105
Разумейко В.Н., Ивашов А.В., Оберемок В.В. СЕЗОННАЯ АКТИВНОСТЬ И ДИНАМИКА ПЛОТНОСТИ КРОВСОСУЩИХ КОМАРОВ (<i>DIPTERA, CULICIDAE</i>) В ВОДОЁМАХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА.....	114
Решетняк О.А., Евстафьева И.А., Евстафьева Е.В., Гружевская В.Ф. ЗНАЧЕНИЕ КАДМИЯ, КАЛИЯ И КАЛЬЦИЯ ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ СПОРТСМЕНОВ.....	129
Сафронова Н.С., Фоменко А.В. НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РЕСПИРАТОРНОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ МИГРАНТОВ ...	136
Сытник Н.А. О НЕКОТОРЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ФИЛЬТРАЦИОННОГО ПИТАНИЯ УСТРИЦЫ (<i>OSTREA EDULIS L.</i>)	143
Сышко Д.В., Савина К.Д. ОСОБЕННОСТИ РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У СПОРТСМЕНОВ С РАЗЛИЧНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬЮ ВЕСТИБУЛЯРНЫХ ОБРАЗОВ	154
Темурьянц Н.А., Туманянц К.Н., Костюк А.С. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА МОЛЛЮСКОВ	159
Трибрат Н.С., Чуян Е.Н. МОДУЛЯЦИЯ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНЫХ ПРОЦЕССОВ С ПОМОЩЬЮ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ (ЧАСТЬ I).....	167
Филимонова Н.Б., Кравец Т.В. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ДИНАМИКИ КАРДИОРИТМА ПРИ ТЕСТИРОВАНИИ ОПЕРАТИВНОЙ ПАМЯТИ ЧЕЛОВЕКА	176

Чечина О.Н. ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ ИГРОВОГО МАНИПУЛИРОВАНИЯ У ДЕТЕНЫШЕЙ СИВУЧЕЙ В ОНТОГЕНЕЗЕ	188
Чуян Е.Н., Горная О.И. ПОВЕДЕНЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ ЖИВОТНЫХ С РАЗНЫМ ПРОФИЛЕМ МОТОРНОЙ АСИММЕТРИИ В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО И ОСТРОГО СТРЕССА (часть I)	194
Шрамко Ю.И., Черная В.Н., Куведда В.В. ПРОБЛЕМЫ РЕАБИЛИТАЦИИ ДЕТЕЙ С ДЕТСКИМ ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ ПАРАЛИЧОМ В УСЛОВИЯХ ДНЕВНОГО СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО СТАЦИОНАРА	205
Эмирова Д.Э. ИЗУЧЕНИЕ ФИТОТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ДНОК НА ПРОРОСТКИ <i>HELIANTHUS ANNUUS L.</i>	213
Юферев В.С. ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И УРОВНЯ СЕКРЕЦИИ ЭСТРОГЕНОВ И ГЛЮКОКОРТИКОИДОВ В РАЗЛИЧНЫХ ФАЗАХ МЕНСТРУАЛЬНОГО ЦИКЛА СПОРТСМЕНОК	219
ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ	
Алексашкин И.В., Першина Е.Д., Каздобин К.А. ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ СИНТЕЗА МАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ.....	227
Довгий И.И., Гришковец В.И. ГЛИКОЗИДЫ РОДА <i>CUSSONIA</i> И ИХ БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ	236
Довгий И.И., Гришковец В.И. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ ПО ОРГАНАМ КУССОНИИ МЕТЕЛЬЧАТОЙ <i>CUSSONIA PANICULATA</i>	240
Іванець Л.М. ВПЛИВ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РОЗЧИННИКІВ НА КІНЕТИКУ РЕАКЦІЇ МЕТИЛЗАМІЩЕНИХ ГІДРАЗІДІВ О,О-ДИФЕНІЛТІОФОСФОРНОЇ КИСЛОТИ З ФЕНІЛІЗОТІОЦІАНАТОМ	244
Коханенко Е.В., Кляшторная О.С., Першина Е.Д., Брановицкая Т.Ю. ФОТОХИМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В СИСТЕМЕ БЕНТОНИТ-АРАГОНИТ-ВОДА	250
Яковишин Л.А., Гришковец В.И., Сергиенко Ю.И., Корж Е.Н. МОЛЕКУЛЯРНОЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ ТРИТЕРПЕНОВЫХ ГЛИКОЗИДОВ С L-ФЕНИЛАЛАНИНОМ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ	255
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	262
СОДЕРЖАНИЕ	267