

Журнал основан в 1918 г.

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

Научный журнал

Серия “Биология, химия”

Том 22 (61). № 4

Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского
Симферополь, 2009

ISBN 1606-3715

Журнал зарегистрирован 23 ноября 1999 года
Серия КМ № 534

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.

Тимошук 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.;

Кореньюк 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 28.12.2009 г. (протокол № 10)*

© Таврический национальный университет, 2009 г.

Подписано в печать 01.12.2009. 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

„Учюньє записки Таврического національного університета ім. В. І. Вернадського”

Науковий журнал. Серія «Біологія, хімія». Том 22 (61), №4 .

Сімферополь, Таврійський національний університет ім. В.І.Вернадського, 2009

Журнал заснований у 1918 р.

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

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

Проспект Вернадського, 4, м. Сімферополь, 95007

УДК 579.62 : 591.2 : 616

МИКРОФЛОРА ОРГАНОВ ПОГИБШИХ ДЕЛЬФИНОВ-АФАЛИН

Андреева Н. А.

НИЦ «Государственный океанариум», Севастополь, Украина

Представлены результаты бактериологического исследования внутренних органов дельфинов, обитавших в Севастопольском океанариуме. Выявлено несколько случаев гибели животных от микробных инфекций и определены доминирующие представители патогенной микрофлоры. Осуществлен сравнительный анализ данных бактериологии погибших дельфинов, приведенных в работах зарубежных авторов и результатов исследований, ранее проводимых в океанариуме.

Ключевые слова: микрофлора, дельфин-афалина, микробные инфекции, внутренние органы дельфинов.

ВВЕДЕНИЕ

Причины гибели дельфинов являются важным аспектом экологии морских млекопитающих, как в природных условиях, так и при содержании их в океанариумах. Неадекватная адаптация, вызванная стрессом во время отлова, чаще всего служит причиной резкого обострения хронических заболеваний и гибели на ранних этапах так называемого “одомашнивания”, или “доместикации” дельфинов.

В литературных источниках имеются сведения [1, 2], что причиной гибели морских животных в 27 % случаев являются бактериальные инфекции и менее чем в 5 % – микотические. В таблице 1. представлены данные зарубежных авторов о случаях гибели различных видов дельфинов вследствие заболеваний, вызываемых микроорганизмами.

Как видно из таблицы, в патологическом материале от дельфинов обнаружено 11 видов бактерий и 4 вида грибов. В основном в органах выявлялся один вид микроорганизмов, но в трех случаях вместе с возбудителем инфекции в материале присутствовал *Staphylococcus aureus*. Кроме *St.aureus* из патологического материала от дельфинов исследователями были выделены бактерии: *Vibrio alginolyticus*, *Brucella delphini*, *Pseudomonas* (*P.pseudomonallei*, *P.aeruginosa*), *Erysipelothrix rhusiopathiae*, *Klebsiella pneumoniae*, *Aeromonas hydrophila*, *Streptococcus agui*, *Nocardia sp.* и неидентифицированные Гр⁺ бактерии, а также грибы: *Coccidioides immitis*, *Aspergillus sp.*, *Blastomyces Lermatitidis* и *Loboa lobo*.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

С 1997 нами также проводились бактериологические исследования органов погибших взрослых дельфинов и детенышей, обитавших в океанариуме и 1-ой дикой особи.

Объектом исследований являлся патологический материал от погибших черноморских дельфинов-афалин (*Tursiops truncatus ponticus* Barabasch, 1940).

Таблица 1.

Микроорганизмы, обнаруженные у погибших дельфинов (по данным зарубежной литературы)

Вид микроорганизма	Откуда выделен	Авторы и литературные источники
<i>Vibrio alginolyticus</i>	Кровь и другие органы	Tangredi, Medwey, 1980 [3]
<i>Brucella delphini</i>	Абортированный зародыш	Miller, 1995 [4]
<i>Pseudomonas pseudomonallei</i>	Большинство органов	Liong et al., 1985 [5]
<i>Staphylococcus aureus</i>	Почки	Ketteler, Rosenfeld, 1974 [6]
<i>St. aureus</i> <i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i>	Кровь (септецимия)	Cordes, O'Hara, 1979 [7]
<i>St. aureus</i> <i>Klebsiella pneumoniae</i>	Кровь, легкие	Buck et al., 1988 [8]
<i>Er. rhusiopathiae</i> , <i>St. aureus</i> Неидент. Гр ⁻ бактерий	Большинство органов	Buck, Spott, 1986 [9]
<i>Nocardia sp.</i>	Большинство органов	Macneill et al., 1978 [10]
<i>Coccidioides immitis</i>	Легкие и лимфоузлы	Raidarson et al., 1988 [11]
<i>Aspergillus sp.</i>	Легкие	Joseph et al., 1986 [12]
<i>Blastomyces dermatitidis</i>	Абсцесс на голове	Cates et al., 1986 [13]
<i>Loboa lobo</i>	Большинство органов	Bossart, 1984 [14]
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Кожные поражения, желудок, легкие	Diamond et al., 1979 [15]
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Большинство органов	Cusick, Bullock, 1973 [16]
<i>Streptococcus equi</i>	Экссудат и полости перикарда, легкие, л/узлы, печень, почки	Higgins et al., 1980 [17]

Исследование патологического материала от погибших животных проводилось по определенной схеме [18, 19].

Из селезенки, печени, почек, лимфатических узлов из различных участков органов готовили от 2 до 10 мазков-отпечатков (в зависимости от предполагаемого диагноза). Препараты высушивали на воздухе, фиксировали и окрашивали по Граму.

Для бактериологического исследования мышцы, лимфатические узлы и паренхиматозные органы освобождали от жировой ткани. Каждую пробу погружали в спирт, двукратно обжигали с поверхности, стерильно вырезали из глубины кусочки и засевали путем размазывания или прикладывания к поверхности питательной среды в

чашках Петри с мясопептонным агаром (МПА), желточно-солевой средой (средой Чистовича), кровяным агаром, средой Сабуро, бактоагаром Плоскирева, средой Эндо, висмут-сульфит агаром (ВСА), а также в пробирки с мясопептонным бульоном (МПБ) и железо-сульфитным агаром (среда Вильсон-Блера).

Посевы помещали в термостат при температуре 37⁰С. Через 12 – 14 часов посевы просматривали с помощью лупы с целью обнаружения колоний, характерных для тех или иных патогенных микробов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты, в большинстве случаев из патологического материала выделились один или несколько видов микроорганизмов. Список микроорганизмов и частота их встречаемости представлены в таблице 2.

Как видно из таблицы, наиболее часто в патологическом материале встречались стафилококки (*St. epidermidis*, *St. aureus*) и *Pr. mirabilis* (по 36,4 %), а также пастереллоподобные микроорганизмы (18,2 %).

Было выявлено, что 36,3 % животных погибли от инфекций вызываемых микроорганизмами: пастереллоподобной палочкой, *Staphylococcus aureus*, бактериями из сем. Enterobacteriaceae и неидентифицированными мелкими грамположительными палочками. Как показал анализ данных, патогенная и сапрофитная микрофлора в первую очередь оккупировала легкие, что объясняется непосредственным контактом этого органа с внешней средой.

В результате наших исследований не выявлено ни одного летального случая вследствие микотических инфекций. Встречающаяся в некоторых органах дрожжевая флора была сопутствующей и не являлась причиной гибели животных.

Анализ результатов бактериологических исследований внутренних органов и крови погибших дельфинов, обитавших в океанариуме с 1978 по 1993 годы (Рабочие материалы) показал, что чаще всего животные также погибали от различных бактериальных инфекций. Из патологического материала в большинстве случаев выделялся *Staphylococcus aureus* (в 17,1 % случаев) и *Erysipelothrix* (*Er. rhusiopathiae*, *Er. insidiosa*) – в 15,7 %. Достаточно часто обнаруживалась *Pasteurella multocida* (11,4 %), а также дерматофиты и представители семейства Enterobacteriaceae (по 10 %). Кроме того, в органах погибших дельфинов выявлялись листерии, *Bacillus muricepticum*, гемолитический стрептококк, коринеформные бактерии, *Pseudomonas aeruginosa*, *Aeromonas sp.*, *Clostridium perfringens*, энтерококки, спорозоносная микрофлора и неидентифицированные микроорганизмы.

Следует отметить, что большинство микроорганизмов, обнаруженных в патологическом материале не являлись причиной гибели животного, а были представителями микрофлоры, участвующей в разложении органических веществ. Кроме того, согласно нашим результатам, за последнее десятилетие не зарегистрировано ни одного случая гибели дельфинов от инфекций, вызванных *Erysipelothrix* и *Listeria*.

Таблица 2.

Встречаемость различных микроорганизмов в микрофлоре патологического материала от погибших дельфинов

Вид микроорганизма	Откуда выделен	Фактическая встречаемость	Встречаемость в %
<i>Staphylococcus (St.epidrmidis, St. aureus)</i>	Легкое, сердце, надпочечники	8	36,4
<i>Pr. mirabilis</i>	Легкие, лимфоузлы, селезенка, п/железа	8	36,4
<i>E. coli</i>	Все органы	3	13,6
Enterobacteriaceae	Легкие, лимфоузлы, селезенка и др. органы	3	1,63
<i>Enterococcus sp.</i>	Селезенка, сердце	1	4,5
<i>Streptococcus sp.</i>	Почки	1	4,5
<i>Aeromonas sp.</i>	Печень	1	4,5
<i>Clostridium sp.</i>	Печень и другие органы	3	13,6
Пастереллоподобные	Лимфоузлы, легкие, надпочечники, п/железа	4	18,2
Коринеформные	легкие, п/железа	1	4,5
Неидентифицированные	Все органы	2	9,1
Дрожжи	Лимфоузлы, легкие, надпочечники, печень, кишечник	3	13,6

ВЫВОДЫ

1. Анализ результатов исследований, проводимых в океанариуме с 1978 по 1993 год и результатов, полученных нами показал, что основным инфекционным агентом в последние годы чаще всего являлась пастереллоподобная палочка.
2. Гибель в результате инфекций дельфинов, обитавших в Севастопольском океанариуме 12 – 27 лет тому назад была вызвана в основном *Staphylococcus aureus* и *Erysipelothrix (Er. Rhusiopathiae и Er.insidiosa)*.
3. Из микрофлоры больных и погибших животных полностью исчезли такие патогены, как *Erysipelothrix* и листерия, а также сократился видовой состав микроорганизмов, выделяемых из патологического материала.
4. За период исследования не было выявлено ни одного случая микотической инфекции.

Список литературы

1. Straund R.K. Causes of death in marine mammals stranded along the Oregon coast / R.K. Straund, T.J. Jaffe // J.Wildl.Dis. – 1979. – №15. – P. 91–96.

2. Dunn J.L. Bacterial and mycotic diseases of cetaceans and pennipeds / J.L. Dunn // Handbook of marine mammals medicine: helth, disease and rehabilitation [L.A.Dierauf, ed.]. – CRC Press LLC, 1990. – P. 73–96.
3. Tangredi B.P. Post-mortem isolation of *Vibrio alginolyticus* from an Atlantic white-sided dolphin (*Lagenorhynchus acutus*) / B.P. Tangredi, W. Medway // USA J. Wildl. Dis. – 1980. – 16. – №3. – P. 329–331.
4. Miller W.G. First Case Report of Brucella Abortion in a Bottlenose Dolphin *Tursiops truncatus* / W.G. Miller // 26 th Annual Conf. of the Int.Assoc.for Aquatic Animal Medicine, Mystic, CT, May 16–10, 1995. – 1995. – 26. – P. 46.
5. Liong E. *Pseudomonas pseudomallei* infection in a dolphin (*Tursiops gilli*): A case study / E. Liong, D.D. Hammond, N.A. Vedros // Aquat.-Mamm. – 1985. – V.11. – №1. – P. 20–22.
6. Ketterer P.J. Septic embolic nephritis in a dolphin caused by *Staphylococcus aureus* / P.J. Ketterer, L.E. Rosenfeld // Austral. Vet. J. – 1974. – 50. – P. 123.
7. Cordes D.O. Diseases of captive marine mammals / D.O. Cordes, P.J. O'Hara // N.Z.-Vet.J. – 1979. – 27(7). – P. 147–150.
8. Buck J.D. Microbiological characterization of three Atlantic whiteside dolphins (*Lagenorhynchus acutus*) from standing through captivity with subsequent rehabilitation and release on the animal / J.D. Buck, P.M. Bubucis, S. Spott // Zoo-Biol. – 1988. – V.7, №2. – P. 133–138.
9. Buck J.D. Microbiology of captive white-beaked dolphins (*Lagenorhynchus albirostris*) / J.D. Buck, S. Spott // Zoo-Biol. – 1986. – V.5, №4. – P. 321–329.
10. Evidence of *Nocardia sp.* in captive-born beluga whale / A.C. Macneill, T.A. Gornall, W.E. Giddens [et al.] // Aquat.-Mamm. – 1978. – V.6, №2. – P. 50–53.
11. Coccidiomycosis in a bottlenose dolphin / T.H. Reidarson, L.A. Griner, D. Pappaglanis [et al.] // J. of Wildl. Dir. – 1988. – V. 34, № 3. – P. 629–631.
12. Pulmonary aspergillosis in three species of dolphin / B.E. Joseph, L.H. Cornell, J.G. Simpson [et al.] // Zoo-Biol. – 1986. – V.5, №3. – P. 301–308.
13. Blastomycosis in an Atlantic Bottlenosed Dolphin / M.B. Cates, L. Kaufman, J.H. Grabau [et al.] // Jour. Am. Vet. Med. Assn. – 1986. – 189. – P. 1148–1150.
14. Bossart G.D. Suspected acquired immunodeficiency in an Atlantic bottlenosed dolphin with chronic-active hepatitis and lobomycosis / G.D. Bossart // J. Am. Vet. Med. Assoc. – 1984. – V.185, №11. – P. 1413–1414.
15. Diamond S.S. Fatal Bronchopneumonia and Dermatitis Caused by *Pseudomonas aeruginosa* in an Atlantic Bottlenosed Dolphin / S.S. Diamond, D.E. Ewing, G.A. Cadwell // J. Am. Vet. Med. Assn. – 1979. – V.175, №9. – P. 984–987.
16. Cusic P.K. Ulcerative Dermatitis and Pneumonia Associated with *Aeromonas hydrophila* Infection in the Bottle-Nosed Dolphin / P.K. Cusic, B.C. Bullock // J. Am. Vet. Med. Assn. – 1973. – V.163, №6. – P. 578–579.
17. Higgins R. Bronchopneumonia caused by *Streptococcus equi* in a North atlantic pilot whale (*Globicephala melana*) / R. Higgins, R. Clavean, R. Roy // J. of Wildl. Dir. – 1980. – V.16., №3. – P. 319–321.
18. Методические указания по проведению обязательного минимума исследований в ветеринарной лаборатории. – М.: Ордена Трудового Красного Знамени Военное издательство МО СССР., 1972. – С. 11–14.
19. Методические указания по проведению обязательного минимума исследований в ветеринарно-эпизоотическом отряде. – М.: Ордена Трудового Красного Знамени Военное издательство МО СССР, 1972. – С. 37–39.

Андрєєва Н. О. Мікрофлора органів загинув дельфінів-афалін / Н.О. Андрєєва // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 3-8.

Представлено результати бактеріологічного дослідження внутрішніх органів дельфінів, що перебували в Севастопольському океанаріумі. Виявлено декілька випадків загибелі тварин від мікробних інфекцій, і визначені домінуючі представники патогенної мікрофлори. Здійснено порівняльний аналіз даних бактеріології загинув дельфінів, приведених у роботах закордонних авторів, і результатів досліджень, раніше проведених в Океанаріумі.

Ключові слова: мікрофлора, дельфін-афаліна, мікробні інфекції, внутрішні органи дельфінів.

Andreeva N.A. Microflora of organs in dead tursiops truncatus / N.A. Andreeva // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 3-8. Results of internals' bacteriological analysis of the dead dolphins kept in State Oceanarium are presented. We've revealed several cases of animal's death from microbiosis and determined dominating pathogenic microflora. We've realized comparative analysis of the bacteriological data taken from foreign literature and studies done in Oceanarium earlier.

Keywords: microflora, tursiops truncatus, microbiosis, internals.

Поступила в редакцию 15.12.2009 г.

УДК 504.06:537.612

СОЧЕТАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ И ИОНОВ СВИНЦА НА ЖИВОТНЫХ

*Артамонова Ю.В.¹, Розачева С.М.¹, Бабаева М.И.¹, Баулин С.И.², Чуян Е.Н.³,
Джелдубаева Э.Р.³*

¹*Саратовский государственный технический университет, Саратов, Россия,
e-mail: art-julia85@rambler.ru*

²*Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского, Саратов, Россия*

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

Исследовано изолированное и комбинированное с ЭМИ 65 ГГц (ППЭ 120 мкВт/см²) воздействие ацетата свинца на выносливость и массу белых беспородных мышей при пероральном введении раствора вещества в нелетальных дозах. Определено потенцирующее действие ЭМИ на токсический эффект свинца.

Ключевые слова: КВЧ ЭМИ, ацетат свинца, изолированное и комбинированное воздействие, лабораторные животные, выносливость

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире живые системы постоянно подвергаются комплексному воздействию различных химических токсикантов и физических факторов слабой интенсивности. Среди факторов, вызывающих значимые изменения функционального состояния организма, особая роль принадлежит крайне высокочастотному электромагнитному излучению (КВЧ ЭМИ) [1, 2].

Биоэффекты КВЧ-излучения регистрируются при плотности потока энергии (ППЭ) значительно ниже 10 мВт/см², при которой практически отсутствует нагрев облучаемого объекта, поэтому данное излучение относят к нетепловым, «информационным» воздействиям [3]. Биологический отклик не зависит от мощности данного излучения, но зависит от его параметров: частоты, формы сигнала, экспозиции, а также локализации облучения, исходного состояния и индивидуальных особенностей биологического объекта.

Известно, что воздействие низкоинтенсивного КВЧ-излучения на живые системы носит универсальный характер: изменения биохимических и биологических процессов наблюдаются в системах различной степени сложности – от клетки до уровня многоклеточного организма. Молекулярный механизм действия электромагнитных волн окончательно не определен.

Поскольку нетепловое ЭМИ не может вносить существенные изменения в константы скорости биохимических реакций за счет температурных эффектов, некоторые авторы [4] предполагают, что эти поля воздействуют опосредованно,

изменяя концентрацию активных форм кислорода (АФК), вызывающих оксидативную модификацию (ОМ) макромолекул - белков, липидов, нуклеиновых кислот. Подтверждения образования АФК в водных растворах под влиянием КВЧ ЭМИ представлены в работах [5, 6].

Известно, что АФК и ОМ необходимы организму для реакций иммунитета и воспаления. Возможно, этим объясняется высокая эффективность КВЧ-терапии при лечении широкого спектра заболеваний, в том числе инфекционных [7]. С другой стороны, избыток АФК и ОМ повреждает клетки и может способствовать развитию патологических состояний.

В связи с этим большой интерес представляет изучение влияния КВЧ-излучения на организм, подвергающийся воздействию экотоксикантов, механизм токсического действия которых связан с окислительными процессами в клетке.

В группу наиболее опасных экотоксикантов входят тяжелые металлы, в частности, свинец. Соединения свинца вызывают значительные патологические изменения в нервной системе, крови и сосудах, активно влияют на синтез белка, энергетический баланс клетки и ее генетический аппарат [8, 9].

Главная роль в связывании металлов в организме, как внутри, так и вне клетки, принадлежит металлотионеинам (МТ) – низкомолекулярным белкам (6-7 кДа), в которых 20 из 60-68 аминокислотных остатков представлены цистеином. Помимо детоксикации металлов МТ осуществляют защиту клеточных структур от повреждающего действия АФК [10], принимают участие в регенерации нервных клеток и клеток печени [11], оказывают коррегирующее влияние на гуморальный и клеточный иммунитет [12].

Таким образом, при сочетании действия КВЧ-излучения и солей свинца на организм можно ожидать усиление токсического эффекта свинца. Известно, что при хроническом воздействии свинца на организм человека снижается его работоспособность [9]. Поэтому целью данной работы явилось оценка уровня комбинированного действия ЭМИ КВЧ и свинца на организм по изменению выносливости животных в известном тесте «вынужденного плавания».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты проводились на белых беспородных мышах с массой тела 20 ± 2 г. Водные растворы ацетата свинца $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$ вводили животным перорально.

В качестве источника ЭМИ КВЧ использовался генератор Г4-142. Лабораторных животных, помещенных в стеклянный сосуд, облучали через отверстие с помощью пирамидальной рупорной антенны длиной 12 см при комнатной температуре $(21 \pm 1,0)^\circ C$ в течение 30 минут в режиме непрерывной генерации ЭМИ с частотой 65 ГГц, ППЭ = 120 мкВт/мин·см². При облучении животных не фиксировали.

Изменение общей физической выносливости определялось по модифицированной стандартной методике вынужденного плавания животных в бассейне с температурой воды $(20 \pm 0,5)^\circ C$ [13]. Через 24 ч после воздействия животных помещали в бассейн, регистрировали время до прекращения активного движения и принятия животным характерной статичной позы.

Перед началом эксперимента животные были взвешены, протестированы по методике вынужденного плавания и разделены 4 группы по 6 особей в каждой. Животным 1-ой группы перорально вводили 0,18-0,22 мл (в зависимости от массы животного) дистиллированной воды. Введение раствора проводили через зонд в пищевод. Животные 2-ой группы подвергались воздействию ЭМИ КВЧ и затем им вводили аналогичный объем дистиллированной воды. Животным 3-ей группы вводили раствор ацетата свинца в дозе 0,24 мг/кг или 2,4 мг/кг через зонд. Животные 4-ой подвергались воздействию ЭМИ КВЧ и затем им вводили аналогичный объем раствора ацетата свинца в дозе 0,24 мг/кг и 2,4 мг/кг.

Математическую обработку полученных данных проводили с использованием компьютерной программы MS Excel 2000. Рассчитывали среднее арифметическое, стандартное отклонение, доверительный интервал при уровне значимости 0,05.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Проводилось исследование хронического воздействия свинца в сочетании с ЭМИ КВЧ на выносливость лабораторных животных. Так как одним из основных путей попадания свинца в организм человека является водно-пищевой, токсикант вводили лабораторным животным перорально. Эксперимент проводился поэтапно. Первоначально была выбрана доза ацетата свинца 0,24 мг/кг, соответствующая дозе свинца, попадающей в организм человека за сутки с водой, загрязненной ионами металла на уровне ПДК [14].

Животные были разделены на 4 группы. За 24 часа до помещения в бассейн животным первой и второй групп вводили дистиллированную воду, третьей и четвертой групп - раствор ацетата свинца в дозе 0,24 мг/кг. Вторая и четвертая группы подвергались воздействию ЭМИ. Раствор соли свинца вводился в течение десяти суток. Тест плавания проводился в течение 11 суток. Регистрировали продолжительность плавания животных до прекращения из активного движения и изменение массы животных. По результатам экспериментов рассчитывали изменение времени плавания Δt , с, и массы мышей Δm , г, по формулам:

$$\Delta t = t_i - t_n, \quad (1)$$

где t_i – время плавания на i -тый день эксперимента, с; t_n - время плавания в первый день эксперимента, с.

$$\Delta m = m_i - m_n, \quad (2)$$

где m_i – масса мышей на i -тый день эксперимента, г; m_n – масса мышей в первый день опыта, г.

Зависимости изменения времени плавания и массы животных от времени эксперимента при пероральном введении ацетата свинца в дозе 0,24 мг/кг представлены на рис. 1, 2.

Из данных, представленных на рис. 1, видно, что у животных контрольной, 2-ой и 3-ей групп в первые дни опыта увеличивается время плавания. Это свидетельствует о том, что животные обучаются плаванию. Исключение составляет 4-ая группа мышей, подвергшихся комбинированному воздействию свинца и ЭМИ, у этих животных уже в первый день опыта выносливость уменьшается и не

восстанавливается в течение эксперимента. На 4-е сутки наблюдается снижение выносливости животных, подвергающихся воздействию свинца, и в последующие дни работоспособность животных не изменяется. В течение 10-и суток постепенно увеличивается работоспособность животных, на которых воздействуют ЭМИ.

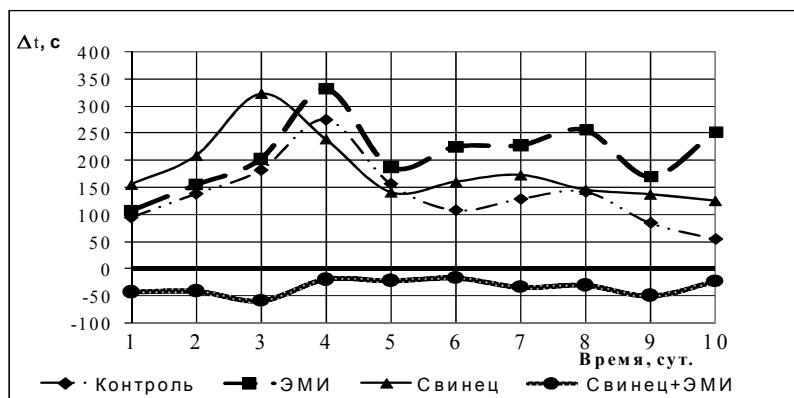


Рис. 1. Зависимость изменения времени плавания мышей при изолированном и комбинированном воздействии ацетата свинца в дозе 0,24 мг/кг и ЭМИ 65 ГГц от времени опыта.

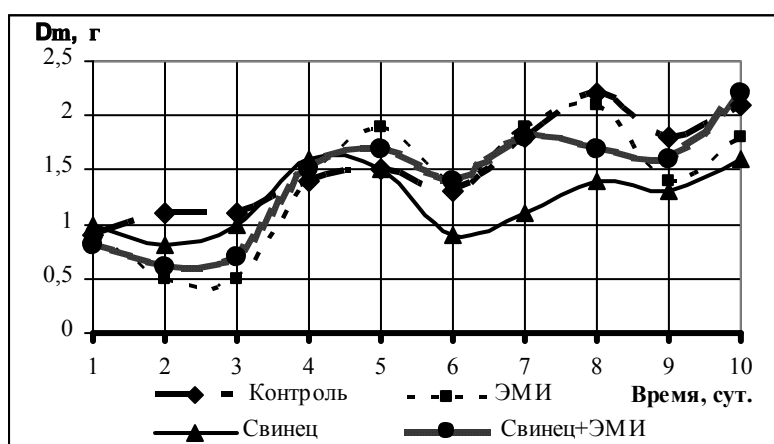


Рис. 2. Зависимость изменения массы мышей при изолированном и комбинированном воздействии ацетата свинца в дозе 0,24 мг/кг и ЭМИ 65 ГГц от времени опыта.

Из рис. 2 видно, что масса мышей постепенно растет во всех опытных группах, но для животных, принимающих раствор ацетата свинца, медленнее.

Для сравнения состояния животных после 10-и дневного опыта были проведены расчеты следующих показателей:

- относительного изменения времени плавания ($\Delta t_{\text{отн}}$ %):

$$\Delta t_{\text{отн.}} = \left(\frac{(t_{\text{к}} - t_{\text{н}})}{t_{\text{н}}} \right) * 100\%, \quad (3)$$

где t_k - время плавания в последний день эксперимента, с.

- относительного изменения массы мышей ($\Delta m_{отн}$, %):

$$\Delta m_{отн.} = ((m_k - m_n) / m_n) * 100\%, \quad (4)$$

где m_k – масса мышей в последний день эксперимента, г.

По результатам расчетов построена диаграмма, представленная на рис. 3.

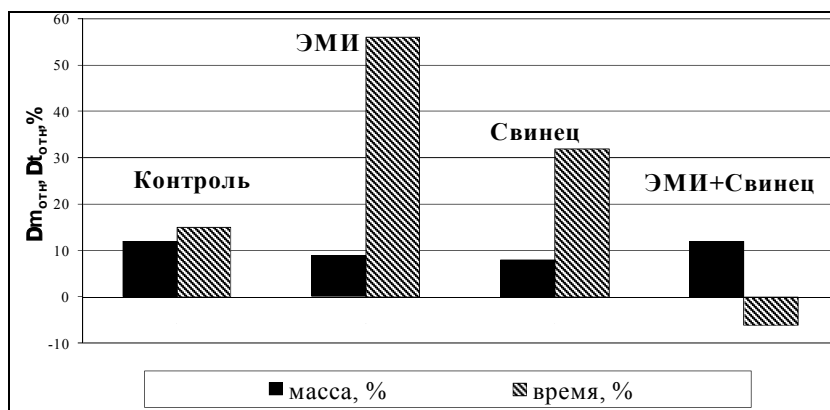


Рис. 3. Относительные значения изменения массы мышей и времени плавания при 10-ти дневном изолированном и комбинированном воздействии ацетата свинца в дозе 0,24 мг/кг и ЭМИ 65 ГГц.

Из диаграммы видно, что через 10 суток эксперимента масса мышей во всех опытных группах практически не изменяется по сравнению с контролем. Выносливость уменьшается только у животных 4 группы, на которых оказывали комбинированное воздействие, снижение продолжительности плавания происходит в среднем на 22 % относительно контрольной группы.

В группе животных, подвергаемых только воздействию ЭМИ КВЧ, наблюдается значительное увеличение продолжительности плавания – на 40 %. В группе мышей, подвергавшихся воздействию свинца, выносливость также выше контроля. Вероятно, доза ацетата свинца недостаточна для показательного изменения функционального состояния организма животных. Тем не менее, нами отмечено усиливающее токсичность свинца действие ЭМИ низкой интенсивности с частотой 65 ГГц.

Далее доза вводимого ацетата свинца была увеличена в 10 раз, до 2,4 мг/кг, и после двухдневного перерыва эксперимент был продолжен. Кроме того, были добавлены две новые группы животных (5-я-Свинец*, 6-я-Свинец+ЭМИ*) которым раствор ацетата свинца сразу вводился в дозе 2,4 мг/кг. Опыт проводился по аналогичной схеме. Раствор соли свинца вводился в течение пяти суток. Тест плавания и взвешивание животных проводились в течение шести суток. По результатам эксперимента были также проведены расчеты согласно приведенным выше формулам, и построены графики зависимостей. В данных расчетах первым днем эксперимента считался 12 день, когда после перерыва стали вновь вводить раствор ацетата свинца.

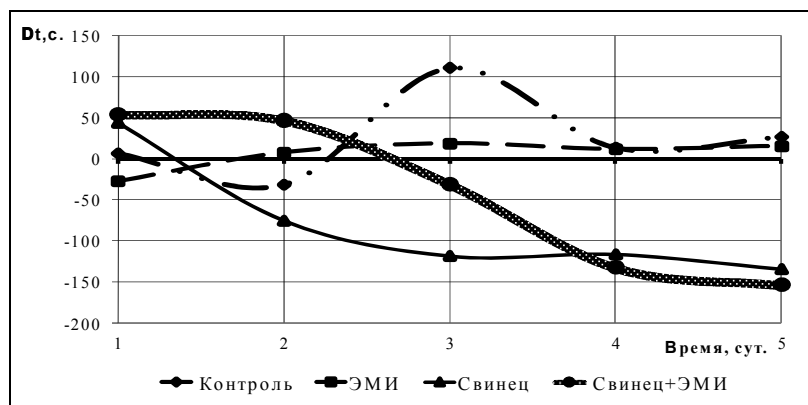


Рис. 4. Зависимость изменения времени плавания мышей при изолированном и комбинированном воздействии ацетата свинца в дозе 2,4 мг/кг (продолжение опыта) и ЭМИ 65 ГГц от времени опыта

Из рис. 4 видно, что у животных, которым продолжали вводить ацетат свинца в увеличенной дозе (2,4 мг/кг), наблюдается значимое снижение времени плавания, как при изолированном воздействии свинца, так и в сочетании с ЭМИ КВЧ. А время плавания животных, подвергаемых только воздействию ЭМИ КВЧ, стабильно. В эксперименте наблюдается также значительное уменьшение массы животных, подвергаемых изолированному и комбинированному с ЭМИ воздействию свинца (рис. 5).

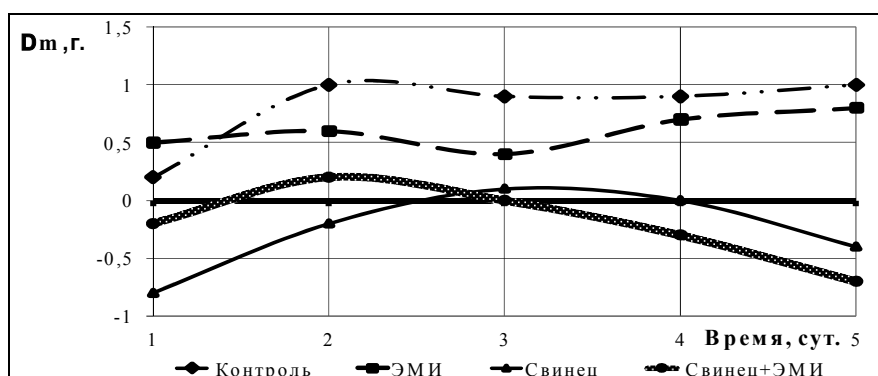


Рис. 5. Зависимость изменения массы мышей при изолированном и комбинированном воздействии ацетата свинца в дозе 2,4 мг/кг (продолжение опыта) и ЭМИ 65 ГГц от времени опыта.

В двух группах животных, которым сразу вводился раствор ацетата свинца в дозе 2,4 мг/кг, наблюдается резкое снижение выносливости (рис. 6). Масса животных начинает снижаться на третий день опыта, но это изменение незначительно (рис. 7).

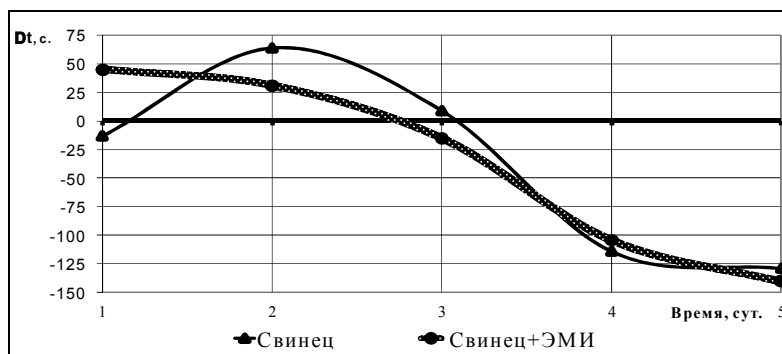


Рис. 6. Зависимость изменения времени плавания мышей при изолированном и комбинированном воздействии ацетата свинца в дозе 2,4 мг/кг и ЭМИ от времени опыта.

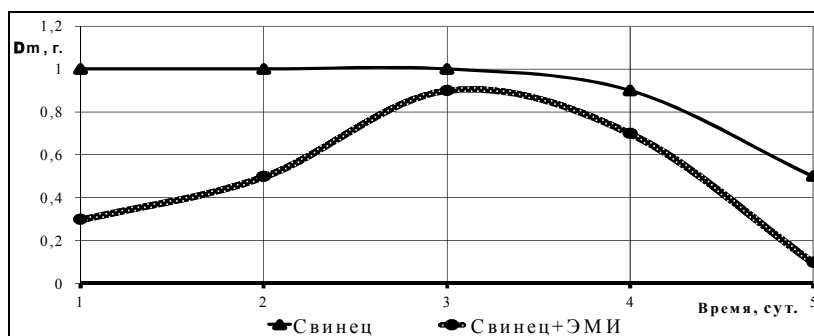


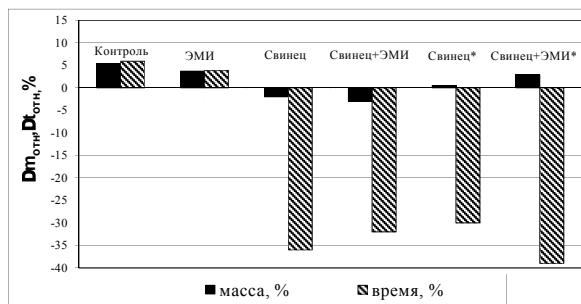
Рис. 7. Зависимость изменения массы мышей при изолированном и комбинированном воздействии ацетата свинца в дозе 2,4 мг/кг и ЭМИ от времени опыта.

Для сравнения состояния животных были проведены расчеты относительных показателей изменения выносливости и массы животных за 5 суток эксперимента (рис. 8).

На рис. 8 отчетливо видно резкое снижение времени плавания: на 42% в группе, подвергаемой длительному воздействию свинца, и на 38% в группе, подвергаемой воздействию свинца в сочетании с ЭМИ. Кроме того, в этих же двух группах наблюдается снижение массы мышей. У животных из новой группы масса практически не изменилась. Зато отчетливо видно резкое уменьшение времени плавания. В группе животных, подвергающихся изолированному действию ионов свинца, время уменьшилось на 36%, а при сочетании с ЭМИ КВЧ на 45% по сравнению с контрольной группой. На основании этих данных можно предположить, что масса уменьшается только при длительном накоплении свинца в организме. Тем временем выносливость падает в обоих случаях.

Известно, что повышенная утомляемость является проявлением астенического синдрома, который характерен как для начальной стадии интоксикации организма свинцом, так и для проявления оксидативного стресса. Потенцирующий эффект ЭМИ КВЧ на токсическое действие свинца, в действительности, может быть обусловлен увеличением АФК в организме и снижением активности МТ по

обезвреживанию тяжелых металлов. Для выяснения механизма обнаруженного нами эффекта КВЧ-излучения необходимы биохимические исследования.



* - новая группа животных, которым сразу вводился ацетат свинца в дозе 2,4 мг/кг.

Рис. 8. Относительное изменение массы мышей и времени плавания при 5-ти дневном введении ацетата свинца в дозе 2,4 мг/кг, %.

ВЫВОДЫ

1. При пероральном введении ацетата свинца в течение 10-ти суток в суточной дозе 0,24 мг/кг выносливость животных практически не изменяется, при комбинированном воздействии ацетата свинца и ЭМИ КВЧ она уменьшается на 22 %, относительно контрольной группы. Продолжение введения ацетата свинца в течение 5 суток в увеличенной дозе (2,4 мг/кг) приводит к значительному снижению, в среднем на 40 %, выносливости животных, как при изолированном, так и при сочетанном воздействии с ЭМИ КВЧ.
2. При пероральном введении ацетата свинца в течение 5-ти суток в суточной дозе 2,4 мг/кг выносливость животных уменьшается в среднем на 36%, а при сочетании с ЭМИ КВЧ - на 45% по сравнению с контрольной группой.
3. Масса животных уменьшается только при длительном накоплении свинца в организме.
4. В основе потенцирующего действия КВЧ-излучения на токсический эффект свинца лежит развитие оксидативного стресса организма.

Список литературы

1. Бецкий О.В. Миллиметровые волны и живые системы / Бецкий О.В., Кислов В.В., Лебедева Н.Н. – М.: Сайнс-пресс, 2004. – 272 с.
2. Чуян Е.Н. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения / Чуян Е.Н., Джелдубаева Э.Р. – Симферополь : ДИАЙПИ, 2006. – 458 с.
3. Девятков Н.Д. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности / Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В. – М.: Радио и связь, 1991. – 168 с.

4. Влияние слабого электромагнитного поля на скорость производства перекиси водорода в водных растворах / В.О. Пономарев, В.В. Новиков, А.В. Карнаухов [и др.] // Биофизика. – 2008. – Т.53, вып. 2. – С.197–204.
5. Образование реактивных форм кислорода в водных растворах под действием электромагнитного излучения КВЧ-диапазона / М.М. Поцелуева, А.В. Пустовидко, Ю.В. Евтодиенко [и др.] // Доклады РАН. – 1998. Т.359, №3. – 415–418.
6. Влияние примесей на снижение в воде $[O_2]$ под действием миллиметрового излучения / В.Н. Казаченко, О.Н. Дерюгина, К.В. Кочетков [и др.] // Биофизика. – 1999. – Т.44, №5. – С.796–805.
7. Голант М.Б. Об успехах в КВЧ-медицине // Сб. докладов 10-го Российского симпозиума с международным участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». – М.: ИРЭ РАН, 1997. – С. 8.
8. Лазарев Н.Г. Вредные вещества в промышленности. / Лазарев Н.Г. // Справочник для химиков, инженеров и врачей. В 3-х т. – Л.: Химия, 1977. – Т.3. – 608 с.
9. Куценко С.А. Основы токсикологии. / Куценко С.А. – Санкт-Петербург, 2002. – 395 с.
10. Kang Y.J. Metallotionein redox cycle and function / Y.J. Kang // Exp. Biol. Med. – 2006. – Vol. 231. – P. 1459–467.
11. Protective role of metallotionein in the injured mammalian brain / A.K. West, M.I. Chuah, J.C. Vickers [et al.] // Rev. Neurosci. – 2004. – Vol.15. – P.157–166.
12. Immunomodulatory activities of extracellular metallotionein. I. Metallotionein effects on antibody production / M.A. Lynes, L.A. Borghesi, J. Youn, [et al.] // Toxicology. – 1993. – Vol.85. – P.161–177.
13. Андреева Н.И. Руководство по экспериментальному (доклиническому) изучению новых фармакологических веществ. М. : Медицина. 2000.
14. Давыдова С.Л. Ртуть, олово, свинец и их органические производные в окружающей среде: Моногр. / Астрахан. гос. техн. ун-т. Астрахань / Давыдова С.Л., Тимянов Ю.Т., Милаева Е.Р. // Астрахань: Изд-во АГТУ. – 2001. – 148 с.

Артамонова Ю.В. Сочетаний вплив електромагнітного випромінювання низької інтенсивності та іонів свинцю на тварин / Ю.В. Артамонова, С.М. Рогачева, М.І. Бабаєва, С.І. Баулін, О.М. Чуян, Е.Р. Джелдубаєва // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 9-17.

Досліджен ізольований та комбінований з ЕМВ 65 ГГц (120 мкВт /см²) вплив ацетату свинцю на витривалість та масу білих безпородних мишей при пероральнім введенні розчину речовини в нелетальних дозах. Визначена дія низькоінтенсивного ЕМВ на токсичний ефект свинцю.
Ключові слова: НВЧ ЕМІ, ацетат свинцю, ізольований і комбінований вплив, лабораторні тварини, витривалість

Artamonova Y.V. Combinative effect of low intensive electromagnetic radiation and lead ions at the animals / Y.V. Artamonova, S.M. Rogacheva, M.I. Babaeva, S.I. Baulin, E.N. Chuyan, E.R. Dzheldubaeva // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 9-17.

The isolated and combined with low intensive electromagnetic radiation 65 GHz effect of lead acetate at the mice physical endurance and mass was studied. Lead acetate was introduced orally in non lethal doses. The potential action of EMR at the toxicity of lead was discovered.

Keywords: electromagnetic radiation of extremely high frequency, lead acetate, isolated and combined effect, laboratory animals, physical endurance.

Поступила в редакцию 04.12.2009 г.

УДК 612-014

СИНХРОНИЗАЦИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В КАРДИО-РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЕ У ИСПЫТУЕМЫХ С РАЗНЫМ ТИПОМ ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ

Бирюкова Е.А., Чуян Е.Н., Богданова О.Д.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина,
e-mail: elena-chuyan@rambler.ru*

Исследовалась синхронизация колебательных процессов в кардио-респираторной системе (КРС) испытуемых с разным типом вегетативной регуляции при применении метода управляемого дыхания (УД) с индивидуально подобранной частотой (ИПЧ), соответствующей локализации максимального пика мощности в низкочастотном диапазоне спектра сердечного ритма (СР).

Показано, что у испытуемых с нормотоническим и симпатическим типом вегетативной регуляции курсовое воздействие УДИПЧ ведет к значительному снижению стресс-индекса (Si) и увеличению мощности спектральных компонентов СР. Полученные данные свидетельствуют об изменении функционального состояния КРС и уменьшении напряжения регуляторных систем под влиянием УДИПЧ, что связано с центральной и вегетативной респираторно-зависимой синхронизацией между дыхательной и сердечно-сосудистой системами.

Ключевые слова: кардиореспираторная система, вегетативная регуляция, управляемое дыхание, вариабельность сердечного ритма, спектральный анализ.

ВВЕДЕНИЕ

Ярким примером взаимодействия сложных ритмических процессов в биологических системах является функционирование кардио-респираторной системы человека (КРС) [1, 2]. Известно [3], что одним из главных колебательных процессов в КРС человека является процесс сердцебиения с частотой близкой к 1 Гц, генерируемый водителем ритма сердца. Этот процесс называется основным сердечным ритмом и проявляется в записях электрической активности сердца, в частности, в последовательности RR-интервалов, которую часто называют вариабельностью ритма сердца (ВСР), 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 [2]. В результате взаимодействия сердечного ритма (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.

Некоторыми авторами [4] 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) [4, 5, 6] не всегда будет иметь резонансный отклик в СВУС. Следовательно, перспективным является использование метода УД с индивидуально подобранной частотой (ИПЧ) [7].

В наших предыдущих исследованиях [8] показана высокая эффективность использования метода УД с частотой, соответствующей частоте локализации максимального пика мощности в низкочастотном (LF) диапазоне СР для изменения показателей ВСР условно-здоровых людей. Однако известно [9, 10], что механизм регуляции СР напрямую опосредуется влияниями вегетативной нервной системы (ВНС), которая выполняет в организме функции сохранения и поддержания гомеостаза, а также отвечает за мобилизацию функциональных систем организма при адаптации к изменениям условий внутренней и внешней среды. Нами [11] также показаны значительные отличия в индивидуальном профиле функционального состояния (ИПФС) испытуемых, выраженные в наличии разных механизмов поддержания гомеостаза и регуляции функционального состояния у испытуемых с разным тонусом ВНС, маркером которого является стресс-индекс (Si или индекс напряженности регуляторных систем) [9]. Поэтому, можно предположить, наличие у испытуемых с разным ИПФС разных по силе и интенсивности реакций на одно и то же воздействие, в частности УДИПЧ.

Однако остается неизученным влияние УДИПЧ на синхронизацию процессов в КРС испытуемых с разным типом вегетативной регуляции.

В связи с этим, целью настоящего исследования явилось изучение синхронизации колебательных процессов в КРС испытуемых с разным типом вегетативной регуляции при применении метода УДИПЧ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 53 студента-волонтера женского пола в возрасте 18-23 лет, условно здоровых, без признаков сердечно-сосудистой и дыхательной патологии. Фаза менструального цикла не учитывалась. Все испытуемые дали добровольное согласие на участие в исследовании.

Предварительная запись ВСР с помощью программно-аппаратного комплекса «Омега-М» (производство научно-исследовательской лаборатории «Динамика», г. Санкт-Петербург) выявила индивидуально-типологические отличия этих испытуемых, связанные, в частности, со значениями стресс-индекса Si . Известна классификация Р. М. Баевского [9] при которой испытуемых со средними значениями Si ($50 \leq Si \leq 200$ усл.ед.) относят к нормотоникам, с высокими значениями ($Si \geq 200$ усл.ед.) – к симпатотоникам и низкими ($Si \leq 50$ усл.ед.) – к ваготоникам. В соответствии с этим все испытуемые были разделены на 3 группы: I – со средними значениями Si – 40% ($n=21$);

II – с высокими значениями Si – 30% (n=16) и III – с низкими значениями Si – 30% (n=16). Такой отбор позволил сформировать однородные группы испытуемых.

Исследования проводили ежедневно в течение 10-ти дней и через семи дней после окончания курса УДИПЧ (17 день эксперимента) для регистрации эффекта последствия в одно и то же время суток, что позволило исключить влияние суточных колебаний ВСП на результаты исследования [12, 13].

Исследования начинали с регистрации кардиосигнала в первом стандартном отведении с помощью АПК «Омега-М», разработанного на основе принципиально нового метода дискретного динамического анализа совокупности ритмов сердца и мозга. Ритмограммы, выделяемые в процессе обработки из электрокардиосигнала, представляют собой последовательности временных интервалов между соседними сердечными возбуждениями. Для аппаратно-программной реализации метода из электрокардиосигнала выделяют пять ритмов: *R-R* интервалограмма (последовательность *R-R* интервалов); *R-T* интервалограмма (последовательность *R-T* интервалов); отношения амплитуды *R* и *T* зубцов (последовательность отношения амплитуды *R* и *T*); скважность электросигнала (последовательность значений отношения периода следования кардиокомплекса к его длительности). Из каждого ритма выделяют волны 1-го порядка, представляющие собой огибающие этих ритмов. Таким образом, осуществляется корректный переход от ритмограмм к временным функциям.

Регистрацию проводили в положении сидя при спокойном дыхании в течение 5-ти минут, то есть, времени, необходимого для набора 300 кардиокомплексов. Для реализации поставленной цели были использованы спектральный (HF, LF, VLF, TOTAL) метод анализа ВСП (в системе оценок, рекомендуемых стандартами Европейского кардиологического общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии [10]) и метод вариационной пульсометрии по Баевскому (Si) [9], которые подробно описаны в наших предыдущих исследованиях [11, 14].

В первый день эксперимента фоновую запись показателей ВСП проводили на фоне спонтанного дыхания – контрольная запись. При этом, контролировали отсутствие форсированных вдохов и задержек дыхания во время регистрации ЭКГ, тем самым, исключая произвольные влияния дыхания на СП, т.е. исследования проводили в относительно стандартных условиях.

В последующие 10 дней эксперимента запись показателей ВСП осуществляли на фоне УД, частота которого соответствовала частоте локализации максимального пика мощности в низкочастотном (LF) диапазоне СП [8].

Во время сеанса УДИПЧ каждый испытуемый дышал под индивидуальный ритм, задаваемый «дыхательным шаром», параметры которого рассчитывались по ритмограмме, записанной непосредственно перед сеансом дыхания на АПК «Омега» [15].

Продолжительность сеанса УДИПЧ составляла около пяти минут. Повторную запись ритмограммы проводили не ранее, чем через пять минут после окончания сеанса УДИПЧ.

Критерием эффективности используемого метода являлось изменение показателей ВСП относительно контрольной записи, полученной в первый (фоновый) день эксперимента.

Для сравнения значений показателей у испытуемых разных индивидуально-типологических групп использовали коэффициент сравнения (К) этих показателей по отношению к значениям, полученным в группе испытуемых со средними значениями Si , рассчитанный по формуле:

$$K = \left(\frac{C_1 - K_{2,3}}{K_{2,3}} \right),$$

где C_1 – значения показателей, полученные в группе испытуемых со средними значениями Si ; $K_{2,3}$ – полученные в группе с высокими (2) и низкими (3) значениями Si соответственно.

Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью пакета программ «Омега-М» и «Статистика 6.0». Достоверность различий полученных данных определяли с помощью критерия Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ показателей вариационной пульсометрии выявил, что после 10-тидневного курса УДИПЧ у испытуемых группы 1 со средними значениями Si произошло достоверное снижение этого показателя на 26,6% ($p < 0,05$), у испытуемых 2-ой группы с высокими значениями – в среднем на 41,8% ($p < 0,05$). У испытуемых 3-ей группы с низкими значениями Si достоверных изменений данного показателя за 10 дней исследования выявлено не было (рис. 1, А). Следует отметить, что максимальные изменения Si у испытуемых 1-ой и 2-ой групп были зарегистрированы уже на 4-е – 5-е сутки исследования. С 6-х по 10-е сутки УДИПЧ значения данного показателя существенно не изменялись, что свидетельствует о выходе их на «плато» (рис. 1, А).

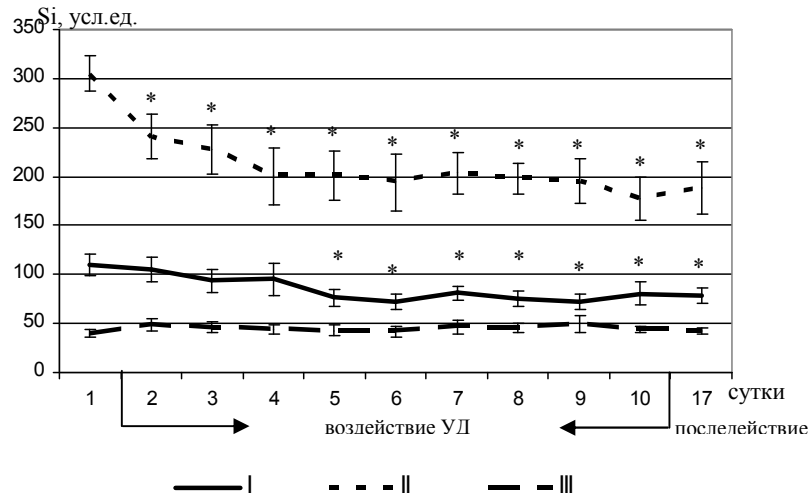
Как известно [16], Si характеризует степень преобладания симпатических влияний над парасимпатическими и уровень напряженности регуляторных систем [9]. Поэтому, снижение значений этого показателя под воздействием УДИПЧ на частоте локализации максимального пика в LF-диапазоне СР свидетельствует об увеличении вагусных влияний на СР и снижении уровня напряженности регуляторных систем организма испытуемых, что и было зарегистрировано в нашем исследовании у испытуемых 1-ой и 2-ой групп.

Заметим, что Si увеличивается в 1,5 – 2,0 раза при физической нагрузке [17], в 1,1 – 3,9 раза во время эмоционального предэкзаменационного стресса у студентов и школьников [18], в 1,4 – 1,7 раза у космонавтов во время магнитной бури [19], в 20 – 30 раз у спортсменов, участвующих в соревнованиях по спортивным играм и в единоборствах, что свидетельствует о состоянии сильнейшего функционального напряжения «на грани срыва адаптации» [20]. Поэтому, существенное снижение Si у испытуемых с высокими и средними значениями этого показателя уже после 5-тикратного воздействия УДИПЧ открывает возможности практического использования данного метода для снижения уровня стресса, вызванного психоэмоциональными или физическими нагрузками.

Следует отметить, что в результате курса УДИПЧ происходило постепенное приближение значений Si у волонтеров 2-ой и 3-ей групп к значениям, этого показателя у волонтеров группы 1, на что указывает динамика коэффициента сравнения (К)

(рис. 1, Б). Следовательно, курсовой УДИПЧ приводит к нивелированию межгрупповых различий и приближению значений показателя Si у испытуемых к нормотоническому (испытуемые группы 1) типу [9, 17, 19] вегетативной регуляции.

А



Б

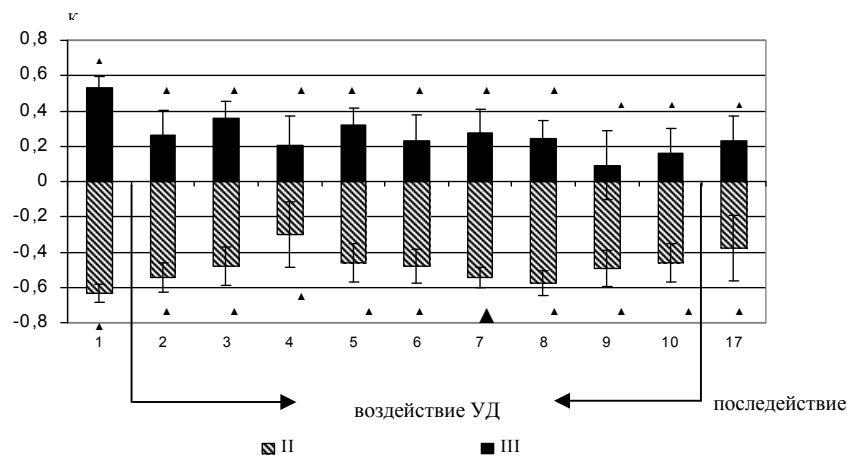


Рис. 1. Изменение Si под влиянием управляемого дыхания с индивидуально подобранной частотой у испытуемых в разные сроки эксперимента.

А – в усл.ед.; Б – коэффициент сравнения (K) значений показателя Si у испытуемых с высокими (II) и низкими значениями (III) этого показателя по отношению к значениям, полученным в группе испытуемых со средними значениями Si (I).

Примечание: * – достоверность различий ($p < 0,05$) по критерию Вилкоксона относительно исходных значений изученных показателей; ▲ – относительно значений в I группе испытуемых; ■ – относительно значений в III группе испытуемых.

Спектральный анализ волновых показателей СР, отражающих внутреннюю структуру ряда кардиоинтервалов и позволяющих судить о механизмах, обеспечивающих наблюдаемый конечный эффект регуляторных воздействий, показал достоверные изменения как показателя суммарной мощности спектра СР (ТР), так и ее составляющих – HF, LF, т.е. автономный и сегментарный уровни регуляции СР у испытуемых начиная со 2-х – 3-х суток исследования (рис. 2). Достоверных изменений VLF-компонентов СР за 17 дней исследования у испытуемых выделенных групп зарегистрировано не было.

У испытуемых группы 1 на 10-е сутки исследования значения показателей HF, LF и ТР увеличились относительно фоновых значений на 72%, 113% и 82% ($p < 0,001$) соответственно. У испытуемых группы 2 были зарегистрированы наибольшие изменения данных показателей, составившие 283%, 245% и 183% ($p < 0,001$) от исходных значений. У испытуемых группы 3 достоверных изменений изученных показателей статистического анализа за 10 дней исследования зарегистрировано не было (рис. 2).

Многочисленные экспериментальные данные указывают на то, что спектр ВСР, получаемый при анализе коротких (3-х – 5-минутных) фрагментов ритмограмм, имеет исключительно нейрогенную природу, поскольку, как высокочастотная (HF), так и низкочастотная (LF) компоненты в спектре ВСР исчезают после денервации сердца [21], нет их у пациентов с трансплантированным сердцем [22] и у плодов – анэнцефалов [23].

В настоящее время считается установленным, что HF-компонента спектра СР (0,15-0,4 Гц) связана с дыханием и отражает вагусный контроль СР, тогда как LF-составляющая характеризует состояние симпатического отдела ВНС [10] и, в частности, системы регуляции сосудистого тонуса (активность вазомоторного центра). Кроме того, некоторыми авторами показано, что увеличение мощности LF-компоненты СР свидетельствует об улучшении барорефлекторной регуляции гемодинамики [24].

Известно, что ТР отражает суммарную активность вегетативных воздействий на СР. Вагусная активация обычно сопровождается увеличением ТР [10]. Поэтому, рост ТР у испытуемых под влиянием УДИПЧ с индивидуально-подобранной частотой может быть связано с активацией вегетативного и уменьшением влияния центрального контура регуляции СВУС. Вместе с тем, известно, что, чем выше общая мощность спектра, тем более выражены адаптационные возможности организма [10].

Следовательно, полученные нами данные об увеличении мощности как отдельных компонент (LF и HF), так и общей мощности спектра СР (ТР), у испытуемых под воздействием УДИПЧ на частоте LF-составляющей спектра СР могут свидетельствовать об увеличении адаптационного потенциала организма испытуемых посредством увеличения вагусных воздействий и нормализации барорефлекторной регуляции КРС испытуемых.

При этом, обращает на себя внимание тот факт, что в результате курса УДИПЧ происходило постепенное сближение значений исследуемых показателей у волонтеров разных групп, (если до начала курса УДИПЧ различия оставляли 30-65% то к концу курса – 20-45%; $p < 0,05$) на что указывают паттерны коэффициентов их сравнения (К)

(рис. 1, Б; 2, Г). Следовательно, курсовое воздействие УДИПЧ приводит к нивелированию межгрупповых различий и приближению значений показателей ВСР у испытуемых с низкими и высокими значениями S_i к наиболее сбалансированному в функциональном отношении нормотоническому типу вегетативной регуляции, что свидетельствует о гомеостатическом действии УДИПЧ.

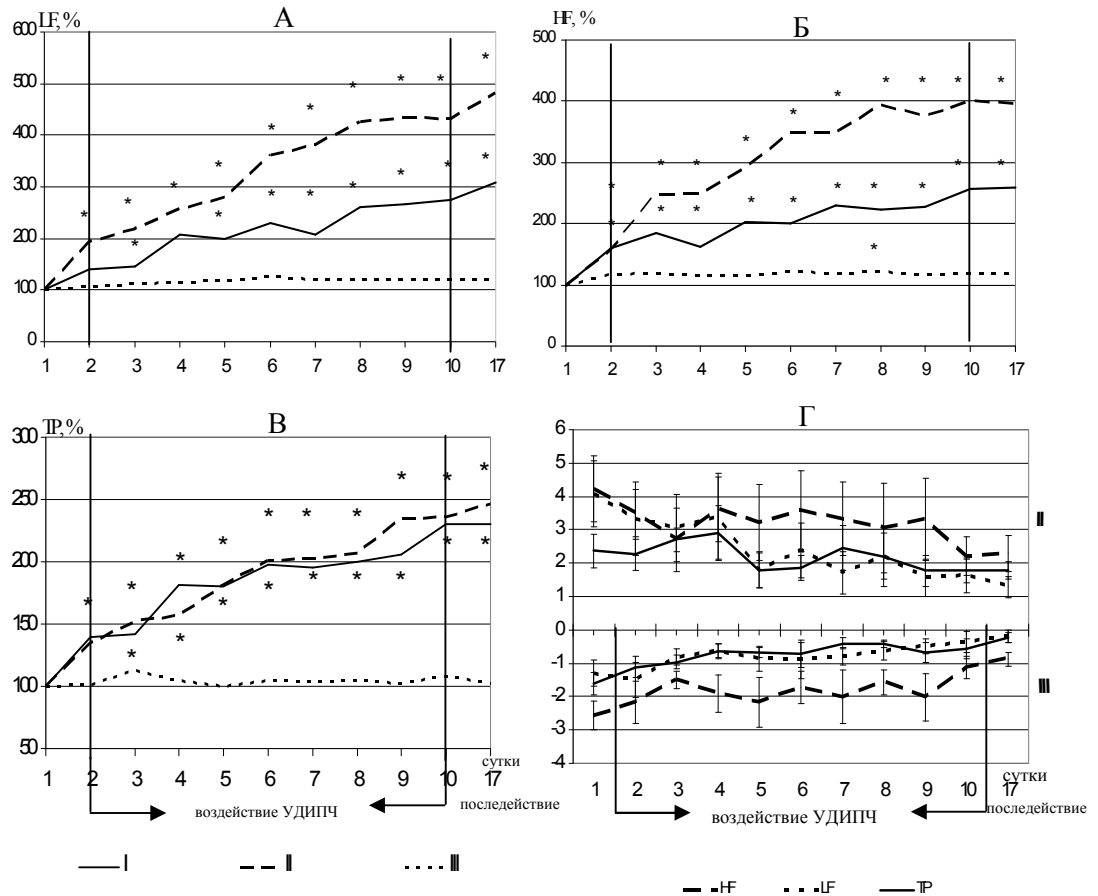


Рис. 2. Изменение спектральных показателей сердечного ритма у испытуемых выделенных групп в разные сроки эксперимента, где:

А – изменение LF-компоненты сердечного ритма в % относительно исходных значений, принятых за 100%; Б – изменение HF-компоненты; В – изменение TP; Г – коэффициент сравнения (K) спектральных показателей ритма сердца у испытуемых с высокими (II) и низкими значениями (III) S_i по отношению к значениям, полученным в группе испытуемых со средними значениями этого показателя.

Примечание: обозначения те же, что и на рис. 1.

Вместе с тем, выявлены индивидуальные различия в реакции на УДИПЧ у испытуемых выделенных групп. Так, в большей степени снижение S_i и увеличение

спектральных компонент СР происходило у испытуемых с высокими значениями Si ($305,0 \pm 17,8$), характеризующихся симпатическим типом вегетативной регуляции и низкими показателями функционального состояния [11, 14]. У испытуемых с низкими значениями Si ($40 \pm 3,6$) и парасимпатическим типом вегетативной регуляции достоверных изменений изученных показателей за все время исследования выявлено не было. Такие изменения у испытуемых выделенных групп под влиянием УДИПЧ, по-видимому, объясняются законом «начальных значений» Вильдера-Лейтеса, основной смысл которого состоит в «стягивании» исходно различных значений показателя к единому уровню. Этап реакции, состоящий в уменьшении дисперсии признака, формируется чаще в зоне средних значений физиологической нормы» [25].

Следует отметить, что у испытуемых группы 1 в ответ на УДИПЧ произошло наиболее значимое по сравнению с другими компонентами увеличение спектральной мощности в LF диапазоне СР. У испытуемых группы 2, исходно характеризующихся превалированием LF-компонентов спектра, было зарегистрировано более выраженное увеличение HF-компонентов, имеющих наименьший вклад в общую мощность спектра при фоновой записи. По мнению А.Р. Киселева с соавт. [26, 27], спектральные компоненты ВСР характеризуют состояние СВУС в конкретный момент времени. При этом низкочастотный (LF) диапазон спектра ВСР является следствием функциональной активности центральных механизмов СВУС, а высокочастотный (HF) – характеризует процессы взаимодействия сердечно-сосудистого и дыхательного центров регуляции. Поэтому, можно предположить, что зарегистрированное явление увеличения LF-компоненты в условиях УДИПЧ у испытуемых первой и второй групп может быть связано с центральной и вегетативной респираторно-зависимой синхронизацией в КРС испытуемых, ведущей к активации барорефлекторной регуляции на основе эффекта резонанса в спектре СР при воздействии УДИПЧ, а HF-компоненты – с усилением влияния блуждающего нерва и оптимизацией парасимпатической регуляции СР в ответ на УД с частотой, соответствующей частоте локализации максимального пика мощности СР в LF диапазоне.

Кроме того, в данном исследовании у испытуемых групп 1 и 2 была зарегистрирована зависимость изменения изученных показателей ВСР от продолжительности курса УДИПЧ. Так, показатель Si стабилизировался уже с пятых суток исследования, а достоверные изменения спектральных характеристик СР наблюдались после трехкратного воздействия УДИПЧ, в то время, как максимальные эффекты проведения курса УДИПЧ – к 9-10-м суткам.

Таким образом, результаты наших исследований согласуются с положениями некоторых авторов [28] о наличии «допингового эффекта» УДИПЧ, который заключается в повышении анаэробного порога и снижении уровня стресса организма испытуемых и выражен в снижении Si и повышением некоторых показателей спектрального анализа (особенно у испытуемых II-ой группы) уже после первых суток УДИПЧ (рис. 1, 2). Однако при многократном воздействии реакция КРС и организма в целом на УДИПЧ усиливается и сохраняется длительное время, что позволяет говорить о кумулятивном эффекте УДИПЧ на частоте LF-компоненты СР.

Известно, что «допинговый эффект» кратковременен и не позволяет достичь длительного последствия, а, следовательно, устойчивого изменения функционального состояния организма, в то время, как «кумулятивный эффект» закрепляется на длительное время, обеспечивая регуляцию управляющих функций КРС на разных уровнях функционирования путем увеличения адаптивных возможностей всего организма и имеет выраженный эффект последствия. Это положение подтверждается тем, что на протяжении последующих семи суток после окончания курса УДИПЧ биологические ответы достоверно отличались от исходных значений (рис. 1, 2).

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что в результате курсового воздействия УДИПЧ произошла эффективная модуляция механизмов регулирующих основной СР испытуемых, что связано с уменьшением межгрупповых различий и приближением значений изученных показателей СР у испытуемых с высокими и низкими значениями S_i к функциональному состоянию испытуемых со средними значениями S_i , как типичному среди исследуемых волонтеров и характеризующему условную физиологическую норму (рис. 1, 2).

Таким образом, 10-тидневный курс УД с частотой соответствующей частоте локализации максимального пика в низкочастотной области спектра СР является мощным механизмом управления сердечным ритмом и изменения функционального состояния не только КРС, но и организма в целом.

ВЫВОДЫ

1. Управляемое дыхание, частота которого соответствует частоте локализации максимального пика мощности сердечного ритма в низкочастотном (LF) диапазоне, является мощным механизмом управления сердечным ритмом и изменением функционального состояния кардио-респираторной системы.
2. Изучение свойств собственных колебательных процессов СВУС возможно на основе эффекта резонанса в спектре ВСР при воздействии управляемого дыхания с частотой, соответствующей частоте локализации максимального пика мощности сердечного ритма в LF-диапазоне.
3. Под влиянием УДИПЧ у испытуемых 1-ой и 2-ой групп с нормотоническим и симпатическим типом вегетативной регуляции произошло значительное снижение S_i , что свидетельствует об увеличении вагусных влияний на ритм сердца и уменьшении напряжения регуляторных систем.
4. Увеличение общей мощности спектра у испытуемых 1-ой и 2-ой групп под влиянием УДИПЧ на частоте колебаний LF-компоненты спектра сердечного ритма свидетельствует об усилении вегетативного воздействия на ритм сердца, что связано с центральной и вегетативной респираторно-зависимой синхронизацией между дыхательной и сердечно-сосудистой системами и свидетельствует об усилении барорефлекторной регуляции на основе эффекта резонанса в спектре сердечного ритма при воздействии УДИПЧ.
5. Курсовое воздействие УДИПЧ с индивидуально-подобранной частотой приводит к нивелированию межгрупповых различий и приближению значений показателей вариационного и спектрального анализа СР у испытуемых с

- низкими и высокими значениями S_i к нормотоническому типу вегетативной регуляции, что свидетельствует о его гомеостатическом действии.
6. Изменение показателей variability сердечного ритма испытуемых под влиянием УДИПЧ на частоте колебаний спектра сердечного ритма зависят от длительности курса: достоверные изменения изучаемых параметров наблюдались уже после 1-го – 3-го сеансов УДИПЧ, а максимальные эффекты проведения курса УДИПЧ – к 9-10-м суткам.
 7. Курсовое воздействие УДИПЧ имеет выраженный эффект последствия, о чем свидетельствует достоверное изменение показателей variability сердечного ритма на протяжении последующих 7-ми дней после окончания курса.

Список литературы

1. Glass L. From clocks to chaos: the rhythms of life / L. Glass, M.C. Mackey – Princeton: Princeton University Press, 1988. – 214. P.
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 кардио-респираторной системе: Эксперимент, модели : автореферат дис. ... канд. физико-математических наук: защ. 01.04.03. / А.Б. Беспятов– Саратов: Саратовский гос. ун-т им. Н.Г. Чернышевского, 2005. – 161 с.
4. 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. – № 68. – P. 13.
5. De Boer R.W. On the spectral analysis of blood pressure variability / R.W. De Boer, J.M. Karemaker, J. Stracker // *Physiol.* – 1986. – V. 251, № 3. – P. 685.
6. De Boer R.W. Relationships between short-term blood pressure fluctuations and heart variability in resting subjects. I: A spectral analysis approach / R.W. De Boer, J.M. Karemaker, J. Stracker // *Med. Biol. Eng. Comput.* – 1985. – V. 23, № 4. – P. 352.
7. Триняк Н.Г. Управление дыханием и здоровье / Триняк Н.Г. – К.: Здоровья, 1991. – 310 с.
8. Декларацийний патент України №38559, МПК 51 А 61N2/00/ на корисну модель „Спосіб корекції функціонального стану організму людини”/ Чуян О.М., Бірюкова О.А., Раваєва М.Ю./ Опубл. 12.01.2009 Бюл. №1.
9. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева – М.: Медицина, 1997. – 236 с.
10. Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological interpretation and clinical use// *Circulation*. – 1996. – V.93. – P.1043–1065.
11. Индивидуальный профиль функционального состояния организма студентов с различным типом вегетативной регуляции / Е.Н. Чуян, Е.А. Бирюкова, М.Ю. Раваева [и др.] // *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Сер. «Биология, химия»*. – 2009. – Т. 22 (61), №2. – С.152–165.
12. 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. – V. 90, № 1. – P. 121.
13. Heart rate dynamics during human sleep / Sapoznikov D., Luria M.H., Mahler Y. [et al.] // *Physiol. Behav.* – 1994. – V. 55, № 4. – P. 769.
14. Особенности системы вегетативного управления сердцем у испытуемых с различным типом вегетативной регуляции / Е.Н. Чуян, Е.А. Бирюкова, М.Ю. Раваева [и др.] // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Сер. «Биология, химия»*. – 2009. – Том 22 (61), №1. – С.113–133.
15. Чуян Е.Н. Роль управляемого дыхания в коррекции функционального состояния организма студентов / Е.Н. Чуян, Е.А. Бирюкова, М.Ю. Раваева // *Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Сер. «Биология, химия»*. – 2008. – Т. 21 (60), №2. – С. 147–155.

16. Баевский Р.М. Математический анализ сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кирилов – М.: Наука, 1984. – 220 с.
17. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Л.В. Чирейкин [и др.] // Вестник аритмологии. – 2001. – Т. 24. – С. 66–85.
18. Щербатых Ю.В. Вегетативные проявления экзаменационного стресса: автореферат дис.... д-ра биол. наук. / Ю.В. Щербатых – СПб., 2001. – 12 с.
19. Григорьев А.И. Концепция здоровья и проблема нормы в космической медицине / А.И. Григорьев, Р.М. Баевский – М.: Ф-ма «Слово», 2001. – 96 с.
20. Соревновательный стресс у представителей различных видов спорта по показателям variability сердечного ритма / Н.А. Агаджанян, Т.Е. Батоцurenova, Ю.Н. Семенов [и др.] // Теория и практика физической культуры. – 2006. – №1. – С. 2–4.
21. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: A quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control / Akselrod S.D., Gordon D., Ubel F.A. [et al]. // Science. – 1981. – V. 213, № 4503. – P. 220–222.
22. Spectral analysis of heart rate variability following human of heart transplantation: evidence for functional enervation / E.L. Fallen, M.V. Kamath, D.N. Chista [et al]. // Nerv. Syst. – 1988. – V. 23. – P. 199.
23. Neurological control of fetal heart rate in 20 cases of anencephalic fetuses / T. Terao, Y. Kawashima, H. Noto [et al]. // Obstet. Gynecol. – 1984. – V. 149. – P. 201.
24. Richter D. W. Central regulation of autonomic functions / D. W. Richter, K. M. Spyer // Cardiorespiratory control – NY: Oxford Univ. Press – 1990. – P. 189–207.
25. Плеханов Г.Ф. Зависимость реакции биосистемы на раздражитель от ее исходного значения / Г.Ф. Плеханов, Н.В. Васильев, Т.И. Козлова // Бюл. Сиб. отд. АМН СССР. – 1989. – № 2. – С. 83–86.
26. 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
27. Динамика мощности низко- и высокочастотного диапазонов спектра variability сердечного ритма у больных ишемической болезнью сердца с различной тяжестью коронарного атеросклероза в ходе нагрузочных проб / А.Р. Киселев, В.И. Гринев, О.М. Посненкова [и др.] // Физиология человека. – 2008. – Т. 34, №3. – С. 57–64.
28. Система комплексного компьютерного исследования функционального состояния организма человека «Омега-М»: док. пользователя. – СПб., 2007. – 66 с.

Бірюкова О.О. Синхронізація коливальних процесів в кардіо-респіраторній системі у випробовуваних з різним типом вегетативної регуляції / О.О. Бірюкова, О.М. Чуян, О.Д. Богданова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 18-29.

Досліджувалася синхронізація коливальних процесів в кардіореспіраторній системі (КРС) випробовуваних з різним типом вегетативної регуляції при вживанні методу керованого дихання (КД) з індивідуально підбраною частотою (ІПЧ) відповідно локалізації максимального піку потужності в низькочастотному діапазоні спектру сердечного ритму (СР).

Показано, що у випробовуваних з нормотонічним і симпатичним типом вегетативної регуляції курсова дія КДПЧ веде до значного зниження S_i і збільшення потужності спектральних компонентів СР. Отримані дані свідчать про зміну функціонального стану КРС і зменшення напруги регуляторних систем під впливом УДПЧ, що пов'язане з центральною і вегетативною респіраторно-залежною синхронізацією між дихальною і серцево-судинною системами.

Ключові слова: кардіореспіраторна система, вегетативна регуляція, кероване дихання, variability сердечного ритму, спектральний аналіз.

Birjukova E.A. Synchronization between rhythmic processes in cardiovascular system at examinees with various type of vegetative regulation / E.A. Birjukova, E.N. Chujan, O. D. Bogdanova // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. - Series: Biology, chemistry. - 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 18-29.

Synchronization between rhythmic processes in cardiovascular system (CVS) at examinees with various type of vegetative regulation were explored by method of controlled breathing (CB) with individually fitted frequency

(ITF) the conforming localization of the power peak in a low-frequency gamut of a heart rate (HR) spectrum. It is shown, that at examinees with normotonic and sympathetic predominance of vegetative regulation CBITF course action conducts to the considerable decrease Si and augmentation of vigor of HR spectral components. The obtained data testify to change of the CVS functional state and strain reduction management systems under the influence of CBITF, that is bound to the central and vegetative respiration-dependent synchronization between respiratory and cardiovascular systems.

Keywords: cardiovascular system, the vegetative regulation, controlled breathing, heart rate variability, the spectral analysis.

Поступила в редакцию 04.12.2009 г.

УДК 612.014.46:612.821:615.214:616.831-005.4

ПРОТИВОБОЛЕВЫЕ ЭФФЕКТЫ НОВОСИНТЕЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 1,5-БЕНЗОДИАЗЕПИНОНА-2

***Гамма Т.В., Епишкин И.В., Хусаинов Д.Р., Баевский М.Ю., Баевский А.М.,
Кореньюк И.И.***

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

В условиях теста «Электростимуляция» изучено влияние 1,5-бензодиазепинона-2 и его новых производных при внутрибрюшинном введении крысам в разных дозах на болевой порог и проведено сравнение полученных результатов с фармпрепаратом анальгином. Показано, что в определенных дозах из четырех исследованных соединений только три – 1,5-бензодиазепинон-2, 3-метилбензодиазепинон-2 и 4-метилбензодиазепинон-2 увеличивают уровень болевого порога у крыс, который превышает эффект анальгина.

Ключевые слова: болевой порог, крысы, 1,5-бензодиазепины..

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время известно, что при разных формах патологии ЦНС (нейродегенеративные заболевания, черепно-мозговая травма, различные формы психозов и другие) возникают нарушения этапов формирования болевых ощущений, что приводит к развитию разнообразных вариантов хронических психогенных болевых синдромов [1]. В связи с этим большое значение придается целенаправленному поиску новых эффективных и рациональных средств обезболивания [2, 3]. Требования к обезболиванию в различных клинических ситуациях существенно отличаются, что обусловлено как этиологией и характером болевого синдрома, так и индивидуальными особенностями больного. Исходя из этого, перспективным является испытание новых веществ, обладающих полифакторным действием. Одними из таких соединений являются производные бензодиазепина (БД), чрезвычайно низкая токсичность которых и отсутствие отрицательных побочных эффектов делают их весьма привлекательными для применения в специальных областях медицины. Показано, что БД обладают анксиолитическим, седативным, снотворным, миорелаксирующим, противосудорожным, что и обуславливает их применение в психиатрии [4, 5 – 9]. При этом, основным методом лечебной стратегии при хронических психогенных болевых синдромах является использование соответствующих нейро- и психотропных препаратов, в частности анксиолитиков [4]. Причем, в качестве альтернативы предлагаются нейролептики, поскольку наиболее популярные анксиолитики – БД, по мнению некоторых авторов, имеют недостатки [1]. Однако,

на сегодня БД остаются основными анксиолитическими средствами в связи с их надежной эффективностью, быстрым наступлением терапевтического эффекта, и в целом благоприятным профилем. К тому же БД являются наиболее безопасными и соотношение терапевтическая доза : летальная доза = 1 : 1000 [10]. В связи с этим в данной работе мы выясняли наличие среди новых производных 2,3,4,5-тетрагидро-1Н-1,5-бензодиазепинона-2 соединений, обладающих анальгетическими свойствами

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные исследования проводились на 60 белых беспородных крысах (самцах) массой 180-220 г. Все животные содержались в стандартных условиях при свободном доступе к воде и пище. В работе использовались животные со средней двигательной активностью группами по 10 особей в каждой. Контрольной и опытным группам животных однократно за 30 мин до начала тестирования вводились соответственно физиологический раствор, анальгин (5 мг/кг) и растворы бензодиазепинов (1,5-бензодиазепинон-2, 3-метилбензодиазепинон-2, 3-формилбензодиазепинон-2, 4-метилбензодиазепинон-2) в дозах 5, 25 и 50 мг/кг. Все растворы веществ вводили внутривентрально в объеме 0,2 мл. Определение наличия анальгетических свойств соединений осуществлялась с использованием теста «Электростимуляция» [11].

Крысу помещали в камеру, пол у которой был изготовлен из медной проволочной площадки, через которую пропускали напряжение тока (прямоугольные одинарные толчки с частотой 40 Гц) от электростимулятора ЭСЛ-2 на все четыре конечности. Болевой порог (БП) определяли по минимальному значению напряжения (В), вызывавшему реакцию отдергивания конечностей или подскока животного.

Эксперименты выполнялись с учетом требований «Декларации по использованию животных и уходу за ними», принятой Таврическим национальным университетом им. В.И. Вернадского.

Статистическую обработку полученных результатов осуществляли с помощью пакета программ Statistica 6.0. Экспериментальные данные до и после воздействия веществ сравнивались по непараметрическому критерию Манна-Уитни (достоверность различия средних значений $p \leq 0,05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования уровня БП при внутривентральной инъекции крысам новосинтезированных 1,5-БД в разных дозах показали изменения значений БП как по сравнению с контролем, так и по сравнению с анальгином (рис.).

Как видно из рис., после приложения каждого производного выявляются определенные особенности эффектов. Так, после инъекции 1,5-бензодиазепинона-2 в дозе 5 мг/кг происходило резкое увеличение уровня БП почти в 3 раза ($p \leq 0,01$) по сравнению с контрольной группой и более чем в 1,5 раза – анальгина (рис., А).

Непредвиденным оказалось то, что с увеличением дозы до 25 и 50 мг/кг происходит «ослабление» анальгетических свойств тестируемого соединения.

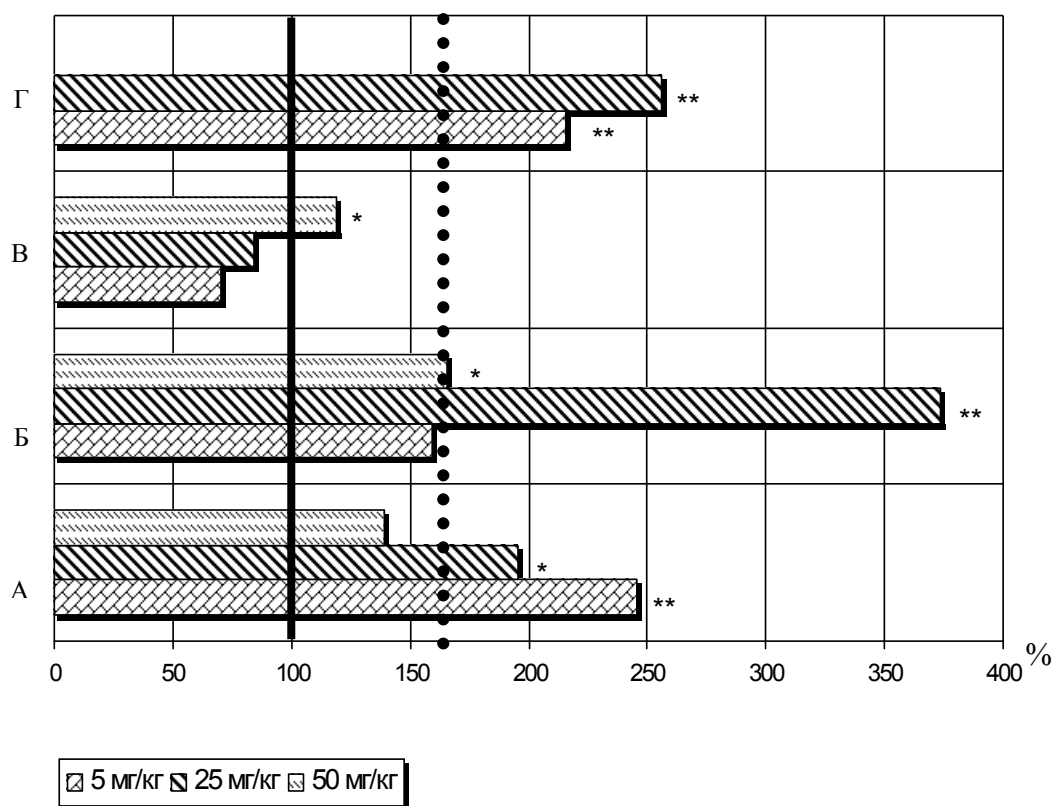


Рис. Сравнение эффектов анальгина и разных доз 1,5-бензодиазепинона-2 (А), 3-метилбензодиазепинона-2 (Б), 3-формилбензодиазепинона-2 (В) и 4-метилбензодиазепинона-2 (Г), обозначенных по оси у, на болевой порог у крыс в тесте «Электростимуляция». По оси абсцисс – напряжение, %.

Прямая линия – уровень контроля, принятый за 100 %, пунктирная линия – значение болевой порога при инъекции анальгина. * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$, p – уровень достоверности различий по отношению к контролю.

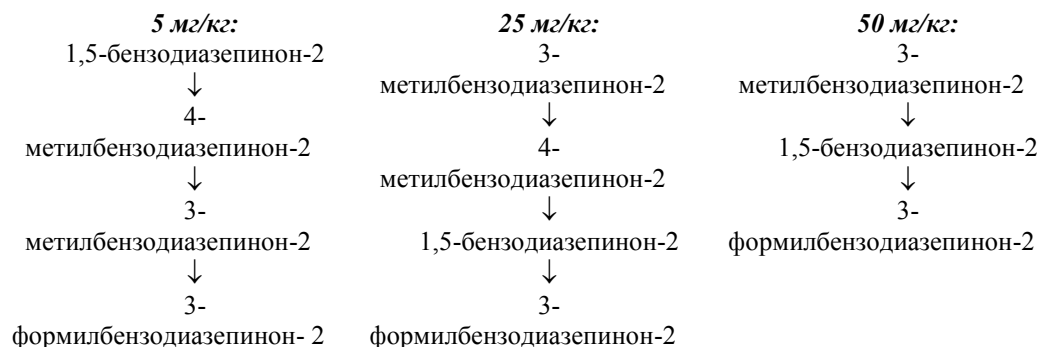
Эффекты воздействия 3-метилбензодиазепинона-2 в дозах 5, 25 и 50 мг/кг представлены на рис., Б. Видно, что БП при дозе 5 мг/кг достоверно ($p \leq 0,05$) превышал БП как контрольной группы, так и у животных, которым вводили анальгин. Особенно резко увеличивался уровень БП ($p \leq 0,01$) после дозы 25 мг/кг. При этом, БП более чем в 4 раза превышал контроль и в 2,5 раза – действие анальгина. При инъекции крысам этого же вещества в дозе 50 мг/кг достоверное увеличение БП ($p \leq 0,05$) наблюдалось только по сравнению с контролем (см. рис., Б). Таким образом, максимальный обезболивающий эффект 3-метилбензодиазепинона-2 наблюдался при дозе 25 мг/кг.

Анализ результатов тестирования 3-формилбензодиазепинона-2 в трех дозах показал, что данное производное БД только в дозе 50 мг/кг достоверно повышает

уровень БП ($p \leq 0,05$) по сравнению с контролем, однако его противоболевой эффект не превышает эффект анальгина (рис., В).

При анализе уровня БП у крыс после внутривбрюшинного введения разных доз 4-метилбензодиазепинона-2 выявлено следующее (см. рис., Г). В дозах 5 и 25 мг/кг наблюдается достоверное ($p \leq 0,01$) увеличение уровня БП по сравнению и с контролем и с анальгином. Из рис. Г также видно, что при этих двух дозах наблюдается прямо пропорциональное увеличение БП как по отношению к контролю, так и к анальгину. Наибольший анальгетический эффект обнаружен при дозе 25 мг/кг. Неожиданным оказался эффект дозы 50 мг/кг – наблюдалась 50 % гибель животных, поэтому данные такой дозы не представлены на рисунке.

На основании полученных данных можно заключить, что 1,5-бензодиазепинон-2, 3-метилбензодиазепинон-2 и 4-метилбензодиазепинон-2 увеличивают уровень БП у крыс. Не исключено, что эти вещества, как и другие БД [4, 8-13], усиливают ГАМК-эргические тормозные процессы, реализуя, таким образом, анальгетическое действие. Особенно положительным является то, что при определенных дозах производных значения БП значительно превышают таковой традиционного противоболевого препарата анальгина. Если учесть, что анальгин обладает рядом побочных эффектов и повышает риск развития осложнений, то из четырех исследованных нами производных 1,5-БД три можно считать перспективными кандидатами в лекарственные средства. В отношении противоболевой активности с учетом дозы исследованные вещества можно расположить в следующем порядке:



В отношении механизма реализации анальгетического действия БД можно думать, что точки их приложения могут находиться в разных отделах ЦНС. Первым таким уровнем могут быть задние рога серого вещества, где происходит первое синаптическое переключение. Кроме того, синаптическим транзиттером, который выделяют первичные афференты (волокна, обеспечивающие ощущение быстрой боли средней силы), является глутамат, а транзиттером, который передает медленную сильную боль – вещество Р [5, 10]. Возможно, тестируемые производные тормозят передачу от болевых волокон задних корешков к спиноталамическим нейронам. Таламус также может быть местом воздействия тестируемых соединений, поскольку общепризнано, что он является центральным

звеном болевой интеграции его повреждения наиболее резко сказываются на восприятии боли [5, 10]. Не исключено, что местом приложения исследованных производных может быть и задний отдел гипоталамуса, поскольку при его повреждении ноцицептивные раздражения не вызывают реакции активации в ЭЭГ коры [14]. Особого внимания заслуживает то, что результаты настоящей работы согласуются с полученными нами данными о действии 1,5-БД на нейроны моллюска, которые свидетельствуют о том, что многие БД в концентрациях 10^{-3} и 10^{-2} М угнетают электрическую активность нейронов. Нами выявлено, что механизм такого угнетения состоит, в первую очередь, в инактивации натриевых каналов, а затем и кальциевых и калиевых, что приводит, в конечном счете, к блоку генерации потенциалов действия..

ВЫВОДЫ

1. Тестируемые новые производные 1,5-бензодиазепинона-2 при системном введении в зависимости от положения радикала и дозы вызвали аналгетический эффект, который у некоторых соединений в определенной дозе превышал аналгетический эффект анальгина.
2. Показано, что для каждого исследованного вещества существует определенная оптимальная доза, при которой проявляется наибольший противоболевой эффект.

Список литературы

1. Бурчинский С.Г. Фармакотерапевтические возможности нейролептиков при психосоматической патологии / С.Г. Бурчинский // Здоров'я України. – 2006. – № 8. – С. 52–53.
2. Вейн А.М. Боль и обезболивание / А.М. Вейн, М.Я. Авруцкий – М.: Медицина, 1997. – 280 с.
3. Павленко А.Ю. Болевой синдром: патофизиологические механизмы развития и методы воздействия на этапах оказания медицинской помощи / А.Ю. Павленко, А.А. Хижняк // Медицина неотлож. состояний. – 2006. – № 1. – С. 29–39.
4. Богатский А.В. Транквилизаторы. 1,4-бензодиазепиноны и родственные структуры / Богатский А.В., Андронати С.А., Головенко Н.Я. – Киев: Наукова думка, 1980. – 278 с.
5. Лоуренс Д.Р. Клиническая фармакология / Д.Р. Лоуренс, П. Бенитт – М.: Медицина, 1991. – Т. 2. – 700 с.
6. Машковский М.Д. Лекарственные средства: В 2-х т. / Машковский М.Д. – М.: Медицина, 2000. – Т. 1. – 624 с.
7. Мержеевски Л. Анксиолитики (производные бензодиазепинов) / Л. Мержеевски, Р. Домбровски // Новости фармации и медицины. – 1994. – № 4. – С. 71–76.
8. Anxiolytic 2,3-benzodiazepines, their specific binding to the basal ganglia / E.J. Horvth, K. Horvth, T. Hmori [et al.] // Prog Neurobiol. – 2000. – 60(4). – P. 309–342.
9. Mediratta P.K. Development of differential tolerance to the sedative and anti-stress effects of benzodiazepines / P.K. Mediratta, K.K. Sharma, J. Rana // Indian J. Physiol. Pharmacol. – 2001. – V. 45, №1. – P. 111–115.
10. Харкевич Д.А. Фармакология: Учебник. / Харкевич Д.А. – М.: Медицина, 1993. – 750 с.
11. Демин С.А. Диагностическое значение определения порогов боли при тепловой стимуляции в практике рефлексотерапии : автореф. дис. на соик. ...канд. мед. наук. / С.А. Демин – Москва, 2002. – 20 с.
12. Смулевич А.Б. Транквилизаторы – производные бензодиазепина в психиатрии и общей медицине / Смулевич А.Б., Дробижев М.Ю., Иванов С.В. – М.: Издание ф-мы Рош. – 1999. – 63 с.
13. Соломко З.Ф. 1,5-бензодиазепинин II / З.Ф. Соломко, А.Н. Кост // ХГС. – 1975. – №11. – С. 1443–1463.

14. Кассиль Г.Н. Боль и обезболивание / Кассиль Г.Н. – М.: Наука, 1958. – 229 с.

Гамма Т.В. Протибольові ефекти ново синтезованих похідних 1,5-бензодіазепінону-2 / **Т.В. Гамма, І.В. Єпішкін, Д.Р. Хусайнов, М.Ю. Басєвський, О.М. Басєвський, І.І. Коренюк** // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 30-35.

В умовах тесту "Електростимуляція" вивчено вплив 1,5-бензодіазепінону-2 та його нових похідних при внутрішньочеревинному введенні щурам у різних дозах на больовий поріг і проведено порівняння отриманих результатів з фармпрепаратом анальгіном. Показано, що в певних дозах з чотирьох досліджених сполук тільки три – 1,5-бензодіазепінон-2, 3-метилбензодіазепінон-2 і 4-метилбензодіазепінон-2 збільшують рівень больового порога у щурів, який перевищує ефект анальгину.

Ключові слова: больовий поріг, щури, 1,5-бензодіазепіни

Gamma T.V. Antipain effects newly synteized derivatives 1,5-benzodiazepinon-2 / **T.V. Gamma, I.V. Epishkin, D.R. Husainov, M.Yu. Baevsky, A.M. Baevsky, I.I. Korenyuk** // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 30-35.

In job with the test "Electrostimulation" are established the influence 1,5-benzodiazepinon-2 and newly derivative under intraperitoneal injection in rats on a pain threshold. The investigations of those matters with Analginum have been carried out. The increase of pain threshold by the influence 1,5-benzodiazepinon-2, 3-methylbenzodiazepinon-2 and 4-methylbenzodiazepinon-2 different doses is found out.

Key words: pain threshold, rats, 1,5-benzodiazepiny.

Поступила в редакцію 18.11.2009 г.

УДК 612.822.3.08; 612.821.2

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАЦИОННОЙ ПУЛЬСОМЕТРИИ ПОД ВЛИЯНИЕМ СЕАНСОВ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПО ЭЭГ

Губкина Д.Г., Кайко С.А., Сеттарова З.С., Павленко В.Б.

¹ *Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, Симферополь,
Украина, e-mail: Gubkina_Danuta@mail.ru*

² *Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*

Анализировали изменение показателей вариационной пульсометрии, нейро- и психофизиологических характеристик под влиянием сеанса альфа-тета цветовой обратной связи по ЭЭГ. Указанное воздействие вызывает изменение паттерна ЭЭГ, снижение индекса напряженности, тенденцию к снижению ситуативной тревожности.

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, индекс напряженности, ЭЭГ, обратная связь по ЭЭГ, цветковое воздействие.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема тревожности остаётся актуальной уже долгое время, что связано со значительным и постоянно увеличивающимся количеством воздействующих на человека стрессоров. В то же время можно говорить о неотделимости понятия тревожности от самого феномена жизни человека. Неоспорима роль ситуативной и личностной тревожности в регуляции деятельности моторной, сердечно-сосудистой, эндокринной, иммунной, нервной систем, интеграции психологических процессов. Однако чрезмерная тревожность оказывает негативное, дестабилизирующее влияние на организм человека – приводит к психоэмоциональному напряжению, неврозу, психопатологии.

В настоящее время все более актуальным становится построение коррекционных мероприятий, направленных на устранение повышенной тревожности. Наиболее распространённый способ ее снижения – фармакологический, однако он имеет ряд очевидных недостатков. Альтернативой фармакологическим являются физиологические методы коррекции уровня тревожности, среди которых особое место занимает биологическая обратная связь по ЭЭГ (ЭЭГ-ОС) [1]. Сущность метода заключается в том, что испытуемый, пользуясь различными техниками (физическое, эмоциональное расслабление, либо наоборот – концентрация внимания), целенаправленно изменяет своё психофизиологическое состояние, ориентируясь на сигнал обратной связи, информирующий о текущих характеристиках ЭЭГ. Таким образом, становится возможным изменение уровня как ситуативной, так и личностной тревожности.

Одним из наиболее часто применяемых протоколов ЭЭГ-ОС является альфа-тета тренинг, направленный на изменение соотношения мощности альфа- и тета-ритмов. Сеансы, целью которых было увеличение соотношения мощности альфа- и тета-ритмов показали свою эффективность при снижении тревожности, снятии аддиктивных расстройств, синдрома хронической усталости, а также для снятия психоэмоционального напряжения при интенсивной работе с персональным компьютером [2].

Уровень нормального функционирования всего организма во многом зависит от деятельности сердечно-сосудистой системы. Реакция данной системы на изменение окружающей или внутренней среды является показателем функционального состояния организма в целом. В последнее время для изучения сердечно-сосудистой системы широко используются методы анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР) с использованием кардиоинтервалографии. Однако изменения регуляции сердечно-сосудистой системы, происходящие во время проведения сеансов ЭЭГ-ОС и отражающиеся в перестройках ВСР, изучены пока недостаточно полно.

В связи с этим, **целью исследования** было проанализировать изменения показателей вариационной пульсометрии, происходящие под влиянием обратной связи по ЭЭГ.

Для достижения поставленной цели были поставлены следующие **задачи**:

1. проанализировать динамику соотношения ритмов ЭЭГ у испытуемых в процессе сеансов ЭЭГ-ОС или его имитации;
2. проанализировать психофизиологические характеристики человека по результатам кардиоинтервалографии, проводимой до и после сеансов ЭЭГ-ОС, включающей индекс напряженности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняло участие 49 испытуемых в возрасте от 18 до 25 лет, являющихся студентами ТНУ. Все дали добровольное согласие на участие. Испытуемые были разделены на две группы: экспериментальная, в которую вошли 24 испытуемых, и контрольная – 25 испытуемых.

Испытуемые экспериментальной группы проходили однократные сеансы ЭЭГ-ОС, с цветовым воздействием светодиодной матрицы в качестве сигнала обратной связи. Для каждого испытуемого выбирались предпочитаемые цвета, значения которых присваивались различным частотным диапазонам. В ходе отведения ЭЭГ испытуемый находился в специальной светоизолированной камере. Регистрация и анализ ЭЭГ осуществлялась по общепринятой методике в 16 отведениях, по системе «10-20» с помощью автоматизированного комплекса, состоящего из компьютерного электроэнцефалографа ("Тредекс", Украина) и компьютера. Данные о ритмической активности мозга поступали на компьютер и посредством оригинального программного обеспечения управляли 12-тицветной светодиодной матрицей, находящейся перед глазами испытуемого. Испытуемым экспериментальной группы давались инструкции «усиливать» наиболее предпочитаемый цвет, и «подавлять» – наименее предпочитаемый. Испытуемым контрольной группы предъявлялась

светодиодная матрица с хаотично изменяющимися цветами (вне зависимости от текущей ЭЭГ испытуемого).

С помощью полиграфа «Нейрон-спектр 3», до и после отведения ЭЭГ, у испытуемых проводили запись последовательных кардиоинтервалов. Для определения показателей ритма сердца, по которым оценивали уровень напряженности регуляторных систем, использовали метод кардиоинтервалографии, предложенный В.В. Париным и Р.М. Баевским [3]. На основе указанного метода получали следующие показатели: частота сердечных сокращений (ЧСС), мода (Мо), амплитуда моды (АМо), вариационный размах (ВР), индекс вегетативного равновесия (ИВР), показатель активности парасимпатического звена вегетативной регуляции (ПАПР), вегетативный показатель ритма (ВПР), среднее квадратическое отклонение (СКО) кардиоинтервалов, стресс-индекс или индекс напряжения регуляторных систем (ИН). Известно, что величина ИН позволяет оценить вегетативную реактивность обоих отделов вегетативной нервной системы с учетом фонового вегетативного тонуса.

Все полученные данные обрабатывались по критерию Манна-Уитни с определением степени достоверности (р).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований были выявлены изменения различных нейро- и психофизиологических показателей под влиянием сеансов ЭЭГ-ОС. В ходе сеансов ЭЭГ-ОС, направленных на увеличение соотношения мощности альфа- и тета-ритмов, наблюдалось увеличение мощности альфа-ритма, достигшее достоверных значений в центральных и затылочных отведениях, что сопровождалось тенденцией к снижению ситуативной и личностной тревожности.

Состояние регуляции функциональных систем один из ведущих факторов, обуславливающих рабочие возможности человека [5, 6]. Получить представление о состоянии регуляторных систем организма позволяет анализ математических показателей сердечного ритма [3, 4, 7]. Р.М. Баевский предложил для выявления качественных изменений состояния регуляторных систем оценивать изменения хронотропной функции сердца по величине ИН. Нами выявлено, что у испытуемых экспериментальной группы средний уровень ИН до сеансов ЭЭГ-ОС $87,09 \pm 12,81$ условных единиц. Согласно данным литературы, ИН регуляторных систем со значением ниже 30 условных единиц соответствует состоянию ваготонии, т.е. преобладанию воздействия парасимпатического отдела вегетативной нервной системы. ИН в 30-90 условных единиц соответствует состоянию нормотонии. Величина ИН от 90 до 160 условных единиц соответствует состоянию симпатикотонии, т.е. умеренному преобладанию симпатического отдела вегетативной нервной системы. Значение указанного показателя более 160 условных единиц соответствует состоянию гиперсимпатикотонии [4]. Таким образом, для испытуемых в исходном состоянии было характерно в основном состояние симпатикотонии. Средний уровень ИН до имитации сеансов ЭЭГ-ОС составлял $88,68 \pm 9,76$ условных единиц.

В ходе проведения сеансов ЭЭГ-ОС ИН испытуемых экспериментальной группы достоверно снижался ($p < 0,05$) по сравнению с исходным уровнем, достигнув среднего значения $67,28 \pm 8,01$ условных единиц, что соответствует состоянию нормотонии, в то время как уровень ИН испытуемых группы контроля остался на прежнем уровне – $88,8 \pm 9,35$ условных единиц. При этом также наблюдалось достоверное увеличение среднего квадратического отклонения ($p < 0,05$), среднее значение которого составляло 0,06 до сеанса и 0,08 после.

СКО – это наиболее простой показатель активности механизмов регуляции. Однако рост или уменьшение СКО могут быть связаны как с автономным контуром регуляции, так и с центральным. Как правило, рост СКО указывает на усиление автономной регуляции, в частности на влияние дыхания по отношению к ритму сердца, что чаще всего наблюдается во сне. Уменьшение СКО обычно связывают с усилением симпатической регуляции, которая подавляет активность автономного контура. Резкое снижение СКО связывают со значительным напряжением регуляторных систем, когда в процесс регуляции включаются высшие уровни управления и это ведет к почти полному подавлению активности автономного контура. Можно предположить, что улучшение функционального состояния организма достигается за счет снижения напряжения регуляторных систем организма.

В контрольной группе достоверных изменений показателей вариационной пульсометрии не наблюдалось.

ВЫВОДЫ

1. В результате проведения однократных сеансов ЭЭГ-ОС, включающих цветное воздействие светодиодной матрицы в качестве сигнала обратной связи, наблюдалось снижение уровня мощности тета- и увеличение – альфа-ритма, что свидетельствует о том, что даже однократные сеансы ЭЭГ-ОС обладают определенной эффективностью;
2. При проведении однократных сеансов ЭЭГ-ОС было отмечено достоверное снижение индекса напряженности регуляторных систем в экспериментальной группе испытуемых (с $84,81 \pm 8,41$ до $66,79 \pm 13,76$), что может свидетельствовать о нормализации функционального состояния организма; в группе контроля аналогичных изменений не наблюдалось;
3. При проведении сеансов ЭЭГ-ОС наблюдалось достоверное увеличение среднего квадратического отклонения (СКО) в экспериментальной группе (с 0,06 до 0,08), что указывает на усиление автономной регуляции и снижение напряжения регуляторных систем организма.
4. Сеансы ЭЭГ-ОС можно рекомендовать для нормализации состояния автономной нервной системы человека.

Список литературы

1. Использование электроэнцефалографической биообратной связи для коррекции психофизиологического статуса человека / В.Б. Павленко, И.Н. Конарева, Е.С. Шутова [и др.] // Таврический медико-биологический вестник. – 2001. – №4 (4). – С. 68–71.
2. Коррекция нервно-психических дезадаптационных нарушений с помощью метода

- функционального биоуправления с ЭЭГ-обратными связями / С.И. Сороко, Т.Ж. Мусуралиев, И.Н. Комаров [и др.] // Физиология человека. – 1995. – Т. 21. – №6. – С. 14–28.
3. Баевский Р.М. Вариабельность сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения. / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов // Ультразвуковая и функциональная диагностика. – 2001. – №3. – С. 106–127.
 4. Виноградова О.С. Гиппокамп и память / Виноградова О.С. – М.: Наука. – 1975. – 334 с.
 5. Котельников С.А. Вариабельность ритма сердца: представление о механизмах / С.А. Котельников, А.Д. Ноздрачев, М.М. Одинак // Физиология человека. – 2002. – Т.28. – №1 – С. 130–143.
 6. Мамедов А.М. Механизмы и принципы целенаправленного поведения / Мамедов А.М. – М.: 1972. – 290 с.
 7. Heart rate variability. Standatds of Measurement, Physiological interpretation and clinical use. // Circulation. – 1996. – V.93. – P. 1043–1065.

Губкіна Д.Г. Зміна показників варіаційної пульсометрії під впливом сеансів зворотнього зв'язку по ЕЕГ / Д.Г. Губкіна, С.А. Кайко, З.С. Сеттарова, В.Б. Павленко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 36–40.

Аналізували зміну показників варіаційної пульсометрії, нейро- і психофізіологічних характеристик під впливом сеансу альфа-тета колярового зворотного зв'язку по ЕЕГ. Зазначена дія викликає зміну патерну ЕЕГ, зниження індексу напруженості, тенденцію до зниження ситуативної тривожності.

Ключові слова: варіабельність серцевого ритму, індекс напруженості, ЕЕГ, зворотній зв'язок по ЕЕГ, коляровий вплив.

Gubkina D.G. The change of variational heart rate readings resulting from EEG feedback / D.G. Gubkina, S.A. Caicó, Z.S. Settarova, V.B. Pavlenko // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 36–40.

Variations of variotional heart rate readings resulting resulting, neuro- and psycho-physiological characteristics at alpha-theta color feedback session by means of EEG were analized. The above effect causes a change in the pattern of EEG, decrease in stress index and situational anxiety decrease trend.

Keywords: heart rate variability, stress index, EEG, EEG feedback, color effect.

Поступила в редакцію 15.12.2009 з.

УДК 57.034:591.54

ОСОБЕННОСТИ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ РЕГЕНЕРИРУЮЩИХ ПЛАНАРИЙ В РАЗЛИЧНЫЕ СЕЗОНЫ ГОДА

Демциун Н.А.

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

В динамике скорости движения регенерирующих планарий выявлены периоды продолжительностью: $\approx 2^d, 1$; $\approx 2^d, 5$; $\approx 3^d, 0$; $\approx 3^d, 7$; $\approx 4^d, 2$; $\approx 5^d, 1$; $\approx 7^d, 0$. В различные сезоны года обнаружены определенные особенности инфрадианной ритмики скорости движения, которые выражались в изменениях спектров мощности (ширине, составах спектров, количестве периодических составляющих) и амплитудно-фазных перестройках.

Ключевые слова: регенерация, инфрадианная ритмика, *Dugesia tigrina*, сезоны года.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время для решения актуальных проблем физиологии и биофизики успешно используются тест-системы, что отвечают современным этическим требованиям. Одной из таких систем являются регенерирующие планарии. Используя эту систему удалось получить новые данные о биологической активности комбинированных магнитных полей, эффектах нанотесловых полей [1 – 4], изучить эффекты гравитации, ультрафиолетового, лазерного излучений [5 – 8] и т.д. В этих исследованиях эффект действия физического фактора оценивался по индексу регенерации - хорошо изученному показателю функционального состояния животных. Эффекты ослабленных магнитных полей изучены и по динамике скорости движения (СД) планарий.

Однако функциональное состояние биологических объектов адекватно отражает не только пространственная, но и их временная организация, которая характеризуется спектром периодов от нескольких минут до нескольких лет [9, 10]. Временная организация планарий изучена не достаточно. Известны лишь единичные работы, в которых описаны ритмические изменения отдельных показателей у этих животных. Например, F. Brown [11] описал циркадианные ритмы их поведения, а D.A. Goodenough [12] – лунные. Многодневные и сезонные ритмы у этих животных не изучены. Между тем изменения параметров временной организации под влиянием различных факторов обнаружены во многих исследованиях [13 – 15], из чего вытекает перспективность изучения периодических явлений у планарий при действии различных факторов. Поэтому целью исследования явилось изучение особенностей инфрадианной ритмики СД регенерирующих планарий в различные сезоны года.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использована лабораторная бесполоая раса планарий *Dugesia tigrina*, культура которой успешно культивируется в Таврическом национальном университете им. В.И. Вернадского (ТНУ). Условия содержания планарий полностью соответствуют таковым в Институте биофизики клетки РАН, откуда животные были завезены в ТНУ [16].

Фиксация изображений осуществлялась у каждого животного ежедневно в течение 2-18 дней после декапитации в одно и то же время суток. Определяли индекс регенерации предложенный И.М. Шейман [17]. Параллельно определяли СД способом, разработанным нами ранее [18]. В его основе компьютерные технологии анализа изображений. Видеоизображения движущихся в воде планарий регистрировались с частотой 30 кадров в одну секунду. Скорость движения планарий вычислялась отношением пройденного ею пути ко времени в одну секунду. Путь измерялся наложением двух участков одного видеоряда с соответствующей разницей во времени. Контрастирование проводилось при помощи стандартной операции «вычитания» для двух изображений.

Стандартные изображения регенерирующих планарий получались на установке, подробно описанной ранее [19].

Регенерация вызывалась ампутацией 1/5 части головного конца тела планарий, содержащей головной ганглий, выше фаринкса (разрез Мария Антуанетта). Декапитация проводилась под бинокулярным микроскопом глазным скальпелем в нестерильных условиях.

Было проведено четыре серии экспериментов в различные сезоны года.

Обработку и анализ экспериментальных данных проводили с помощью непараметрических методов. Статистическая обработка материала проводилась вычислением медианы (М), интерквантильного интервала между 25^м и 75^м процентилями, включающим 50% значений признака в выборке. Оценку достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью U-критерия Манна-Уитни и Вилкоксона (p_1 – достоверность относительно значений зимней серии экспериментов; p_2 – достоверность относительно значений исходного уровня; p_3 – достоверность относительно значений предыдущих суток).

В качестве основного метода анализа многодневной периодичности был выбран косинор-анализ, обеспечивающий сопоставимость с другими методиками и дающий полное представление о структуре биологических ритмов [20].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследования, динамика и инфрадианная ритмика СД регенерирующих планарий в различные сезоны года имеют определенные особенности.

Так, в зимней серии экспериментов на вторые сутки после декапитации СД составила 0,7814 мм/сек (рис. 1). На третьи сутки она упала относительно второго дня на 7,28% ($p_3 < 0,001$), однако в последующие сутки наблюдения она возрастала. К десятым суткам значения данного показателя достигли 1,0246 мм/сек ($p_2 < 0,001$), а на 11-13 сутки было отмечено падение СД планарий. Так, к 13 суткам она упала до 0,8789

мм/сек, что на 14,23% ниже значений десятых суток ($p_3 < 0,05$). В течение 14-15 суток отмечалось возрастание этого показателя, а на 16 сутки СД стабилизировалась.

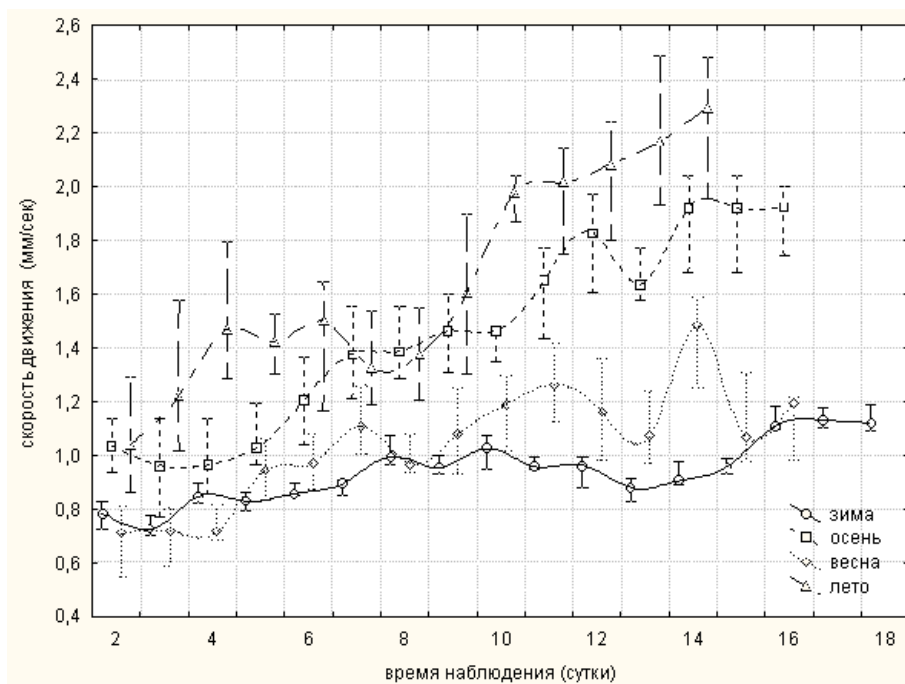


Рис. 1. Динамика СД планарий, регенерирующих в различные сезоны года.

Взаимоотношения между ИР и СД планарий данной группы характеризовались высоким положительным коэффициентом корреляции — $r = +0,8186$ ($p < 0,001$)

Весной СД регенерирующих планарий так же прогрессивно возрастала с увеличением сроков эксперимента. Со 2 по 14 сутки она увеличилась в 2,1 раза. Однако, возрастание скорости движения происходит не равномерно. Так, со 2 по 4 сутки она практически не изменялась, а на 5 сутки эксперимента отмечен скачок данного показателя на 32% ($p_3 < 0,005$). На 7 сутки наблюдения СД интактных планарий составила 1,1096 мм/сек, но на 8 сутки она снизилась до 0,9675 мм/сек, что на 14% ($p_3 < 0,001$) ниже предыдущих 7 суток. В последующие сроки (до 11 суток) отмечено плавное возрастание СД с дальнейшим ее падением до 1,0741 мм/сек на 13 сутки, что на 15% ниже значений 11 суток эксперимента ($p_3 < 0,05$). На 14 день, исследуемый показатель достиг своего максимального значения (1,4815 мм/сек; $p_2 < 0,005$), однако к последним суткам эксперимента она упала до 1,0695 мм/сек. Кроме того, скорость движения регенерирующих планарий в весенней серии эксперимента на 10,11,12,13 и 14 сутки была достоверно выше таковой зимней серии на 16,14%, 31,54%, 26,42%, 22,22% и 63,85% соответственно ($p_1 < 0,005$). Однако, на начальной стадии (вторые - четвертые сутки) регенерации СД весной была ниже таковой зимней серии на 1,31 – 15,38%.

С помощью корреляционного анализа в весенней серии, как и зимой, была выявлена высокая положительная ($r=+0,7626$, $p<0,005$) корреляция между ИР и СД.

Значения СД осенней серии превышали значения данного показателя в зимней серии уже ко вторым суткам наблюдения на 14% ($p_1<0,05$), с постепенным увеличением разницы изученных показателей в последующие сроки. К последнему дню эксперимента она достигла максимального значения и составила 112% ($p_1<0,05$). Данный показатель осенью прогрессивно нарастал. Со вторых по десятые сутки он увеличивался в 1,4 раза, а с десятых по 12 сутки имело место возрастание СД на 25% относительно десятых суток ($p_3<0,05$). В эти сроки значения изученного показателя достигли 1,8 мм/сек ($p_2<0,001$), однако к 13 суткам он снизился на 10,5% ($p_3<0,001$). Своего максимального значения скорость движения осенью достигала к 14 суткам эксперимента, когда она составила 1,9 мм/сек и практически не изменялась в последующие дни наблюдения.

Корреляционный анализ выявил высокий положительный коэффициент корреляции между СД и ИР равный $-r = +0,9582$ ($p<0,001$).

Летом обнаружена самая высокая СД по сравнению с другими сезонами. Летом СД планарий со вторых по четвертые сутки эксперимента увеличивалась в 1,42 раза и достигла 1,4688 мм/сек ($p_2<0,001$). На пятые – шестые сутки не было зафиксировано значительных изменений относительно четвертых суток наблюдений. На седьмые сутки отмечено падение СД планарий относительно предыдущих шестых суток эксперимента на 11,55% ($p_3<0,05$), с последующим ее ростом к десятым суткам до 1,9791 мм/сек. С десятых по 14 сутки эксперимента рост СД планарий стал менее значительным, и к последнему дню эксперимента она составила - 2,271 мм/сек. Кроме того, в данной серии СД была выше таковой во всех экспериментах. Так, различия значений с зимней серии уже на вторые сутки составили 32,86% ($p_1<0,05$), и нарастали увеличением сроков эксперимента. К последнему дню летнего эксперимента данные различия составили 154,05% ($p_1<0,05$). При сравнении значений СД летом и осенью разница так же была во все сроки достоверно значима, однако, она была меньше таковой, чем в зимней серии экспериментов. Сравнивая с осенней серией экспериментов, были обнаружены дни (вторые, седьмые и восьмые сутки), в которые СД летом практически не отличалась от таковой осенью, а в остальные сроки она была так же выше.

Коэффициент корреляции ИР и СД животных данной группы был равен $r = +0,9293$ ($p<0,001$).

Таким образом, значения СД регенерирующих планарий летом были выше таковых в другие сезоны года. Эти различия нарастали с увеличением сроков эксперимента. В весенней и летней серии отмечены более выраженное увеличение СД с возрастанием сроков наблюдения. Во всех сериях динамика данного процесса была разной, однако, во все сезоны обнаруживается ярко выраженная периодическая составляющая.

Косинор-анализ позволил выявить в СД регенерирующих планарий набор инфраниантных ритмов, состоящий из следующих периодов: $\approx 2^d, 1$; $\approx 2^d, 5$; $\approx 3^d, 0$; $\approx 3^d, 7$; $\approx 4^d, 2$; $\approx 5^d, 1$; $\approx 7^d, 0$. Ритмы такой продолжительности выявлены в деятельности

ОСОБЕННОСТИ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ

различных физиологических систем у позвоночных животных и человека [21, 22], а так же беспозвоночных – моллюсков [23].

Состав и ширина спектров мощности в различные сезоны года различаются (табл.). Наиболее широкий спектр (от 2,2 до 6,9 суток) обнаруживается весной, летом и зимой ширина спектра одинаковая и составляла 2,1-5,7 суток. Наиболее стабильными ритмами, выявляющимся во все сезоны года, являются ритмы с периодами $\approx 2,5$ и ≈ 5 суток.

Таблица.

Данные косинор-анализа СД планарий, регенерирующих в различные сезоны года

Характеристики ритмов	Сезоны года			
	Лето	Осень	Зима	Весна
Период (сутки)	2,1	----	2,1	2,2
Амплитуда (усл.ед.)	0,113	----	0,041	0,089
Фаза (радианы)	1,876	----	0,636	5,911
Период (сутки)	2,5	2,7	----	2,6
Амплитуда (усл.ед.)	0,1	0,117	----	0,07
Фаза (радианы)	3,718	2,769	----	2,859
Период (сутки)	3,0	----	----	----
Амплитуда (усл.ед.)	0,126	----	----	----
Фаза (радианы)	3,623	----	----	----
Период (сутки)	3,7	3,5	3,3	3,4
Амплитуда (усл.ед.)	0,088	0,114	0,033	0,098
Фаза (радианы)	2,87	2,752	2,484	3,635
Период (сутки)	----	----	4,2	----
Амплитуда (усл.ед.)	----	----	0,052	----
Фаза (радианы)	----	----	2,6649	----
Период (сутки)	5,1	4,7	5,7	4,5
Амплитуда (усл.ед.)	0,228	0,083	0,084	0,112
Фаза (радианы)	0,073	0,872	0,304	0,833
Период (сутки)	----	7,0	----	6,9
Амплитуда (усл.ед.)	----	0,2	----	0,122
Фаза (радианы)	----	0,044	----	0,311

Состав спектров мощностей СД в различные сезоны года также различаются. Так, в летней серии экспериментов в СД регенерирующих планарий было выявлено пять периодов: $\approx 2^d,1$; $\approx 2^d,5$; $\approx 3^d,0$; $\approx 3^d,7$; $\approx 5^d,1$. Доминирующим периодам являлся период $\approx 5,1$ суток с амплитудой 0,228 усл.ед.

В спектре мощности СД в осенней серии экспериментов выделены следующие периоды: $\approx 2,7$; $\approx 3,5$; $\approx 4,7$; $\approx 7,0$ суток. В периоде $\approx 4,7$ суток амплитуда была минимальной и составила 0,083 усл.ед. Амплитуды периодов $\approx 2^d,7$; $\approx 3^d,5$; практически не отличались друг от друга, а в «длинном» семидневном периоде отмечена максимальная амплитуда, равная 0,2 усл.ед.

В зимней серии экспериментов было выявлено четыре периода, продолжительность которых составила: $\approx 2,1$; $\approx 3,3$; $\approx 4,2$; $\approx 5,7$ суток. Значения амплитуд в данном спектре были незначительны и колебались от 0,033 усл.ед (период 3,3 суток) до 0,084 усл.ед в периоде $\approx 5,7$ суток.

Спектр мощности СД планарий в весенней серии экспериментов состоял из пяти периодов, продолжительность которых составила: $\approx 2,2$; $\approx 2,6$; $\approx 3,4$; $\approx 4,5$; $\approx 6,9$ суток. Доминирующим периодом являлся околонедельный ритм с амплитудой 0,122 усл.ед. Кроме того, экспоненциальный анализ позволил выявить увеличение амплитуды с увеличением длины периода.

Таким образом, спектры мощности СД планарий в различные сезоны года различны. В осенней и зимней сериях экспериментов было выявлено по четыре периода, в более теплые весенний и летний сезоны по пять периодов. В осенней серии экспериментов пропадал характерный для всех остальных групп короткий двухдневный период, а летом и зимой обнаруживались периоды продолжительностью $\approx 3,0$ и $\approx 4,2$ суток соответственно, которые не выявлены в остальных группах. Периоды продолжительностью $\approx 3,5$ и $\approx 5,0$ суток были обнаружены в инфрадианной ритмике СД планарий во всех сезонах, а околонедельный период обнаруживался только осенью и зимой.

В выделенных периодах в различные сезоны года обнаруживался сдвиг фаз. В периодах $\approx 2,1$ суток и $\approx 5,1$ суток отмечен резкий сдвиг фаз изучаемого показателя в различные сезоны года. Разность фаз между летней и зимней сериями в периоде $\approx 2,1$ суток составила $68,02^\circ$; $231,18^\circ$ между летней и весенней сериями и между зимней и весенней - $302,23^\circ$ (рис. 2).

В других периодах изменения фазовых соотношений в различные сезоны года были на уровне тенденции (рис. 2).

Таким образом, инфрадианная ритмика СД регенерирующих планарий в различные сезоны года различается. Эти различия выражались в изменениях спектров мощности (ширина, состав спектров, количество периодических составляющих) и амплитудно-фазных перестройках.

Выявленные различия инфрадианной ритмики СД регенерирующих планарий в различные сезоны года отображают сложные взаимодействия инфрадиантных ритмов с ритмами с большим периодом. Эта сложная взаимосвязь и обусловленность ритмической деятельности приводит к систематическим изменениям фаз, амплитуд, средних уровней ритмов. Например, такие изменения циркадианных параметров в различные сезоны года были установлены для выделения электролитов с мочой, оральной температуры, концентрации кортизола и гормона роста в плазме крови, рождаемости и других показателей. По данным J.J. Borst с соавторами [24], зимой диурез, натрий, калий и хлорурез максимальный в 09 – 15 ч., минимальный в 21 – 06 ч. Летом минимальная экскреция регистрируется в 06 – 09 ч. С.Г.Дуда [25] обнаружил смещение акрофаз суточного ритма ряда гемодинамических показателей (ударный и минутный объемы сердца и т.д.) в весенне - летний период на 1 – 3 часа вправо по шкале времени. Циркадианная система взаимодействует и с многолетними циклами. Так, по данным Л.И.Виноградовой, проводившей исследования в 70-е годы [26], акрофаза

циркадианного ритма частоты сердечных сокращений регистрировалась с 15 – 18 ч., а минимальные значения этого показателя приходились на 9 – 12 ч. По данным других авторов, выполнявших исследования в 80-х гг., минимальные значения этого показателя регистрируются в ночные часы, а акрофаза – в 13 – 14 ч. [27].

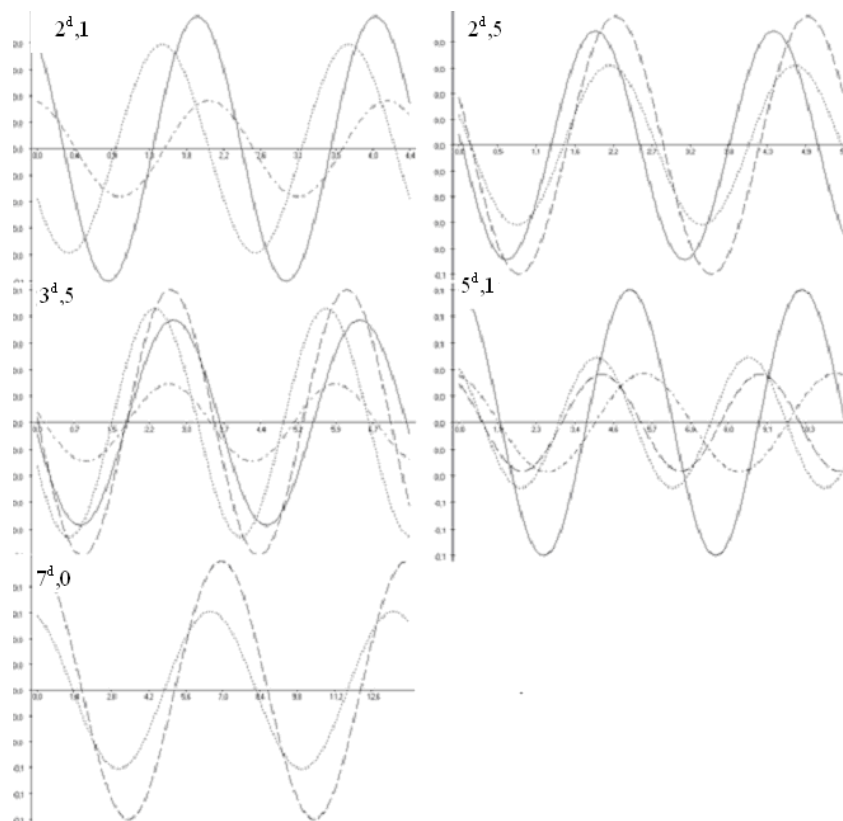


Рис. 2 Сдвиги фаз СД планарий в выделенных периодах в различные сезоны года. Примечание: по оси абсцисс – фаза (в радианах), по оси ординат – амплитуда (усл.ед); — лето — — — осень; ---- весна; - · - · - зима.

Таким образом, нами выявлена инфрадианная ритмика СД регенерирующих планарий и установлена их взаимосвязь с сезонными ритмами.

ВЫВОДЫ

1. В инфрадианной ритмике скорости движения регенерирующих планарий выявлены периоды продолжительностью $\approx 2^d,1$; $\approx 2^d,5$; $\approx 3^d,0$; $\approx 3^d,7$; $\approx 4^d,2$; $\approx 5^d,1$; $\approx 7^d,0$.
2. Параметры инфрадианной ритмики регенерирующих планарий в различные сезоны года имеют определенные особенности, которые выражаются в изменениях спектров мощности (ширина, состав спектров, количеством периодических составляющих) и амплитудно-фазных перестройках.

Список литературы

1. Биоэффекты слабых переменных магнитных полей и биологические предвестники землетрясений / В.В. Леднев, Н.А. Белова, З.Е. Рождественская [и др.] // Геофизические процессы и биосфера. – 2003. – Т. 2, № 1. – С. 311.
2. Магнитный параметрический резонанс в биосистемах: экспериментальная проверка предсказаний теории с использованием регенерирующих планарий *Dugesia tigrina* в качестве тестсистемы / В.В.Леднев, Л.К.Свербицкая, Е.Н.Ильясова [и др.] // Биофизика. – 1996. –Т. 41, №4 – С. 815–825.
3. Новиков В.В. Влияние слабых и сверхслабых магнитных полей на интенсивность бесполого размножения планарий *Dugesia tigrina* / В.В. Новиков, И.М.Шейман, Е.Е.Фесенко// Биофизика. – 2002. – Т. 47 (1). – С. 125–129.
4. Влияние слабого комбинированного магнитного поля на скорость регенерации планарий *Dugesia tigrina* / Х.П. Тирас, Л.К.Свербицкая, Е.Н.Ильясова [и др.] // Биофизика. – 1996. – Т. 40, №4. – С. 826–831
5. Brown F.A. Effects and after effects on planarians of reversals of the horizontal magnetic vector / F.A. Brown // Nature – 1966. – Vol. 209. – P.533–535.
6. Brown F.A. An orientation response to weak gamma radiation / F.A Brown // Biological Bulletin – 1963. – Vol. 125, №2. – P. 206–225.
7. Lopes K.A. A study of low power laser on the regenerative process of *Girardia tigrina* (Girard, 1850) (Turbellaria; Tricladida; Dugesidae) / K.A.Lopes, N.M. Campos Velho, E. Munin // Braz J Biol. – 2009. – Vol. 62. – №2. – P. 327–332.
8. Souza S.C. Low power laser radiation at 685 nm stimulates stem-ctll proliferation rate in *Dugesia tigrina* during regeheration / S.C.Souza, E. Munin, L.P. Alves [et al.] // J. Photochem Photobiol B. – 2005. – Vol. 80. – №3. – P. 203–207.
9. Владимирский Б.М. Солнечно-земные связи в биологии и явление «захвата» частоты / Б.М.Владимирский // Проблемы космич. биологии. – 1982. – Т. 43. – С. 166–173.
10. Владимирский Б.М. Влияние солнечной активности на биосферу – ноосферу (Гелиобиология от А.Л.Чижевского до наших дней)/ Б.М. Владимирский, Н.А. Темурьянц – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 374 с.
11. Brown F.A. A hypothesis for extrinsic timing of circadian rhythms / F.A.Brown // Can. J. Bot. – 1969 – vol. 47. – p. 287–298.
12. Goodenough D.A. The monthly orientation rhythm of planarians is not generated by the interaction of solar- and lunar-day rhythms // D.A. Goodenough, E Judin // J. Of Interdisciplinary Cycle Research. – 1980. – Vol.11. – №2. – P. 117–124
13. Темурьянц Н.А. Влияние слабых переменных магнитных полей крайне низких частот на инфранианную ритмику симпатoadренальной системы крыс / Н.А. Темурьянц, В.Б. Макеев, В.И. Малыгина // Биофизика. – 1992. – Т. 37, № 4. – С. 653–655
14. Шехоткин А.В. Влияние переменного магнитного поля сверхнизкой частоты наинфранианную ритмику количественных и функциональных характеристик лейкоцитов крови у интактных и эпифизэктомированных крыс: Автореф.дисс. на соискание степени канд.биол. наук: спец. - 03.00.13 «Физиология человека и животных» / А.В.Шехоткин – Симферополь, 1995.- 25с.
15. Чуян Е. Н. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения / Е. Н. Чуян, Э. Р. Джелдубаева // Монография. – Симферополь: "Диайпи". – 2006. – 458 с.
16. Темурьянц Н.А. Особенности регенерации планарий *Dugesia tigrina* при их электромагнитном экранировании в различные сезоны года / Н.А. Темурьянц, Н.А. Демцун, В.С. Мартынюк // Физика живого. – 2008. – Т.16. – №2. – С. 85–91.
17. Тирас Х.П. Прижизненная морфометрия планарий / Х.П. Тирас, Н.Ю. Сахарова // Онтогенез – 1984. – Т.15 (1). – С. 42–48
18. Демцун Н.А. Динамика скорости движения планарий, регенерирующих в условиях электромагнитного экранирования / Н.А. Демцун, Н.А. Темурьянц, М.М. Баранова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И.Вернадского. Серия «Биология. Химия» – 2009. – Т.22(62). – №2. – С.24–32.
19. Вишневский В.Г. Установка для прижизненной морфометрии регенерации планарий / В.Г. Вишневский, М.М. Махонина, Н.А. Демцун [и др.] // Ученые записки ТНУ. – 2007. –

- Т. 20 (59), №4. – С. 18–21.
20. Емельянов И. П. Формы колебания в биоритмологии / Емельянов И. П. – Новосибирск: Наука. – 1976. – 127 с.
 21. Шабатура Н.Н. Механизм происхождения инфрадианных биологических ритмов / Н.Н. Шабатура // Успехи физиол. наук. – 1989. – 20, №3. – С. 83–103.
 22. Московчук О.Б. Вплив низькоінтенсивного електромагнітного випромінювання надзвичайно високої частоти на інфрадіанну ритміку фізіологічних процесів: Автореф. дисс. на соискание степени канд. биол. наук: спец. 03.00.13 «Физиология человека и животных» / О.Б.Московчук – ТНУ. – Симферополь, 2003. – С. 20.
 23. Костюк А.С. Динамика болевой чувствительности моллюсков *Helix albescens* в условиях продолжительного электромагнитного экранирования / А.С. Костюк, Н.А. Темурьянц // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского Серия «Биология, химия». 2009. – Т. 22 (61). № 3. – С. 75–82.
 24. Borst J.J. The three types of «natural» diuresis / J.J. Borst // Lancer. – 1950. – Vol.259. – №6618. – P.1–16.
 25. К вопросу о хронотерапии больных стенокардией и кардиолгией / С.Г. Дуда, Р.М. Заславская, А.Ф. Конькова [и др.] // Тезисы докладов Всесоюзной конференции «Актуальные проблемы оценки фармакологической активности химических соединений». – Ногинск, 1981. Т. 1
 26. Виноградова Л.И. Биологические ритмы при нарушении деятельности управляющих структур мозга / Л.И. Виноградова // Клин. мед. – 1973. – № 1. – С. 26–31.
 27. Оранский И.Е. Биологические ритмы и бальнеотерапия / Орланский И.Е. – М.: Медицина, 1977. – 119 с.

Демцун Н.А. Особливості інфрадіанної ритміки швидкості руху регенеруючих планарії *Dugesia tigrina* у різні пори року / Н.А. Демцун // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 41-49.

В динаміці швидкості руху регенеруючих планарій у різні сезони року виявлені періоди тривалістю: $\approx 2^d, 1; \approx 2^d, 5; \approx 3^d, 0; \approx 3^d, 7; \approx 4^d, 2; \approx 5^d, 1; \approx 7^d, 0$. Інфрадіанна ритміка має певні особливості у різні пори року, які виражалися в змінах спектрів потужності (ширині, складах спектрів, кількості періодичних складових) і амплітудно-фазних перебудов.

Ключові слова: регенерація, інфрадіанна ритміка, *Dugesia tigrina*, сезони року.

Demtsun N.A. Features of infradian rhythmicity of movement velocity in regenerating planaria *Dugesia tigrina* regenerating in the different seasons of the year / N.A. Demtsun // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 41-49.

We found that in the dynamics of the movement velocity in the regenerating planarians in periods of duration: $\approx 2^d, 1; \approx 2^d, 5; \approx 3^d, 0; \approx 3^d, 7; \approx 4^d, 2; \approx 5^d, 1; \approx 7^d, 0$. The patterns of infradian rhythmicity of regenerating planarian movement velocity have seasonal variation.

Keywords: regeneration, infradiannicity rhythm, *Dugesia tigrina*, seasons of the year.

Поступила в редакцію 02.12.2009 г.

УДК 577.121:547

ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭРИТРОЦИТОВ В УСЛОВИЯХ ИНИЦИИ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ IN VITRO В ПРИСУТСТВИИ ГЛЮКОЗЫ РАЗНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

Ёлкина Н.М.¹, Коношенко С.В.², Плотникова Е.В.², Казакова В.В.³

¹*Крымский факультет Запорожского национального университета, Симферополь, Украина*

²*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина*

³*Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, Симферополь, Украина*

В условиях инициации окислительных реакций *in vitro* в эритроцитах человека снижается интенсивность гликолитического пути утилизации глюкозы. Присутствие в среде, генерирующей активные формы кислорода, 5 мМ и 10 мМ глюкозы способствует усилению гликолитических реакций в эритроцитах.

Ключевые слова: эритроциты человека, среда Фентона, активные формы кислорода, глюкоза, гликолитические реакции.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема окислительного стресса является одной из наиболее актуальных в современной биологии и медицине [1 – 3]. Известно, что развитие окислительного стресса осуществляется в результате усиленного генерирования в клетках активных форм кислорода (АФК) и азота или снижения активности антиоксидантных систем, действие которых направлено на поддержание прооксидантно-антиоксидантного равновесия [4]. В связи с проблемой окислительного стресса важно понять не только механизмы гиперпродукции свободных радикалов в клетках разного типа, но и характер регуляции в них метаболизма в экстремальных условиях, формирования защитных реакций, направленных на нейтрализацию повреждающего фактора и активизацию тех метаболических путей, которые ведут к восстановлению гомеостаза.

Ранее было показано, что в условиях инициации окислительных реакций с участием АФК в эритроцитах существенно снижается уровень глюкозы и этот процесс сопровождается метаболической перестройкой эритроцитов, а также изменениями в состоянии их антиоксидантной системы [5, 6].

Учитывая это, целью настоящей работы явилось изучение отдельных метаболических показателей эритроцитов, находящихся в среде, генерирующей АФК, в условиях притока глюкозы извне (система Фентона, содержащая глюкозу разной концентрации).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований служили эритроциты доноров станции переливания крови г. Симферополя.

С целью инициации окислительных реакций эритроциты помещали в среду Фентона, генерирующую АФК ($10 \text{ mM FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и $3 \text{ mM H}_2\text{O}_2$) [7]. Наряду с этим эритроциты инкубировали в среде Фентона в присутствии 5 mM и 10 mM глюкозы. Инкубацию проводили при температуре 37°C в течение 4-х часов. Гемолиз эритроцитов осуществляли с использованием метода Драбкина [8]. В гемолизатах эритроцитов определяли содержание фосфоенолпирувата (макроэргического метаболита гликолиза) и АТФ [9]. Статистическую обработку экспериментальных данных выполняли с использованием t-критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследований (табл.), при инкубации эритроцитов в среде Фентона, генерирующей АФК, в эритроцитах снижается содержание фосфоенолпирувата (ФЕП) и АТФ: в 1,86 и 2,18 раза, соответственно, по сравнению с контролем (эритроциты, не инкубированные в среде Фентона). Изменение этих показателей свидетельствует о снижении интенсивности гликолитических реакций утилизации глюкозы, играющих важную роль в энергообеспечении эритроцитов и их функционировании [10].

Таблица.

Содержание ФЕП и АТФ в эритроцитах в условиях инициации окислительных реакций *in vitro* в присутствии в среде инкубации глюкозы разной концентрации ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Объект исследования	ФЕП, ммоль $\text{Фн} \cdot \text{л}^{-1}$	АТФ, ммоль $\text{Фн} \cdot \text{л}^{-1}$
Контроль 1 (эритроциты без инкубации в среде Фентона)	$0,130 \pm 0,005$	$0,144 \pm 0,003$
Контроль 2 (эритроциты, инкубированные в среде Фентона в течение 4-х часов)	$0,070 \pm 0,005^*$	$0,066 \pm 0,003^*$
Эритроциты, инкубированные в среде Фентона в присутствии 5 mM глюкозы (4 часа инкубации)	$0,088 \pm 0,006^{*,**}$	$0,085 \pm 0,007^{*,**}$
Эритроциты, инкубированные в среде Фентона в присутствии 10 mM глюкозы (4 часа инкубации)	$0,105 \pm 0,008^{*,**}$	$0,102 \pm 0,007^{*,**}$

Примечание: * - достоверность различия по сравнению с контролем 1; ** - достоверность различия по сравнению с контролем 2 ($p < 0,05$).

При инкубации эритроцитов в среде Фентона в присутствии 5 mM глюкозы наблюдалось незначительное, но достоверное увеличение содержания ФЕП и АТФ. Так, содержание ФЕП в этих условиях возрастало на $25,7 \%$, а содержание АТФ на

28,8 % по сравнению с контролем 2 (эритроциты, инкубированные в среде Фентона в отсутствии глюкозы).

Присутствие в среде инкубации 10 мМ глюкозы приводило к дальнейшему увеличению данных показателей: содержание ФЕП возрастало на 50,0 %, содержание АТФ – на 54,5 % по сравнению с контролем 2.

Однако, по сравнению с нативными эритроцитами (не инкубированными в системе Фентона) уровень ФЕП и АТФ в инкубированных эритроцитах в присутствии 5 мМ и 10 мМ глюкозы был значительно ниже.

Как было показано ранее [5], инкубация эритроцитов в среде Фентона приводит к резкому снижению содержания в них глюкозы. Через 4 часа инкубации в этих условиях содержание глюкозы в эритроцитах снижается в 1,66 раза, что, очевидно, связано не только с утилизацией глюкозы в качестве энергетического субстрата, но и с её разрушением под действием АФК. Вместе с этим, известно, что метаболизм глюкозы в эритроцитах занимает важное место не только в энергообмене, но и в генерировании восстановительных эквивалентов (NADH и NADPH), а также 2,3-дифосфоглицерата, действие которого связано с повышением эффективности кислородо-транспортной функции гемоглобина [10].

Представленные в настоящей работе данные свидетельствуют о том, что в условиях притока глюкозы извне в эритроцитах усиливаются гликолитические реакции, интенсивность которых возрастает с увеличением концентрации глюкозы в среде Фентона.

Результаты исследований позволяют также сделать заключение, что уровень глюкозы является важным звеном в биохимическом статусе эритроцитов, обеспечивающим поддержание их метаболической активности и защиту от разрушительного действия АФК.

ВЫВОДЫ

1. В условиях генерирования активных форм кислорода *in vitro* (среда Фентона) в эритроцитах человека снижается интенсивность гликолитического пути утилизации глюкозы.
2. Присутствие в среде, генерирующей АФК, 5 мМ и 10 мМ глюкозы способствует активизации гликолитических реакций в эритроцитах.
3. Интенсивность гликолитических реакций возрастает с увеличением концентрации глюкозы в среде инкубации эритроцитов.

Список литературы

1. Турпаев К.Т. Активные формы кислорода и регуляция экспрессии генов / К.Т. Турпаев // Биохимия. – 2002. – Т. 76, вып. 3. – С. 339–352.
2. Владимиров Ю.А. Активные формы кислорода и азота: значение для диагностики, профилактики и терапии / Ю.А. Владимиров // Биохимия. – 2004. – Т. 69, вып. 1. – С. 5–7.
3. Пероксид водорода, образуемый внутри митохондрий, участвует в передаче апоптозного сигнала от клетки к клетке / О.Ю. Плетюшкина, Е.К. Фетисова, К.Г. Лямзаев [и др.] // Биохимия. – 2006. – Т. 71, вып. 1. – С. 75–84.
4. Меньщиков Е.Б. Окислительный стресс при воспалении / Е.Б. Меньщиков, Н.К. Зенков // Усп. совр. биол. – 1997. – Т. 117, № 2. – С. 155–169.

5. Ёлкина Н.М. Изменения отдельных биохимических показателей эритроцитов человека в условиях генерирования активных форм кислорода *in vitro* / Н.М. Ёлкина // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия: Биология, химия. – 2005. – Т. 18(57), № 3. – С. 31–34.
6. Ёлкина Н.М. Характеристика окремих показників внутрішньоеритроцитарного метаболізму за умов генерування активних форм кисню *in vitro* / Н.М. Ёлкина, В.В. Казакова, С.В. Коношенко // Експериментальна та клінічна фізіологія і біохімія. – 2005, № 3. – С. 50–54.
7. Окислительная модификация белков: окисление триптофана и образование битирозина в очищенных белках с использованием системы Фентона / Е.Е. Дубинина, С.В. Гавровская, Е.В. Кузьмич [и др.] // Биохимия. – 2002. – Т. 67, вып. 3. – С. 413–421.
8. Drabkin D.A simplified technique for large scale crystallization of myoglobin and haemoglobin in the crystalline / D. Drabkin // Arch. Biochem. – 1949. – V. 21 – P. 224–226.
9. Алейникова Т.А. Руководство к практическим занятиям по биологической химии / Т.А. Алейникова, Г.В. Рубцова– М.: Высшая школа, 1988. – 223 с. (Методическое пособие для студ. высш. учебн. завед.).
10. Мак-Мюррей У. Обмен веществ человека / Мак-Мюррей У. – М.: Мир, 1980. – 366 с. (Метаболизм веществ в различных тканях организма человека).

Ёлкина Н.М. Характеристика окремих метаболічних показників за умов ініціації окиснювальних реакцій *in vitro* у присутності глюкози різної концентрації / Н.М. Ёлкина, С.В. Коношенко, О.В. Плотнікова, В.В. Казакова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 50-53.

За умов ініціації окиснювальних реакцій *in vitro* в еритроцитах людини знижується інтенсивність гліколітичного шляху утилізації глюкози. Присутність у середовищі, що генерує активні форми кисню, 5 мМ та 10 мМ глюкози сприяє посиленню гліколітичних реакцій в еритроцитах.

Ключові слова: еритроцити людини, середовище Фентона, активні форми кисню, глюкоза, гліколітичні реакції.

Yolkina N.M. The character of some erythrocytes metabolic indexes under initiation of oxidative reactions *in vitro* with different concentrations of glucose / N.M. Yolkina, S.V. Konoshenko, E.V. Plotnikova, V.V. Kazakova // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 50-53.

Under initiation of oxidative reactions *in vitro* the intensivity of glycolitic reactions in human erythrocytes is lowered. The presence in the system, generated the active oxygen forms, 5 mM and 10 mM glucose promote the intensification of glycolitic reactions in erythrocytes.

Keywords: erythrocytes of human, Fenton's system, active oxygen forms, glucose, glycolitic reactions.

Поступила в редакцию 04.12.2009 г.

УДК 582.4/.9.02+[582.4/.9:574.21]

ИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЫЛЬЦЫ *PINUS SYLVESTRIS* L.

Ибрагимова Э.Э.

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

Исследовалась мужская генеративная система популяций *Pinus sylvestris* L., произрастающих в районе свалки твердых бытовых отходов. Установлено, что выбросы свалки твердых бытовых отходов оказывают неблагоприятное воздействие на генеративные органы *Pinus sylvestris* L., проявляющееся в низком качестве формируемой ими пыльцы.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris* L., популяция, пыльца, свалка, стерильность, фертильность.

ВВЕДЕНИЕ

Техногенное загрязнение оказывает заметное влияние на состояние хвойных растений, в том числе на жизнеспособность и качество формируемой пыльцы, женских шишек и семян [1]. Наиболее сильное влияние стресса испытывают мужские генеративные органы, что проявляется в их аномальном развитии и низком качестве формируемой пыльцы [2, 3]. Естественный репродуктивный потенциал хвойных растений в условиях экологического стресса часто не реализуется. Пыльца формируется низкого качества, семена продуцируются в основном стерильные [4]. Исследование пыльцы, собранной с деревьев сосны из загрязнённых районов, показало, что прорастание пыльцевых зёрен у разных деревьев техногенной зоны колебалось от 0 до 82,6%. Однако основная масса у значительного большинства деревьев (85%) была стерильной и не содержала крахмала [5]. Снижение качества пыльцы при техногенном загрязнении обусловлено, вероятно, эмбриотоксическим и кластогенным действием аэрополлютантов. Определены частота и тип хромосомных нарушений в мейозе микроспороцитов сосны при различных условиях аэротехногенного загрязнения среды сернистым газом и тяжёлыми металлами. Показано достоверное увеличение процентного содержания клеток с нарушениями по градиенту загрязнения [6, 7]. Таким образом, низкое качество формируемой у сосны пыльцы может служить биотестом чувствительности особей к техногенным факторам [8].

Городские почвы претерпевают изменения в результате различных воздействий: поступление в почву пыли и химических соединений с атмосферными осадками и

выбросами предприятий и транспорта; пертурбаций при градостроительстве; регулярных обработок почв садов и огородов; наличия большого количества свалок, которые также вызывают существенные изменения почв [9]. Одной из главных проблем свалок является миграция фильтратов и загрязнение ими грунтовых вод, а также формирование бросовых земель [10].

Проблема загрязнения почвы и атмосферы в районе городских и сельских свалок является актуальной проблемой и для Крымского региона, где остро стоит проблема сбора, хранения и утилизации твёрдых бытовых отходов. На территории Крыма имеется 28 официально зарегистрированных полигонов и свалок, в которых насчитывается около 18,3 млн. тонн отходов. Однако в действительности свалок насчитывается несколько тысяч. Ежегодно в Крыму образуется 2,5 млн. м³ твёрдых бытовых отходов (300 кг на человека в год). В последние годы на территории региона накопилось большое количество твёрдых бытовых отходов в виде санкционированных и несанкционированных свалок мусора, большая часть которых исчерпала свои санитарно-технические и территориальные возможности [11]. В частности, пос. Каменка, микрорайоны Свобода и Белое, дачный массив Каменский г. Симферополя находятся под неблагоприятным воздействием полигона твердых бытовых отходов (городской свалки). Полигон не соответствует санитарно-экологическим требованиям. Имеет место фильтрация сточных вод, формирующихся на свалке. Выявлены повышенные концентрации различных токсикантов в стороне от свалки, даже в колодцах и скважинах подземных вод [12].

Проблема свалки бытовых отходов в п. Каменка усугубляется регулярным сжиганием мусора, сопровождающимся образованием ядовитого облака, распространяющегося на большие расстояния и отравляющего всё живое на своём пути. Неконтролируемое сжигание городского мусора представляет несомненную опасность для окружающей среды, так как в результате реакций горения образуется большое количество разнообразных химических веществ, оказывающих отрицательное воздействие на окружающую среду. Происходит постоянное тление мусора, причём при очень низкой минимальной температуре (из-за высокой влажности и значительного количества негорючих материалов). Сгорание в таких условиях неполное, поэтому в результате образуется угарный газ, диоксины и другие исключительно опасные для жизни вещества. В результате химических процессов, происходящих в слоях мусора, концентрация производимых свалками ядов увеличивается в сотни раз [12]. При сжигании мусора образуются полициклические углеводороды, обладающие бластомогенным [13] и генотоксичным [14] действием. К важным загрязнителям окружающей среды относятся полихлордифенилы, применяющиеся при изготовлении конденсаторов и трансформаторов в качестве диэлектриков. Полихлордифенилы попадают в окружающую среду при сжигании городского мусора и хлорсодержащих отходов промышленности. Установлено, что данные вещества оказывают отрицательное воздействие на физиологические процессы в организме человека и животных. Авторы также отмечают, что для производства искусственной кожи, линолеума, детских игрушек широко используются поливинилхлоридные смолы. При горении этих соединений образуются полихлордифенилдиоксины, обладающие

тератогенным, канцерогенным действием и весьма высокой острой токсичностью для человека [13]. Проведен комплексный мониторинг рабочих предприятий по утилизации бытовых городских отходов: обследованы 44 рабочих и 47 контрольных доноров. Использованы 3 теста – хромосомные aberrации, сестринские хроматидные и «хвосты» ДНК. Достоверное повышение абберантности отмечено по общему числу клеток с хромосомными aberrациями (подсчет без брешей) и числу ацентрических фрагментов. Полученные данные указывают на необходимость комплексного анализа потенциальной мутагенности с применением разнообразных методов для получения информативного результата в мониторинге [15]. При этом, наряду с традиционными методами учёта мутаций, целесообразно использовать косвенные показатели мутагенного действия загрязнителей окружающей среды, например, определение стерильности пыльцы различных растений [16–19].

В связи с этим целью данного исследования явилось изучение спонтанной и индуцированной стерильности пыльцевых зерен популяций сосны обыкновенной, произрастающих в районе свалки твердых бытовых отходов г. Симферополя, а также проведение палиноморфологического анализа пыльцы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований служили мужские генеративные органы, собранные с деревьев, произрастающих в зоне свалки твердых бытовых отходов пос. Каменка г. Симферополя. Контрольным вариантом служили мужские генеративные органы, собранные с растений, произрастающих в экологически благополучной зоне. В качестве объекта исследований была использована мужская генеративная система сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) У указанной культуры изучали спонтанную и индуцированную стерильность пыльцы, а также палиноморфологическое строение пыльцевых зерен.

Пыльцевое зерно (мужской гаметофит) сосны обыкновенной имеет две оболочки – интину и экзину, а также несет два сетчатых или пузыревидных воздушных мешка, возникающих вследствие расхождения экзины и интины, но преимущественно последней. Увеличивая поверхность пыльцевого зерна, воздушные мешки способствуют его переносу ветром на большие расстояния [20–23]. Диаметр пыльцевых зерен сильно варьирует, и на одном препарате могут встретиться пыльцевые зерна самых разных размеров. Наибольший диаметр – 100 мкм. В препарате пыльцевые зерна выглядят различно, так как они могут быть по-разному ориентированы [24] (рис. 1).

Палиноморфологическое изучение современных хвойных свидетельствует о том, что эта группа характеризуется довольно узкими пределами изменчивости строения пыльцы, что, вероятно, обусловлено как голосемянностью, так и ветроопылением [25]. Таким образом, согласно литературным данным, размеры пыльцы варьируют в довольно широком диапазоне, в то время как форма характеризуется узкими пределами изменчивости. Следовательно, можно использовать палиноморфологический анализ пыльцевых зерен для суждения о степени генотоксического воздействия техногенных факторов окружающей среды на фенотип мужского гаметофита.

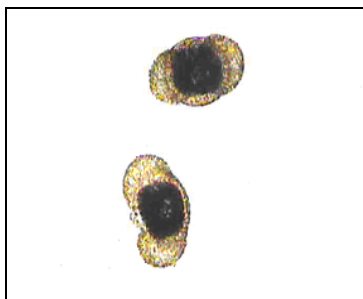


Рис. 1. Нормальное пыльцевое зерно *Pinus sylvestris* L. (увел. 1.1x16): вид сверху (сверху) и вид сбоку (снизу).

Собранный с указанных зон репродуктивный материал (мужские шишки) фиксировали в уксуснокислом спирте (3:1), а затем, после промывки в 70 %-ном спирте, переносили в 80 %-ный этиловый спирт, где хранили до цитогенетического анализа. Фертильность пыльцевых зёрен определяли йодным методом на временных давленных препаратах [26]. С каждого вида растений из каждой зоны изучали не менее 5000 штук пыльцевых зёрен. Изучение морфологической структуры пыльцевых зерен проводили при помощи системы морфометрического анализа изображений, включающей микроскоп “Carl Zeiss”, видеокамеру “Sun Kwang” и персональный компьютер. Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ “Microsoft Excel 2000”. В качестве критерия оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали t-критерий Стьюдента [27].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что обследованные популяции *P. sylvestris* L. продуцируют пыльцу, характеризующуюся довольно широким диапазоном изменения фенотипа, причем отклонения встречались как у фертильных пыльцевых зерен, так и у стерильных, однако спектр повреждения последних был гораздо более высоким. В таблице 1 представлены данные по количеству фертильных зерен, продуцируемых репродуктивными органами деревьев, произрастающих в контрольной зоне и в районе свалки.

Основная масса фертильных пыльцевых зерен популяций фоновых древостоев *P. sylvestris* L. является нормальной, однако при подсчете встречались пыльцевые зерна с различными аномалиями воздушных мешков: с одним воздушным мешком – 1,73% от общего количества продуцируемой пыльцы; с редукцией воздушных мешков – 0,74% и другими нарушениями – 0,70% соответственно (рис. 1).

Данные показатели достоверно увеличивались у популяций сосны, произрастающих в зоне свалки твердых бытовых отходов. Так количество пыльцевых зерен с редукцией одного воздушного мешка составило 8,01% от общего количества фертильных пыльцевых зерен; с редукцией обоих мешков – 1,54%; с различными нарушениями – 1,80% соответственно (рис. 2).

Таблица 1.

Палиноморфологические показатели фертильных пыльцевых зерен, продуцируемых генеративными органами *Pinus sylvestris* L., произрастающих в контрольной и опытной зонах г. Симферополя ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Зона	Количество фертильных пыльцевых зерен, шт.			
	с двумя мешками	с одним мешком	без мешков	прочие нарушения
К	<u>4026</u> $12,24 \pm 0,10$	<u>72</u> $0,21 \pm 0,02$	<u>31</u> $0,10 \pm 0,01$	<u>29</u> $0,90 \pm 0,01$
С	<u>3097</u> $11,47 \pm 0,16^*$	<u>280</u> $1,04 \pm 0,06^*$	<u>54</u> $0,20 \pm 0,02^*$	<u>63</u> $0,23 \pm 0,02^*$

Примечание: тут и далее * – отличия от контроля достоверны при $p < 0,001$, К – контроль, С – свалка.



Рис. 1. Фенотипические показатели фертильной пыльцы, продуцируемой генеративными органами популяций *Pinus sylvestris* L., произрастающих в контрольной зоне.

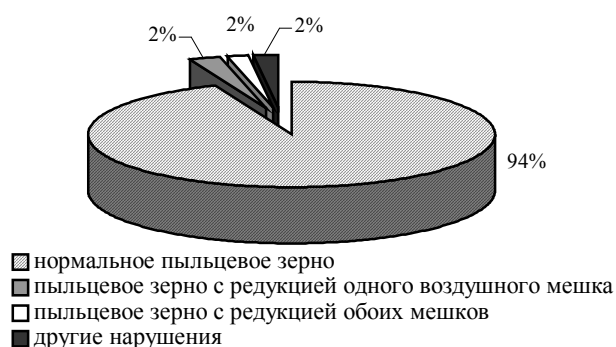


Рис. 2. Фенотипические показатели фертильной пыльцы, продуцируемой генеративными органами популяций *Pinus sylvestris* L., произрастающих в зоне свалки твердых бытовых отходов.

Следовательно, выбросы городской свалки оказывают неблагоприятное воздействие на процессы микроспрогенеза в органах мужской репродукции сосны

обыкновенной. Фенотипическое проявление данного влияния свидетельствует о нарушениях на генетическом уровне, что может служить косвенным показателем мутагенного действия поллютантов свалки, так как снижение качества пыльцы при техногенном загрязнении обусловлено эмбриотоксическим и кластогенным действием аэрополлютантов [6].

На рис. 3 представлены микрофотографии фертильных пыльцевых зерен, продуцируемых репродуктивными органами древостоев сосны обыкновенной, произрастающих в районе свалки, с различными отклонениями от нормы (а-г). Были выявлены такие нарушения как наросты на экзине, симметрично расположенные над воздушными мешками (рис. 3, в), формирование двойных пыльцевых зерен, при котором внешне нормальная пыльца имеет внутреннюю перегородку, делящую ее на две равные части (рис. 3, г). Причем в зрелой пыльце перегородка может проходить через все пыльцевое зерно (включая воздушные мешки) или только через его тело. Установлено, что образование пыльцы с перегородкой обусловлено нарушением на стадии формирования тетрад микроспор [28].

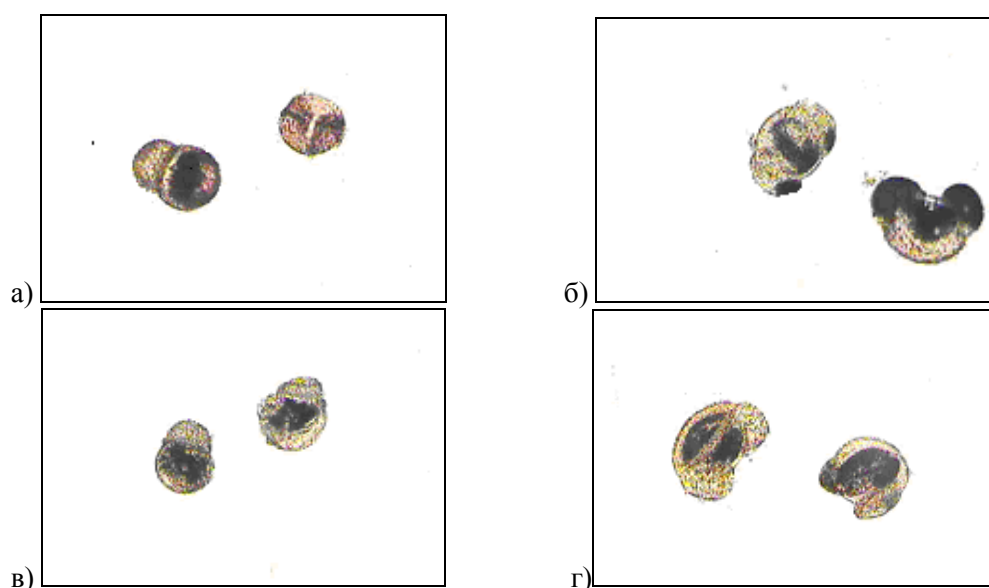


Рис. 3. Различные виды нарушений структуры и формы фертильных пыльцевых зерен *Pinus sylvestris* L., произрастающих в районе свалки твердых бытовых отходов, с различными морфологическими нарушениями (увел. 1.1x16): а, б – редукция воздушных мешков; в – наросты на экзине; г – двойные пыльцевые зерна с перегородкой.

Сопоставление данных, полученных в опытном и контрольном варианте, дало следующие результаты. Количество нормальных фертильных пыльцевых зерен снижалось в 1,3 раза ($p < 0,001$) по сравнению с контролем; с редукцией летательного мешка увеличивалось в 3,9 раза ($p < 0,001$), с отсутствием воздушных мешков – в 1,7 раза ($p < 0,001$) и с другими нарушениями – в 2,2 раза ($p < 0,001$) соответственно.

Следовательно, выбросы городской свалки оказывают неблагоприятное воздействие на мужскую генеративную сферу сосны, что проявляется в достоверном увеличении пыльцевых зерен с различными морфологическими нарушениями.

Изучение стерильных пыльцевых зерен выявило гораздо более широкий спектр морфологических изменений. Помимо редукции летательных мешков были выявлены такие нарушения пыльцевых зерен как линзовидные, подкововидные, с множественными нарушениями (табл. 2).

Таблица 2.

Палиноморфологические показатели фертильных пыльцевых зерен, продуцируемых генеративными органами *Pinus sylvestris* L., произрастающих в контрольной и опытной зонах г. Симферополя ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Зона	Количество стерильных пыльцевых зерен, шт.					
	с двумя мешками	с одним мешком	без мешков	линзовидные	подкововидные	прочие нарушения
К	$\frac{916}{2,78 \pm 0,10}$	$\frac{86}{0,26 \pm 0,02}$	$\frac{30}{0,10 \pm 0,01}$	$\frac{134}{0,41 \pm 0,04}$	$\frac{140}{0,43 \pm 0,03}$	$\frac{38}{0,11 \pm 0,01}$
С	$\frac{984}{3,64 \pm 0,14}$	$\frac{54}{0,20 \pm 0,02^*}$	$\frac{95}{0,35 \pm 0,03^*}$	$\frac{381}{1,41 \pm 0,09^*}$	$\frac{351}{1,30 \pm 0,09^*}$	$\frac{99}{0,37 \pm 0,03^*}$

Проведенные исследования подтверждают наше предположение о том, что в зоне неблагоприятного воздействия выбросов свалки твердых бытовых отходов увеличивается количество пыльцы с различными морфологическими нарушениями. В контрольной зоне количество пыльцевых зерен с редукцией одного летательного мешка составило 6,4% от общего количества стерильной пыльцы; с отсутствием летательных мешков – 2,2%; линзовидных – 10%; подкововидных пыльцевых зерен – 10,4% и других нарушений – 2,8% соответственно (рис. 4).



Рис. 4. Фенотипические показатели стерильной пыльцы, продуцируемой генеративными органами популяций *Pinus sylvestris* L., произрастающих в контрольной зоне.

В районе городской свалки данные показатели увеличивались. Количество пыльцы с редукцией одного воздушного мешка составило 2,7% от общего количества продуцируемой органами репродукции пыльцы; без воздушных мешков – 4,8%, линзовидных – 19,4%, подкововидных – 17,9% и прочих нарушений – 5% соответственно (рис. 5, 6).

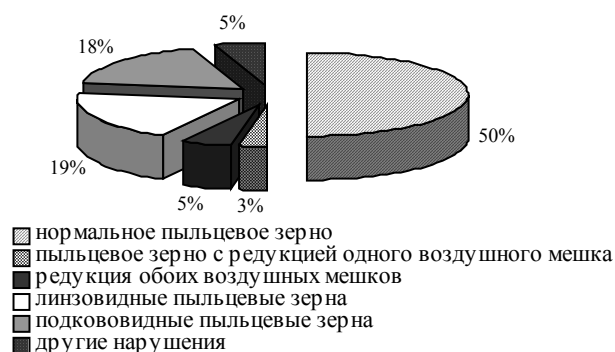


Рис. 5. Фенотипические показатели стерильной пыльцы, продуцируемой генеративными органами популяций *Pinus sylvestris* L., произрастающих в зоне свалки твердых бытовых отходов.

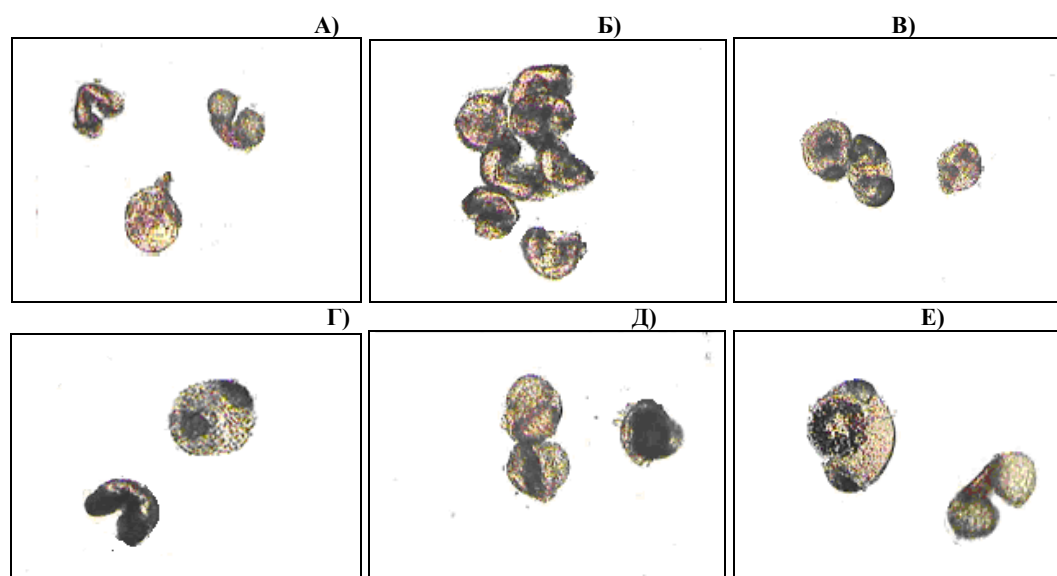


Рис. 6. Различные виды нарушений структуры и формы стерильных пыльцевых зерен *Pinus sylvestris* L., произрастающих в районе свалки твердых бытовых отходов, с различными морфологическими нарушениями (увел. 1.1x16): а) редукция тела и воздушных мешков; б) подкововидная форма; в, г) наросты на экзине; д) линзовидная форма (снизу и справа); е) воротничковая форма с наростами на экзине (множественные нарушения), редукция тела пыльцы (справа).

Количество стерильных пыльцевых зерен, имеющих нормальное морфологическое строение, в опытной зоне увеличивалось в 1,1 раза ($p>0,05$) по сравнению с фоновыми древостоями. Однако количество стерильной пыльцы с редукцией одного летательного мешка уменьшалось в опытном варианте в 1,6 раза ($p<0,001$) по сравнению с контролем; с полной дегенерацией воздушных мешков – увеличивалось в 3,2 раза ($p<0,001$). Аналогичная картина наблюдалась и с пыльцевыми зернами линзовидной формы количество которых увеличивалось в 2,8 раза ($p<0,001$), подкововидной – в 2,5 раза ($p<0,001$), прочие нарушения – в 2,6 раза ($p<0,001$) соответственно. Среди них следует отметить воротничковые формы пыльцы (см. рис.6, е), с редукцией тела пыльцевого зерна (см. рис. 6, а, е).

Следовательно, выбросы городской свалки оказывают модифицирующее действие на фенотип мужского гаметофита сосны обыкновенной, что проявляется в достоверном увеличении пыльцевых зерен с морфологическими нарушениями.

Параллельно с палиноморфологическими исследованиями, было проведено изучение спонтанной и индуцированной стерильности мужского гаметофита *P. sylvestris* L. При подсчете количества абортивной пыльцы все фертильные пыльцевые зерна с различными аномалиями были отнесены к данной категории (табл. 3).

Таблица 3.
Показатели фертильности (Ф) и стерильности (С) пыльцевых зерен *Pinus sylvestris* L., произрастающих в контрольной и опытной зонах

Зона	Общее количество пыльцевых зерен, шт						%	Ф/С
	фертильных			стерильных		абортив- ных		
	нормаль- ные	%	с нару- шениями	нормаль- ные	с нару- шениями			
К	4026	73,1	132	916	428	1476	26,8	2,7
С	3097*	56,7	397*	984	980*	2361*	43,2	1,3

Уровень спонтанной стерильности пыльцы составил 26,8%, однако данный показатель достоверно повышался в популяции сосны обыкновенной, произрастающей в зоне выбросов городской свалки и составлял 43,2% ($p<0,001$). Различия в количестве стерильных пыльцевых зерен контрольной и опытной зон, имеющих нормальное морфологическое строение, было не достоверным ($p>0,05$), однако количество как фертильной, так и стерильной пыльцы достоверно увеличивалось у деревьев опытной зоны – в 3 раза ($p<0,001$) и 2,3 раза ($p<0,001$) по сравнению с фоном. Полученные данные свидетельствуют о том, что выбросы свалки твердых бытовых отходов оказывают неблагоприятное воздействие на формирование нормальной пыльцы, что проявляется в повышенной продукции аномальных пыльцевых зерен. Общее количество абортивной пыльцы (включая стерильную пыльцу с различными нарушениями морфоструктуры) в зоне

воздействия выбросов городской свалки увеличилось, по сравнению с фоновыми древостоями, в 1,6 раза ($p < 0,001$).

Расчет отношения фертильных пыльцевых зерен к стерильным (Ф/С), характеризующего чувствительность репродуктивных органов к аэротехногенному загрязнению дал следующие результаты. Коэффициент чувствительности генеративной системы *P. sylvestris* в опытном варианте уменьшился в 2,1 раза по сравнению с контролем. Полученный результат свидетельствует о том, что генеративная сфера *P. sylvestris* L. довольно толерантна к техногенной нагрузке и может быть рекомендована в качестве зеленых насаждений в урбанизированных экосистемах с повышенным уровнем техногенной нагрузки.

Повышенная продукция аномальной пыльцы может служить биотестом неблагоприятной экологической обстановки.

ВЫВОДЫ

1. Выбросы свалки твердых бытовых отходов оказывают неблагоприятное воздействие на мужские генеративные органы *Pinus sylvestris* L., что проявляется в низком качестве формируемой ими пыльцы.
2. При повышенной антропогенной нагрузке достоверно увеличивается количество аномальной пыльцы и падает ее способность накапливать крахмал.
3. В зоне выбросов городской свалки твердых бытовых отходов достоверно увеличивается частота встречаемости пыльцевых зерен с различными видами нарушений: редукция одного или двух воздушных мешков; наросты на экзине, расположенные над воздушными мешками; линзовидные, подкововидные и воротничковые формы; двойные пыльцевые зерна с внутренней перегородкой.
4. Стерильные пыльцевые зерна *Pinus sylvestris* L. характеризуются более сильным изменением фенотипа, чем фертильные, так как сильные повреждения вызывали элиминацию пыльцы.
5. Репродуктивная система *Pinus sylvestris* L. характеризуется довольно низким коэффициентом чувствительности к аэротехногенному загрязнению, что позволяет отнести ее к группе толерантных к техногенной нагрузке культур.
6. Повышенная продукция аномальной пыльцы *Pinus sylvestris* L. может служить показателем неблагоприятной экологической обстановки.

Список литературы

1. Третьякова И. Н. Половая репродукция и семеношение хвойных в условиях экологического стресса / И. Н. Третьякова // Флора и растит. Сибири и Дал. Востока. : Чтения памяти Л. М. Черепнина : Тез. докл. 2 Рос. конф., [Красноярск, 1996]. [Ч. 2]. – Красноярск, 1996. – С. 356–357.
2. Третьякова И. Н. Качество пыльцы сосны обыкновенной в условиях техногенного загрязнения г. Красноярска: Докл. [2 Всероссийская конференция «Проблемы региональной экологии», посвящённая 100-летию со дня рождения СО РАН акад. М.А. Лаврентьева, Томск, 15-19 мая, 2000] / И. Н. Третьякова, Е. А. Петрова, И. О. Тедер, Н. О. Тедер // Пробл. регион. экол. – 2000. – № 8. – С. 72.
3. Тарбаева В. М. Влияние аэротехногенного загрязнения на развитие семян сосны обыкновенной на ранних стадиях / В. М. Тарбаева // Изв. вузов. Лес. ж. – 1997. – № 5. – С. 103–107.
4. Федоров Л. А. Микроспорогенез сосны при загрязнении среды в Российской Лапландии / Л. А. Федоров // Изв. вузов. Лес. ж. – 1995. – № 1. – С. 47–50.

5. Махнева С.Г. Репродуктивная структура насаждений сосны обыкновенной в условиях техногенного загрязнения среды / С.Г. Махнева // Соц.-экон. и экол. пробл. лес. комплекс : Тез. докл. междунар. науч.-техн. конф., Екатеринбург, [1999]. – Екатеринбург, 1999. – С.63.
6. Хакимов Ф.И. К исследованию трансформации и загрязнения городских почв (методические вопросы) / Ф.И. Хакимов, Н.Ф. Деева, А.А. Ильина // Тез. докл. Междунар. конф. «Пробл. антропог. почвообрз.», Москва, 16-21 июня, 1997. – Т. 3. – М., 1997. – С. 187–190.
7. Koda E. Design aspects of leach ate drainage systems of old sanitary landfills / E. Koda //Ann. Warsaw Agr. Univ. – SGGW. Land Reclam. – 2000. – № 29. – С. 97–106.
8. Шибанов С.Э. Основные экологические проблемы Крыма / С.Э. Шибанов // Матеріали ІІ Міжнародної науково-практичної конференції “Сучасні наукові дослідження – 2006”. – Т. 18. – Екологія. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2006. – С. 24–26.
9. Экология Крыма. Справочное пособие / Под ред. Н.В. Багрова и В.А. Бокова. – Симферополь: Крымское учебно-педагогическое государственное изд-во, 2003. – 360 с.
10. Мельников Н.Н. Органические соединения хлора в окружающей среде / Н.Н. Мельников, С. Р. Белан // Агрохимия. – 1998. – № 10. – С. 83–93.
11. Yadav J. S. Effect of polycyclic aromatic hydrocarbons on somatic chromosomes of cal tar workers / J. S. Yadav, N. Seth // Cytobios. – 1998. – Vol. 93, 374. – С. 165–173.
12. Hartmann A. Comparative biomonitoring study of workers at a waste disposal site using cytogenetic tests and the comet (Single-cell gel) assay / A. Hartmann, H. Fender, G. Speit // Environ. and Mol. Mutagenes. – 1998. – Vol. 32, № 1. – С. 17–24.
13. Ибрагимова Э.Э. Индикация загрязнения среды автотранспортными выбросами по их гаметоцидному действию на растения / Э.Э. Ибрагимова // ІІ Міжн. наук.-практ. конф. “Сучасні наукові дослідження – 2006”, Дніпропетровськ. – 2006. – С. 45–48.
14. Ибрагимова Э.Э. Палиноморфологическая оценка техногенного химического загрязнения среды на примере пыльцы *Armeniaca vulgaris* / Э.Э. Ибрагимова // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана. – Вып. 17. – 2007. – С. 211–217.
15. Ибрагимова Э.Э. Репродуктивные процессы у дикорастущих растений в нарушенных городских экосистемах / Э.Э. Ибрагимова // Культура народов Причерноморья – 2005. – № 67. – С. 17–20.
16. Ибрагимова Э.Э., Пыльца *Pinus sylvestris* L. как показатель неблагоприятной экологической обстановки / Э.Э. Ибрагимова, Д.Э. Эмирова // І Міжн. наук.-практ. конф. “Передові наукові розробки – 2006”. Том 6. – Д.: Наука і освіта, 2006. – С. 43–47.
17. Практикум по анатомии растений: Учеб. пособие. / [Барыкина Р.П., Кострикова Л.Н., Кочемарова И.П. и др.]; под ред. Д. А. Транковского – М. : Высш. школа, 1979. – 224 с.
18. Хржановский В.Г. Основы ботаники с практикумом / Владимир Геннадиевич Хржановский. – М. : Высшая школа, 1969. – 576 с.
19. Хржановский В.Г. Практикум по курсу общей биологии : [Учеб. пособие] / В.Г. Хржановский, С.Ф. Пономаренко. – М. : Высш. школа, 1979. – 422 с.
20. Шостаковский С.А. Систематика высших растений / Сергей Антонович Шостаковский. – М. : Высшая школа, 1971. – 352 с.
21. Практический курс систематики растений : [Учеб. пособие] / Т.Н. Гордеева, И.Н. Дроздова, Ю.К. Круберг, В.В. Письякуова – М. : Просвещение, 1986. – 224 с.
22. Kurmann M.H. Palynological evidence of conifer evolution / M.H. Kurmann // 15th Int. Bot. Congr., Yokogama, Aug. 28-Sept. 3, 1993 : Abstr. – Yokogama, 1993. – P. 30.
23. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений / Паушева Зоя Петровна. – М. : Колос, 1980. – 304 с. – (Учебники и учебные пособия для высших сельскохозяйственных учебных заведений).
24. Плохинский Н. А. Биометрия / Плохинский Н. А. – М. : МГУ, 1970. – 367 с.
25. Коба В.П. Исследование некоторых особенностей морфогенеза и прорастания пыльцы *Pinus pallasiana* D. Don. / В.П. Коба // Цитология и генетика. – 2004. – № 3. – С. 38–45.

Ібрагімова Е.Е. Індикація забруднення навколишнього середовища в урбанізованих екосистемах з використанням пилка *Pinus sylvestris* L. / Е.Е. Ібрагімова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 54-65.

Досліджувалася чоловіча генеративна система популяцій *Pinus sylvestris* L., що ростуть у районі смітника твердих побутових відходів. Встановлено, що викиди смітника твердих побутових відходів впливають на генеративні органи *Pinus sylvestris* L., що проявляється в низькій якості формованої ними пилки.

Ключові слова: *Pinus sylvestris* L., популяція, пилок, звалище, стерильність, фертильність.

Ibragimova E. E. Indication of pollution of an environment in urboecosystems with use of pollen *Pinus sylvestris* L. / E.E. Ibragimova // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 54-65.

Was investigated man's generative systems of populations *Pinus sylvestris* L., which are grow in area of a household dump firm. Also was established that the emissions of a household dump firm render bad influence on generative bodies *Pinus sylvestris* L., shown in poor quality of pollen, formed by them.

Keywords: *Pinus sylvestris* L., population, pollen, household, sterility, fertility.

Поступила в редакцию 24.11.2009 г.

УДК 616.88

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ КРАТКОСРОЧНОЙ ПАМЯТИ У ДЕТЕЙ

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

¹*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина,
e-mail:timur@crimea.edu*

²*РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», Симферополь, Украина*

Выявлено прогрессирующее развитие элементов цифровой, образной и словесно-логической видов оперативной памяти детей возрастом 3-х 4-х и 6-ти лет.

Ключевые слова: оперативная память, динамика, обучение, вербальная информация.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно современным представлениям биологическая память- это фундаментальное свойство нейронных сетей. Субстратом памяти, как высшей психической функции, является работа мозга [1].

Исследование памяти в настоящее время приобретает большое значение в связи с проблемами инженерной психологии, задачами создания технических устройств, моделирующих деятельность человека. Различным аспектам процессов обучения и памяти посвящен целый ряд обстоятельных монографий, сборников, обзоров [2 – 5]. Однако в последние годы проблема накопления информации (научения) и ее хранения (памяти) в нервной системе изучалась значительно интенсивнее вопросов ее воспроизведения (вспоминания).

Процессы обучения и памяти составляют основное содержание интегративной деятельности головного мозга. Изучение работы коры больших полушарий у детей, проводившееся учениками И.П. Павлова, позволили обнаружить главные механизмы образования временных связей у ребенка под влиянием условий жизни и воспитания, выяснить особенности некоторых возрастных изменений высшей нервной деятельности. Интенсивные исследования молекулярных основ памяти и обучения значительно дополнили существующие по этому поводу представления [6, 7]. Развитие памяти у детей, в конечном итоге, создает предпосылки более высокой умственной активности, обеспечивающей жизнедеятельность человека в различных изменяющихся условиях современной жизни, быта, творческое долголетие.

Большинство специализированных тестовых обследований памяти проводилось посредством поперечных срезов с участием взрослых испытуемых. Поэтому применение генетического принципа в форме продольного исследования открывает широкие возможности для выявления динамики и условий развития памяти у детей,

создает необходимые предпосылки для решения узловых дидактических задач дошкольного и школьного обучения.

Недостаточная изученность этой проблемы является весомой основой для проявления интереса со стороны педагогов, воспитателей и родителей к типу памяти у детей.

В связи со сказанным, целью данной работы явилось исследование развития краткосрочной памяти у детей 3-4-х и 6-ти лет.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях приняли участие 28 девочек 3-х, 4-х и 6-ти лет, условно здоровые. Для оценки краткосрочной (оперативной) памяти у детей использовались следующие методики [8]:

1. Метод заучивания последовательности (два варианта)
2. Метод заучивания – воспроизведения списка
3. Метод – тест на узнавание (вынужденного выбора)
4. Метод свободного припоминания

Статистическая обработка и анализ полученных экспериментальных данных осуществлялась с помощью стандартных пакетов компьютерных программ “Statistica-5”. Достоверность наблюдаемых изменений оценивали с помощью парного критерия Вилкоксона (W) и углового преобразования Фишера (φ).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В первом варианте выяснялись состояние оперативной памяти на последовательность и объем цифрового материала после однократного речевого предъявления экспериментатором и последующим повторением их детьми. Данные наблюдений приведены в табл. 1.

Во втором варианте исследовалось состояние оперативной памяти у детей на последовательность и количество цифр при однократном речевом предъявлении с введением интерферирующей деятельности. В течение 1 минуты после получения им информации, дети не отвлекались («пустая пауза») или отвлекались посторонними разговорами. Результаты этих исследований приведены в табл. 2.

Таблица 1.
Возрастные изменения оперативной памяти на количество цифр после однократного их предъявления детям ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Показания	Возраст		
	3 года	4 года	6 лет
Процент воспроизведения цифр	27,6±2,3	46,2±2,2**	62,7±2,8**
Объем памяти	1,6±0,1	2,5±0,1*	4,4±0,2*

Примечание: *- достоверность различий между исследуемыми группами детей 3-х, 4-х и 6-ти лет при $p < 0,01$ по критерию Вилкоксона;

** - достоверность различий между исследуемыми группами детей 3-х, 4-х и 6-ти лет при $p \leq 0,05$ по угловому преобразованию Фишера.

Таблица 2.

Возрастные изменения оперативной памяти у детей на количество цифр через 1 минуту после предъявления информации в условиях не отвлечения и отвлечения посторонними разговорами ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Возр.	% воспр.	Объем памяти	Воспроизведение информации через 1 минуту			
			Без отвлечения		С отвлечением	
			% воспр.	Объем памяти	% воспр.	Объем памяти
3 года	24,2±3,2	1,8±0,3	10,3±2,2**	0,8±0,2*	6,5±2,9**	0,5±0,2*
4 года	32,8±4,2	2,7±0,3	23,0±2,0**	1,8±0,2*	10,8±2,2**	0,8±0,22*
6 лет	57,7±4,9	4,3±0,3	44,0±2,7**	3,5±0,2*	27,3±3,9**	2,3±0,2*

Примечание: *- достоверность различий между исследуемыми группами детей 3-х, 4-х и 6-ти лет при $p < 0,05$ по критерию Вилкоксона;

** - достоверность различий между исследуемыми группами детей 3-х, 4-х и 6-ти лет при $p \leq 0,05$ по угловому преобразованию Фишера.

Из полученных данных видно, что у исследуемой группы детей сразу же после речевого предъявления цифровой информации объем оперативной памяти остается на том же уровне, что и в первом варианте наблюдений. Далее было показано, что через 1 минуту после предъявления цифрового материала, в течение которой внимание детей ничем не отвлекалось, цифровая информация достоверно уменьшилась. Эффективность запоминания через 1 минуту, в течение которой внимание детей отвлекалось разговорами, значительно сократилось по сравнению с результатами предыдущих наблюдений. Так, в 3 года ребенок может воспроизвести после отвлечения приблизительно 6,5±2,9%, в 4 года – 10,8±2,2% ($p \leq 0,05$) и в 6 лет – 27,3±3,9% ($p \leq 0,05$) информации.

Проведенные исследования выявили, что существенное значение при запоминании имеет место элемента в ряду, т.е. действует «фактор края». Как видно, в первую очередь запоминаются первые и последние элементы, а затем, стоящие посередине ряда. Посторонняя деятельность, предложенная детям сразу же после предъявления цифрового материала, как бы «стирает» предшествующие следы. Этим объясняется резкое ухудшение последующего воспроизведения цифр. Полученные данные свидетельствуют о том, что оперативная память на цифровой материал в детском возрасте развивается не сразу, а постепенно, причем с возрастом объем памяти прогрессивно возрастает.

При исследовании динамики оперативной памяти на заучивание списка было отмечено статистически значимое увеличение эффективности воспроизведения в среднем на 40% (43,3±2,1% в 3 года и 86,7±2,1% ($p \leq 0,05$) в 6 лет), что свидетельствует об улучшении этого вида памяти с возрастом. Одновременно отмечено возрастание способности удержания следов памяти на речевые сигналы, что вытекает из данных воспроизведения через час после предъявления списка слов (табл. 3).

Результаты исследования оперативной памяти методом теста на узнавание геометрических фигур приведены в табл. 4. Количество фигур, названных

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ КРАТКОСРОЧНОЙ ПАМЯТИ У ДЕТЕЙ

правильно, достоверно возрастает от 3-х до 6-ти лет ($20,2 \pm 3,4\%$ и $71,5 \pm 2,5\%$ соответственно). Невербальное визуальное запоминание и опознание, требующие для выполнения этого задания, отражают действия естественного генетического фактора в процессах памяти. Узнавание – появление чувства знакомости при повторном восприятии (благодаря наличию слабого, минимального следа, который остался в коре головного мозга после предыдущего восприятия).

Таблица 3.
Возрастные различия оперативной памяти детей при заучивании
списка из 10 слов ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Возраст	Процент воспроизведения слов после 5-ти кратного повторения	Процент воспроизведения слов через 1 час после 5-ти кратного повторения
3 года	$43,3 \pm 2,1$	$8,3 \pm 1,7$
4 года	$65,7 \pm 2,1^*$	$25,0 \pm 2,2^*$
6 лет	$86,7 \pm 2,1^*$	$38,3 \pm 3,1^*$

Примечание: *- достоверность различий между исследуемыми группами детей 3-х, 4-х и 6-ти лет при $p \leq 0,05$ по угловому преобразованию Фишера.

Таблица 4.
Возрастные изменения оперативной памяти у детей на узнавание
геометрических фигур ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Возраст	Кол-во правильно узнанных фигур	Процент правильно узнанных фигур	Кол-во ошибок	Процент ошибок
3 года	$2,2 \pm 0,3$	$20,2 \pm 3,4$	$1,7 \pm 0,2$	$18,5 \pm 2,3$
4 года	$3,9 \pm 0,3^*$	$31,5 \pm 3,8^{**}$	$1,3 \pm 0,2^*$	$16,5 \pm 2,5^{**}$
6 лет	$6,2 \pm 0,2^*$	$71,5 \pm 2,5^{**}$	$0,8 \pm 0,3^*$	$9,2 \pm 3,4^{**}$

Примечание: *- достоверность различий между исследуемыми группами детей 3-х, 4-х и 6-ти лет при $p < 0,05$ по критерию Вилкоксона;

** - достоверность различий между исследуемыми группами детей 3-х, 4-х и 6-ти лет при $p \leq 0,05$ по угловому преобразованию Фишера

Результаты исследования оперативной памяти методом свободного припоминания рисунков и классификация их по группам представлены в табл. 5. Данные свидетельствуют о том, что оперативная память на рисунки с изображением разных по значению предметов возрастает с возрастом. При этом объем памяти на изображение предметов (рисунков) выше, чем на цифровой материал ($8,2 \pm 0,3\%$ и $4,3 \pm 0,3\%$ соответственно $p \leq 0,05$). Улучшается аналитико-синтетическая способность классификации предметов по сходным признакам [9].

В результате исследований было зарегистрировано прогрессивное увеличение памяти на цифровой материал, фигуры, рисунки, слова в процессе развития ребенка от 3-х до 6-ти лет. Эта закономерность является общей при всех условиях отражательной деятельности мозга детей. В целом из полученных результатов следует, что уровень объема оперативной памяти увеличивается в изучаемой группе детей, но, вместе с тем еще значимо меньше у детей 3- и 4-х лет ($29,8\%$ и $41,1\%$ соответственно), по сравнению

с детьми 6-ти лет (72,5%). Полученные данные свидетельствуют о том, что у детей 3-х лет объем памяти в среднем от 2 до 5 элементов, в 4 года он незначительно повышается до 3-6 элементов. В 6 лет объем памяти достигает 5-8 элементов, то есть, равен объему оперативной памяти взрослого человека.

Таблица 5.

Возрастные изменения оперативной памяти у детей на свободное припоминание рисунков и классификацию их по сходным признакам ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Возраст	Количество воспроизведенных рисунков	Процент воспроизведения
3 года	4,5±0,2	29,5±1,6
4 года	6,3±0,4*	47,3±3,6**
6 лет	8,2±0,3*	74,1±2,0**

Примечание: *- достоверность различий между исследуемыми группами детей 3-х, 4-х и 6-ти лет при $p < 0,05$ по критерию Вилкоксона;

** - достоверность различий между исследуемыми группами детей 3-х, 4-х и 6-ти лет при $p \leq 0,05$ по угловому преобразованию Фишера

Вместе с тем имеются возрастные и индивидуальные особенности оперативной памяти по отношению к исследуемому материалу. Постепенное повышение объема оперативной памяти, по мере взросления, обусловлено развитием механизмов селективного внимания (избирательности). Так, с возрастом развивается способность к категоризации, которая отражает умение быстро выделять существенную информацию, не обращая внимание на отвлечение, то есть несущественную или избыточную информацию. У младших детей (3-4-х лет) механизмы ранней селекции еще слабо сформированы. В связи с этим, для них характерны слабая концентрация внимания, недостаточное выделение релевантной (значимой) информации, отвлекаемость [10].

Психофизиологический анализ оперативной памяти детей 3-6 лет указывает на различные физиологические механизмы реализации. Обнаружили, что структура невербального запоминания геометрических фигур была сходна как в старшей, так и в младшей группах. В отличие от этого, качественный анализ задания с рисунками, дал совершенно другие результаты. Большинство детей 3-х лет запоминали картинки также непосредственно, как они запоминали геометрические фигуры или устно предъявляемые слова. Они не умели использовать вспомогательные стимулы для установления логической связи между группами картинок, подлежащими запоминанию. У детей 6-ти лет процесс запоминания качественно изменялся, и путь установления прямого сходства между общим признаком группы и картинкой заменился запоминанием при помощи установления между ними логических связей. Следовательно, эффективность работы оперативной памяти ребенка в большей степени зависит от конкретности значения слова или изображения, чем от абстрактного значения цифр и геометрических фигур. Образная представимость и конкретность влияют на удержание в памяти вербальной информации. Высокие показатели оперативной памяти у детей 6-ти лет соответствуют способности быстро выполнять когнитивную задачу и, следовательно, более высокому уровню развития произвольной (активной) оперативной памяти. В то время как у детей 3-4-х лет запоминание

непроизвольное, не требующее определенных волевых усилий. Дети 3-х лет не в состоянии запоминать по указанию то или иное содержание, избирательно задерживать одни и отбрасывать другие образы, запечатлеваемые в памяти. Так же еще очень слабо развита в этом возрасте возможность логического запоминания. Способность кодирования поступающей информации и использования специальных методов запоминания развивается значительно позже – в школьном возрасте.

ВЫВОДЫ

1. Установлено увеличение продуктивности оперативной памяти от 29,8% для детей 3-х лет до 72,5% в 6 лет.
2. Выявлена положительная динамика всех изучаемых видов оперативной памяти у детей 3-х, 4-х и 6 лет (2-4; 3-5 и 5-8 условных единиц соответственно), что в целом соответствует возрастным нормам.
3. Продуктивность образной и словесной оперативной памяти у детей 3-х, 4-х и 6-ти лет (31%; 45,2% и 74,4% соответственно) значительно выше, чем цифровой (24,2%; 32,8% и 57,7%).

Список литературы

1. Лурия А.Р. Функциональная организация мозга / А.Р. Лурия // Естественные-научные основы психологии. – М.: Педагогика, 1978. – С. 57–82.
2. Выготский Л.С. Развитие высших психических функций / Выготский Л.С. – М.: Педагогика, 1960. – 468 с.
3. Лурия А.Р. Нейропсихология памяти / Лурия А.Р. – М.: МГУ, 1976. – Т. 2. – 458 с.
4. Рубинштейн С.Л. Основы общей психологии / Рубинштейн С.Л. – СПб.: Питер, 2002. – 512 с.
5. Соколов Е.Н. Психофизиология памяти / Соколов Е.Н. – М.: МГУ, 1974. – 211 с.
6. Анохин К.В. Молекулярные сценарии консолидации долговременной памяти / К.В. Анохин // ЖВНД. – 1997. – Т. 47, № 2. – С. 261–279.
7. Греченко Т.Н. Нейрофизиология памяти и обучения / Т.Н. Греченко // Механизмы памяти. – Л: Наука, 1987. – С. 132–171.
8. Ахмеджанов Э.Р. Психологические тесты / Ахмеджанов Э.Р. – М.: Лист, 1996. – 306с.
9. Смирнов В.М. Особенности физиологии детей / Смирнов В.М. – М., 1993. – 300 с.
10. Фарбер Д.А. Мозговая организация когнитивных процессов в дошкольном возрасте / Д.А. Фарбер, Н.В. Дубровинская // Физиология человека. – 1997. – Т.23,-№2. – С. 13–18.

Кіріллова А.В. Дослідження розвитку короткочасної пам'яті у дітей / А.В. Кіріллова, С.А. Панова, Л.Д. Лесова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 66-71.

Встановлено закономірно прогресуючий розвиток елементів цифровою, образною і словесно-логічною видів.

Ключові слова: оперативна пам'ять, динаміка, вчення, вербальна інформація.

Kirillova A.V. The research of development of short-term memory in the children / A.V. Kirillova, S.A. Panova, L.D. Lesova // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 66-71.

It has been proved progress development of elements of digital, vivid and verbal-logical types of short-term memory in the studied group of children.

Keywords: main memory, dynamics, teaching, verbal information.

Поступила в редакцію 06.12.2009 г.

УДК 612.822:547.918

ВЛИЯНИЕ ТРЕВОЖНОСТИ НА ВОСПРИЯТИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ СТИМУЛОВ У ЧЕЛОВЕКА

Коваленко А.А.

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

При восприятии эмоционально положительных, отрицательных и нейтральных стимулов у 82 здоровых испытуемых выявлены связи характеристик зрительных вызванных потенциалов (ВП) с уровнем тревожности, оцененной по 16-факторной шкале Кеттелла. В ответ на аффективные стимулы (как положительные, так и отрицательные) тревожные испытуемые демонстрировали более короткие латентности компонента P3 и сдвиг амплитуды N2 в позитивную сторону. Для эмоционально-положительных стимулов отмечены положительные связи тревожности с амплитудой волны N1 и отрицательные – с амплитудой P3. При восприятии нейтральных стимулов связи тревожности с амплитудами всех позитивных компонентов были отрицательными.

Ключевые слова: эмоции, тревожность, зрительные вызванные потенциалы, амплитуда компонента, латентный период.

ВВЕДЕНИЕ

Тревожность у человека является комплексным феноменом и характеризуется специфическими когнитивными, аффективными и соматическими реакциями на уровне целостной личности в зависимости от степени выраженности в индивидуальном эмоциональном пространстве объективных и субъективных источников угрозы [1 – 3]. Поиск нейрофизиологических коррелятов тревожности у здоровой популяции имеет важное значение для дифференциальной психофизиологии и профилактической медицины [4]. Многочисленные литературные данные свидетельствуют о выраженном влиянии фактора тревожности на обработку эмоциональной информации, причём наиболее характерным признаком считается избирательное усиление внимания к отрицательным эмоциональным стимулам, несущим потенциальную угрозу [2, 5].

Метод регистрации вызванных потенциалов является одним из наиболее эффективных способов анализа корковой активности, поскольку позволяет отображать динамику активности мозга человека с разрешающей способностью миллисекундного диапазона [6]. Тем не менее, в настоящее время в мировой литературе представлены лишь немногочисленные результаты ВП-исследований влияния фактора тревожности на особенности восприятия эмоциональной информации, причём в большинстве этих исследований вызванная активность регистрировалась у испытуемых при опознании

ими лицевой экспрессии различных эмоций. В целом данные этих работ свидетельствуют о склонности тревожных субъектов к более быстрому и точному опознанию экспрессии отрицательных эмоций страха, гнева и отвращения, сигнализирующих о потенциальной опасности, что сопровождается увеличением амплитуд компонентов P1 [7], снижением амплитуд компонента N2 [8], а также укорочением латентностей как ранних, так и более поздних компонентов ВП [9]. Однако использование в качестве стимулов изображений лиц, являющихся чрезвычайно специализированными стимулами, могло влиять на пространственные и амплитудно-временные характеристики ВП [10].

Учитывая вышеизложенное, настоящая работа была предпринята с целью анализа связи фактора тревожности с амплитудно-временными и топографическими характеристиками вызванных потенциалов при восприятии эмоционально значимых зрительных стимулов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проведено с участием 82 испытуемых-правшей (32 юношей и 50 девушек) в возрасте 18-25 лет. Методика регистрации ВП и особенности использованных стимулов подробно описаны в нашей предыдущей работе [11].

Для оценки психологических свойств испытуемых использовали многофакторную тест-систему Кеттелла [12], которая позволяет выделить 16 первичных и 4 вторичных фактора, характеризующих устойчивые особенности личности и её поведение в социуме. Тревожность оценивали согласно выраженности первичного фактора О – «спокойствие/тревожность». Данный фактор отражает беспокойную тревожность и чувство вины. Статистический анализ проводили с помощью непараметрического критерия ранговой корреляции Спирмена.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Корреляционный анализ выявил положительную связь выраженности фактора тревожности с амплитудой компонента N2 на эмоционально отрицательные стимулы в центральных областях коры (C3: $r = 0.27, p < 0.05$; Cz: $r = 0.22, p < 0.05$). Для латентного периода компонента P3 также была характерна отрицательная связь с уровнем тревожности в теменных (отведения P3, P4 и Pz) областях и правой височной (T4) области коры, при этом значения коэффициентов корреляции были в пределах $r = -0.23$ при уровне статистической достоверности связей $p < 0.05$ (рис. 1). Таким образом, индивиды с более высоким уровнем тревожности демонстрируют более ранние ответы компонента P3 в ответ на эмоционально отрицательные стимулы.

При анализе связей фактора тревожности с характеристиками ВП на эмоционально положительные стимулы, были отмечены положительные корреляции уровня тревожности с амплитудой компонента N1 в лобных областях коры (F3: $r = 0.29, p < 0.01$; Fz: $r = 0.24, p < 0.05$), однако в теменной области правого полушария связь была отрицательной (P4: $r = -0.23, p < 0.05$). Для амплитуды компонента N2, отводимого от центральных областей, были получены положительные корреляции (C4: $r = 0.25, p < 0.05$; Cz: $r = 0.22, p < 0.05$), т.е

бóльшие значения амплитуды N2 были связаны с более высоким уровнем тревожности (рис. 2).

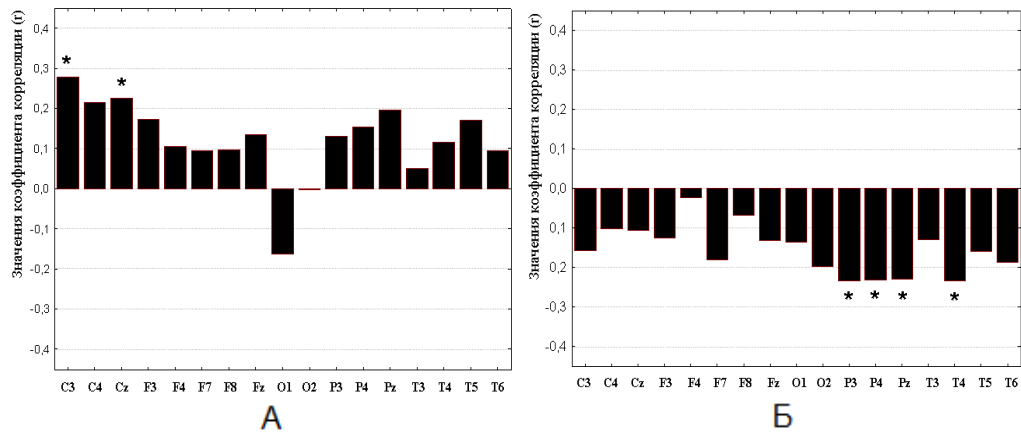


Рис. 1. Значения коэффициентов корреляции (r) уровня тревожности с величинами амплитуд компонента N2 (А) и латентных периодов компонента P3 (Б) вызванных потенциалов, зарегистрированных в ответ предъявление эмоционально отрицательных стимулов. Звездочками отмечены коэффициенты корреляции, значимые при * – $p < 0,05$

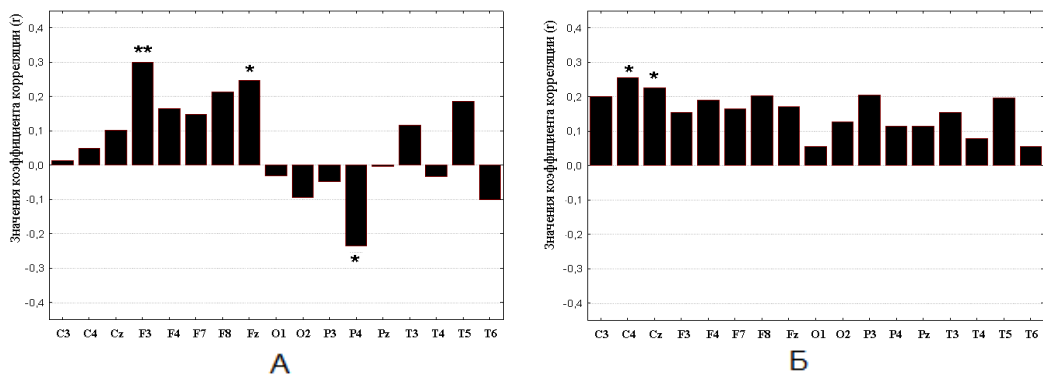


Рис. 2. Значения коэффициентов корреляции (r) уровня тревожности с величинами амплитуд компонентов N1 (А) и N2 (Б) вызванных потенциалов, зарегистрированных в ответ предъявление эмоционально положительных стимулов. Звездочками отмечены коэффициенты корреляции, значимые при: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$.

При анализе связей уровня тревожности с характеристиками ВП на нейтральные стимулы, нами были отмечены отрицательные корреляции уровня тревожности (значения фактора «О») с амплитудой раннего позитивного компонента P1 в центральных областях (C3: $r = -0.22$, $p < 0.05$; C4: $r = -0.3$, $p < 0.05$ и Cz: $r = -0.42$, $p < 0.001$), лобных (F4 и F7: $r = -0.25$, $p < 0.05$), теменных (P4: $r = -0.37$, $p < 0.001$; Pz: $r = -0.32$, $p < 0.01$) и височных областях левого полушария (T3 и T5: $r = -0.29$, $p < 0.05$) (рис. 3).

ВЛИЯНИЕ ТРЕВОЖНОСТИ НА ВОСПРИЯТИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНО

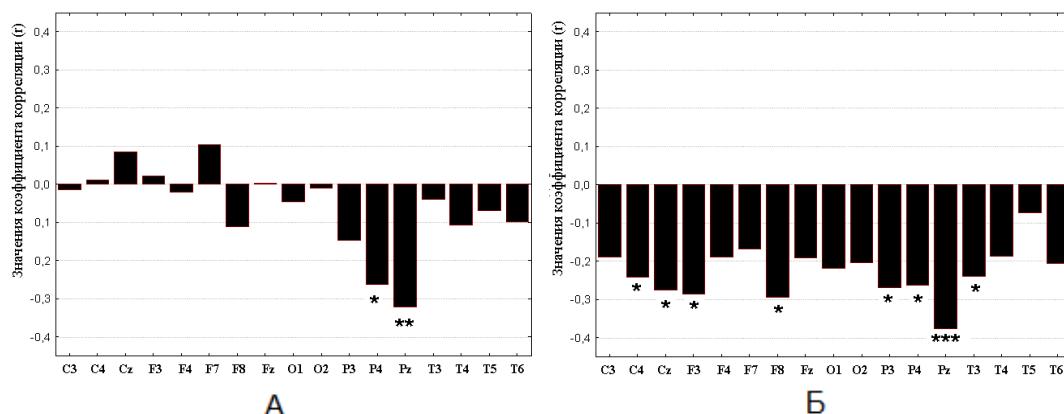


Рис. 3. Значения коэффициентов корреляции (r) уровня тревожности с величинами амплитуд (А) и латентных периодов (Б) компонента Р3 вызванных потенциалов, зарегистрированных в ответ на предъявление эмоционально положительных стимулов. Звездочками отмечены коэффициенты корреляции, значимые при: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

Отрицательные корреляции с уровнем тревожности были характерны также для амплитуды компонента Р2 в теменной области правого полушария (Р4: $r = -0.26$, $p < 0.05$) (рис 4), и амплитуды компонента Р3 в теменных областях (Р4: $r = -0.3$, $p < 0.01$ и Рz: $r = -0.22$, $p < 0.05$) (рис. 4).

Как видно из представленных результатов, тревожность положительно связана с амплитудой компонента N2 при восприятии как отрицательных, так и положительных эмоциональных стимулов. Необходимо отметить, что компонент N2 является негативным отклонением, поэтому положительная корреляция его амплитуды с фактором тревожности фактически свидетельствует о позитивном сдвиге исследуемого компонента, т.е. об уменьшении амплитуды пика N2 у более тревожных испытуемых при восприятии эмоциогенных стимулов. Считается, что развитие волны N2, от момента возникновения которой начинается этап опознания стимула [13], связано с активностью механизмов селекции информации; чем более развито селективное внимание, тем меньше амплитуда данной волны [14, 15]. Есть сведения о том, что у высокотревожных индивидуумов компонент N2 вызванных потенциалов, развивающихся при предъявлении эмоционально отрицательных угрожающих стимулов, был существенно редуцирован, что связывается авторами с более эффективной деятельностью внимания [8]. Можно предположить, что наблюдаемые положительные корреляции амплитуды N2 с фактором тревожности указывают на усиление активности механизмов сканирования окружающей среды с целью выделения значимой информации. Обнаруженный феномен соответствует данным экспериментальных психологических исследований, указывающим на эффекты детального мониторингирования тревожными индивидуумами не только угрожающих, но и безопасных сигналов с целью возможного совладания с угрозой [2].

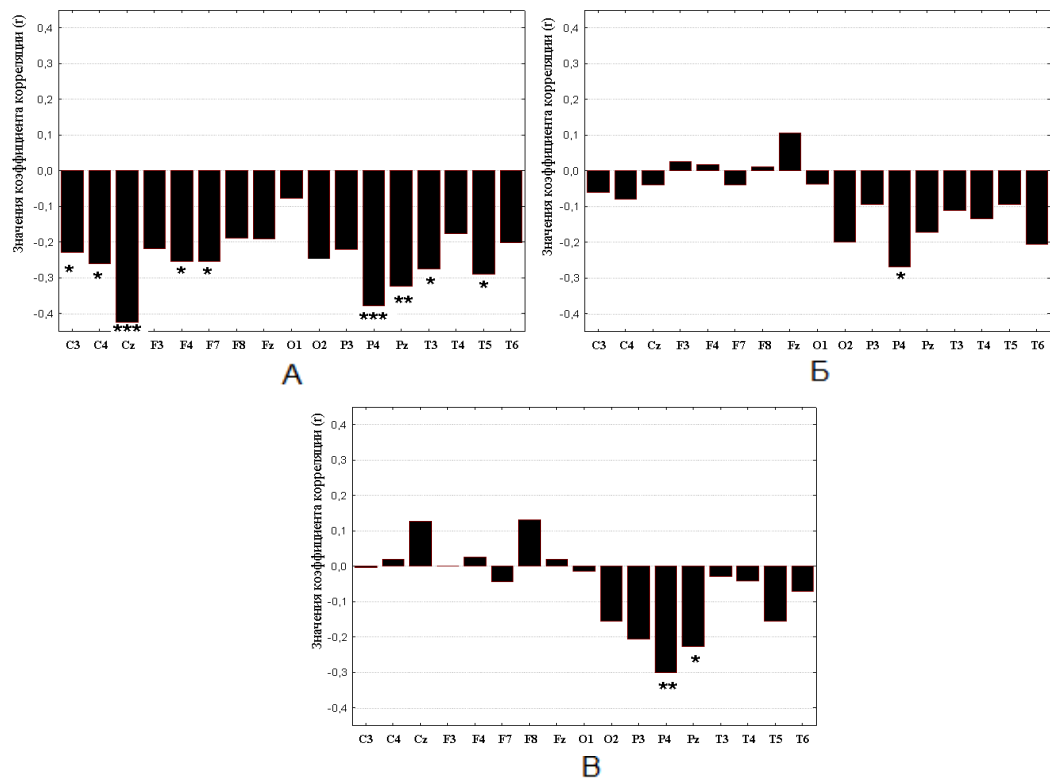


Рис. 4. Значения коэффициентов корреляции (r) показателя «неуверенность в себе» с величинами амплитуд компонентов P1 (А), P2 (Б) и P3 (В) вызванных потенциалов, зарегистрированных в ответ предъявление нейтральных стимулов. Звездочками отмечены коэффициенты корреляции, значимые при: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$.

При восприятии аффективных стимулов обеих валентностей также были отмечены отрицательные корреляционные связи тревожности с величиной латентных периодов компонента P3. Согласно литературным данным, компонент P3 соответствует окончательному звену информационной обработки [16] и связан с оценкой значимости стимула и корректировкой имеющихся в памяти данных в соответствии с полученными новыми данными [17,18]. P3 связывают также с механизмами принятия решения на основе сравнения сигнала с моделью стимула, имеющейся в памяти [19].

Отрицательные корреляции латентного периода P3 с тревожностью на аффективные стимулы в теменно-височных областях коры с большим вкладом правого полушария могут отражать более интенсивный анализ тревожными индивидуумами аффективной значимости стимула, сопровождающийся активацией процессов доступа и извлечения из памяти информации, связанной с предыдущим эмоциональным опытом. Топографическое распределение полученных корреляций согласуется с литературными данными, которые связывают степень, интенсивность эмоционального переживания безотносительно к его знаку с активностью теменно-височных отделов

правого полушария [20]. Недавние исследования восприятия эмоциональных стимулов с использованием технологии вызванной синхронизации/десинхронизации [21] и ВП [22] подтвердили ведущую роль теменно-височно-затылочных областей коры правого полушария в механизмах мотивационного внимания и раннего (в интервале 100-300мс от момента предъявления) опознания эмоциональности стимула. Укорочение латентности волны Р3 у тревожных испытуемых может быть связано с высоким уровнем неспецифической активации, тем более, что хорошо известна её положительная связь с уровнем тревожности [23], а также имеются сведения о вовлечении указанных областей в процессы тревожной и неспецифической эмоциональной активации [24].

Наряду с общими закономерностями восприятия аффективных стимулов были отмечены и специфические корреляционные зависимости уровня тревожности с характеристиками ВП при предъявлении эмоционально положительных стимулов. Так, амплитуда N1 была положительно связана с фактором тревожности в лобных областях, что позволяет сделать заключение о большей степени позитивации негативных компонентов у тревожных испытуемых. В тоже время большая тревожность оказалась связана с меньшими величинами амплитуд компонента Р3 практически во всех областях коры. Показано, что амплитуда Р3 зависит от субъективной ценности и мотивационной значимости стимулов [25]. Очевидно, положительные эмоциональные стимулы не имели высокой значимости для тревожных субъектов. Кроме того, в литературе имеются указания на то, что у тревожных испытуемых зарегистрирована достоверно более низкая амплитуда Р3 по сравнению с нетревожными [26]. Вполне вероятно, также, что этот феномен был обусловлен особенностями экспериментальной процедуры и использованных стимулов. Структура исследования, основанного на использовании сигналов со статическим эмоциональным содержанием и предъявляемых в режиме «пассивного» просмотра с целью усиления собственно эмоционального компонента анализа, не подразумевала сопутствующих заданий (немедленная реакция на стимул, оценка сигнала в момент предъявления, отслеживание тестового сигнала и пр.), требующих дополнительного подключения механизмов внешнего внимания, ассоциированных с увеличением амплитуды компонента Р3 [27].

При восприятии эмоционально нейтральных стимулов отмечались отрицательные связи значений амплитуд всех положительных компонентов вызванных потенциалов (Р1, Р2 и Р3) с тревожностью. Этот факт может рассматриваться как следствие более глубокой обработки стимулов, не несущих эмоциональной значимости, спокойными, нетревожными субъектами, особенно на самых ранних этапах восприятия (во временном диапазоне 80-130 мс после предъявления стимула). В пользу этого предположения свидетельствует достоверно более низкая амплитуда компонента Р1, зарегистрированная у тревожных испытуемых практически во всех областях коры.

ВЫВОДЫ

1. Показано, что характеристики вызванных потенциалов коры мозга человека при восприятии эмоционально значимых сигналов достоверно связаны с уровнем тревожности.
2. При восприятии аффективных (положительных и отрицательных) зрительных стимулов уровень тревожности положительно коррелировал с амплитудой волны N2 и отрицательно – с латентным периодом компонента P3, указывая на усиление внимания тревожных индивидуумов к сигналам, несущим эмоциональную значимость, и более быструю их обработку.
3. При восприятии эмоционально положительных стимулов тревожность была специфично связана с амплитудой волны N1 положительно, а с амплитудой волны P3 – отрицательно.
4. В ответ на нейтральные стимулы были выявлены отрицательные корреляции уровня тревожности с амплитудами позитивных компонентов P1, P2 и P3.
5. Наибольшее количество значимых корреляций отмечалось в теменно-височных областях правого полушария, играющих ведущую роль в механизмах раннего опознания эмоциональности стимула и вовлечённых в процессы тревожной и неспецифической эмоциональной активации.

Список литературы

1. Derryberry D. Anxiety-related attentional biases and their regulation by attentional control / D. Derryberry, M.A. Reed // *J. Abnorm. Psychol.* – 2002. – V. 111, № 2. – P. 225–236.
2. Heller W. Patterns of regional brain activity differentiate types of anxiety / W. Heller, J.B. Nitschke, M.A. Etienne [et al.] // *J. Abnorm. Psychol.* – 1997. – V. 106. – P. 376–385.
3. McNally R.J. Information-processing abnormalities in anxiety disorders: implications for cognitive neuroscience / R.J. McNally // *Cognit. Emot.* – 1998. – V. 12. – P. 479–495.
4. Shankman S.A. The relation between depression and anxiety: an evaluation of the tripartite, approach-withdrawal and valence-arousal models / S.A. Shankman, D.N. Klein // *Clin. Psychol. Rev.* – 2003. – V. 23. – P. 605–637.
5. Byrne A. Trait anxiety, anxious mood, and threat detection / A. Byrne, M.W. Eysenck // *Cognit. and Emotion.* – 1995. – V. 9. – P. 549–562.
6. 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.
7. Mueller E.M. Electrophysiological evidence of attentional biases in social anxiety disorder / E.M. Mueller, S.G. Hofmann, D.L. Santesso [et al.] // *Psychol. Med.* – 2009. – V. 39, № 7. – P. 1141–1152.
8. Dennis T.A. Trait anxiety and conflict monitoring following threat: an ERP study / T.A. Dennis, C.C. Chen // *Psychophysiology.* – 2009. – V. 46, № 1. – P. 122–131.
9. Михайлова Е.С. Индивидуально-типологические особенности опознания лиц эмоциональной экспрессии и вызванные потенциалы мозга человека / Е.С. Михайлова, Е.С. Розенберг // *ЖВНД.* – 2006. – Т. 56, № 4. – С. 481–490.
10. Britton J.C. Facial expressions and complex IAPS pictures: common and differential networks / J.C. Britton, S.F. Taylor, K.D. Sudheimer [et al.] // *Neuroimage.* – 2006. – V. 31. – P. 906–919.
11. Коваленко А.А. Анализ вызванных ЭЭГ-потенциалов при отрицательной эмоциональной активации у человека: временные и топографические характеристики / А.А. Коваленко, С.В. Черный, В.А. Корякин [и др.] // *Учёные записки Таврического Национального университета им. В.И. Вернадского. Серия „Биология, химия“.* – 2009. – Т. 22 (61), №1 – С.31–37.
12. Практическая психодиагностика. Методики и тесты / под ред. Д.Я. Райгородского. – М.: Бахрах-М, 2000. – 668 с.

13. Daffner K. Regulation of attention to novel stimuli by frontal lobes: an event-related potential study / K. Daffner, M. Mesulam, L. Scinto [et al.] // *Neuroreport*. – 1998. – V. 9, № 5. – P. 787–791.
14. Barry R.J. A review of electrophysiology in attention-deficit/hyperactivity disorder: II. Event-related potentials / R.J. Barry, S.J. Johnstone, A.R. Clarke // *Clin. Neurophysiology*. – 2003. – V. 114, № 3. – P. 184–198.
15. Johnstone S.J. Tomographic distribution and developmental time-course of event-related potentials in two subtypes of attention hyperactivity disorder / S.J. Johnstone, R.J. Barry, J.W. Anderson // *Int. J. Psychophysiology*. – 2001. – V. 42, № 1. – P. 73–94.
16. Kutas M. Event-related brain potentials (ERPs) elicited by novel stimuli during sentence processing / M. Kutas, S.A. Hillyard // *Ann. N. Y. Acad. Sci.* – 1984. – V. 425. – P. 236–241.
17. Hansen J.C. The temporal dynamics of human auditory selective attention / J.C. Hansen, S.A. Hillyard // *Psychophysiology*. – 1988. – V. 25, № 3. – P. 316–329.
18. Oades K.D. Frontal, temporal and lateralized brain function in children with attention-deficit hyperactivity disorder: a psychophysiological and neuropsychological viewpoint on development / K.D. Oades // *Behav. Brain Res.* – 1998. – V. 94, № 1. – P. 83–95.
19. Münte F. Event related brain potentials and signal detection: decision confidence and signal probability / F. Münte, E. Münte, H.J. Heinze [et al.] // *EEG EMG Z. Elektroenzephalogr. Elektromyogr. Verwandte Geb.* – 1989. – V. 20, № 1. – P. 1–9.
20. Heller W. Neuropsychological mechanisms of individual differences in emotion, personality, and arousal / W. Heller // *Neuropsychology*. – 1993. – V. 27, № 4. – P. 476–489.
21. Aftanas L.I. Affective picture processing: event-related synchronization within individually defined human theta band is modulated by valence dimension / L.I. Aftanas, A.A. Varlamov, S.V. Pavlov [et al.] // *Neurosci. Lett.* – 2001. – V. 303, № 2. – P. 115–118.
22. Junghöfer M. Fleeting images: a new look at early emotion discrimination / M. Junghöfer, M.M. Bradley, T.R. Elbert [et al.] // *Psychophysiology*. – 2001. – V. 38, № 2. – P. 175–178.
23. Разумникова О.М. Отражение личностных свойств в функциональной активности мозга / Разумникова О.М. – Новосибирск: Наука, 2005. – 134 с.
24. Heller W. Patterns of regional brain activity differentiate types of anxiety / W. Heller, J.B. Nitschke, M.A. Etienne [et al.] // *Abnorm. Psychol.* – 1997. – V. 106, № 3. – P. 376–385.
25. Johnstone S.J. Age-related changes in child and adolescent event-related potential component morphology, amplitude and latency to standard and target stimuli in an auditory odd-ball task / S.J. Johnstone, R.J. Barry, J.W. Anderson [et al.] // *Int. J. Psychophysiology*. – 1996. – V. 24, № 3. – P. 223–238.
26. Гордеев С.А. Особенности биоэлектрической активности мозга при высоком уровне тревожности человека / С.А. Гордеев // *Физиология человека*. – 2007. – Т. 33, № 4. – С. 11–17.
27. Overtom C. C. Associations between event-related potentials and measures of attention and inhibition in the Continuous Performance Task in children with ADHD and normal controls / C. C. Overtom, M. N. Verbaten, C. Kemner [et al.] // *J. Am. Acad. Child. Adolesc. Psychiatry*. – 1999. – V. 37, № 9. – P. 977–985.

Коваленко Г.О. Вплив тривожності на сприйняття емоційно значущих стимулів у людини / Г.О. Коваленко // *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”*. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 72–80.

При сприйнятті емоційно позитивних, негативних та нейтральних стимулів у 82 здорових випробуваних виявлено зв'язки характеристик зорових викликаних потенціалів з рівнем тривожності, що була оцінена за допомогою 16-факторної шкали Кеттелла. У відповідь на афективні стимули (як позитивні, так і негативні) тривожні випробувані демонстрували більш короткі латентності компоненту Р3 та здви́г амплітуди N2 у позитивний бік. Щодо емоційно-позитивних стимулів було відмічено позитивні зв'язки тривожності з амплітудою хвилі N1 та негативні – з амплітудою Р3. При сприйнятті нейтральних стимулів зв'язки тривожності з амплітудами усіх позитивних компонентів ВП були негативними.

Ключові слова: емоції, тривожність, зорові викликані потенціали, амплітуда компоненту, латентний період компоненту.

Kovalenko A.A. Influence of anxiety on the perception of emotionally significant stimuli in humans / A.A. Kovalenko // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 72-80.

Correlations between some characteristics of the visual evoked potentials and individual anxiety level (by the Kettell scale) was revealed in 82 healthy subjects when they perceived emotionally positive, negative and neutral stimuli. In answer to affective stimuli (positive and negative) anxious subjects showed shorter latencies of P3 component and shift of the N2 amplitude to the positive side. For the emotionally positive stimuli positive correlations between anxiety level and N1 amplitude were revealed as well as negative correlations between anxiety level and P3 amplitude. When perceiving neutral stimuli correlations between anxiety level and amplitudes of all positive components were negative.

Keywords: emotions, anxiety, visual evoked potentials, component amplitude, component latency.

Поступила в редакцию 30.11.2009 г.

УДК 612.822.3; 159.938

ИЗМЕНЕНИЯ ЭЭГ ЧЕЛОВЕКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ АДАПТОГЕНОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

Конарева И.Н.

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

Рассмотрена динамика частотного паттерна ЭЭГ человека после однократного приема адаптогенов растительного происхождения – экстракта родиолы розовой и настойки лимонника китайского. Использовалась общепринятая методика регистрации ЭЭГ (отведения С3 и С4). Прием экстракта родиолы вызывал заметное увеличение спектральной мощности θ - и α -ритмов и подавление β - и γ -активности, прием настойки лимонника – умеренное уменьшение мощности колебаний θ -диапазона. Таким образом, установлено дифференцированное влияние рассмотренных адаптогенных препаратов на нейродинамические процессы в головном мозгу.

Ключевые слова: адаптогены, родиола, лимонник, электроэнцефалограмма.

ВВЕДЕНИЕ

Адаптационные возможности человека в условиях воздействий различных стрессогенных факторов могут быть повышены в результате приема адаптогенных препаратов. Эти препараты готовятся из природного сырья (чаще растительного), содержат комплексы биологически активных веществ. Благодаря их действию повышается общая неспецифическая резистентность организма при разнообразных экстремальных воздействиях; они способствуют профилактике и лечению различных заболеваний [1].

Кроме известных своими адаптогенными свойствами представителей семейства аралиевых (женьшень, элеутерококка, аралии) [2], для приготовления соответствующих препаратов достаточно широко используются и представители других семейств, в частности родиола розовая и лимонник китайский. Их препараты применяются в качестве тонизирующих средств для повышения функциональных возможностей иммунной системы и работоспособности при астении и неврастении, синдроме хронической усталости, а также в периоды восстановления после инфекционных заболеваний и хирургических операций.

Качественный состав биологически активных компонентов определяет доминирование и степень выраженности того или иного физиологического эффекта действующих начал конкретного растения. В этом плане к настоящему времени накоплен значительный объем данных, однако конкретные механизмы действия тонизирующих препаратов растительного происхождения на

нейрофизиологический статус человека пока изучены недостаточно. Результаты ряда работ, выполненных на животных (например, кроликах) свидетельствуют в основном о генерализованном усилении возбудительных процессов в ЦНС [3].

Выработка адекватных рекомендаций по применению подобных препаратов требует более углубленного анализа их действия на организм человека с использованием объективных методов исследования, в частности регистрации амплитудно-частотных параметров ЭЭГ. Сведения в данном аспекте пока остаются достаточно ограниченными. В своей работе мы пытались оценить, какие модификации ЭЭГ происходят после однократного приема адаптогенов растительного происхождения – экстракта родиолы и настойки лимонника – в традиционно используемых дозировках.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняло участие 20 человек в возрасте 20–30 лет обоего пола, разделенных на две группы; группы формировались случайным образом, без какого-либо предварительного отбора. Испытуемые первой группы принимали стандартизированный (фармакопейный) спиртовой экстракт родиолы розовой (*Rhodiola rosea*), лица второй группы – настойку лимонника китайского (*Schizandra chinensis*) в стандартных дозировках (30 капель на 100 см³ воды).

Регистрацию и анализ ЭЭГ осуществляли по общепринятой методике с помощью автоматизированного комплекса, состоящего из электроэнцефалографа, интерфейса и компьютера. ЭЭГ-потенциалы регистрировали в состоянии покоя (отведения С3 и С4, согласно схеме «10–20») с использованием программы «Polygraph» (программист А.В. Сухинин, техническое задание В.Б. Павленко). Регистрация производилась дважды, непосредственно перед однократным приемом адаптогенного препарата и через 10 мин после приема. Верхняя граница частотного диапазона усилительного тракта соответствовала 70 Гц, постоянная времени, определяющая нижнюю границу, равнялась 0,3 с. Сигналы ЭЭГ обрабатывали с применением быстрого преобразования Фурье, получая для последующего анализа спектры мощности ЭЭГ.

В течение одного опыта записывали отрезки ЭЭГ, позволяющие получить 40 спектров мощности для отведений от левого и правого полушарий (по 20 образцов в условиях с закрытыми и открытыми глазами). Эпоха анализа для каждого спектра составляла 2,56 с. Выделялись следующие частотные компоненты ЭЭГ: 1–4 Гц (δ -ритм), 4–8 Гц (θ -ритм), 8–14 Гц (α -ритм), 14–30 Гц (β -ритм), 30–70 Гц (γ -ритм). Рассчитывали усредненные значения спектральной мощности (СМ, мкВ²/Гц) колебаний каждого выделенного частотного диапазона каждого полушария в отдельности. Подробно анализировали только ЭЭГ, зарегистрированные в условиях с закрытыми глазами. Числовые данные обрабатывали с помощью пакета программ STATISTICA. Достоверность межгрупповых различий исследуемых показателей определяли по Т-критерию Вилкоксона.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Средние значения СМ ритмов ЭЭГ до и после приема препаратов адаптогенов представлены в табл. 1 и 2. Звездочкой (*) отмечены случаи достоверных различий значений средних после приема препарата от исходных значений.

Под влиянием однократного приема экстракта родиолы розовой у большинства испытуемых однонаправленно изменялись (уменьшались по сравнению с исходными значениями) средние значения СМ δ -, β - и γ -ритмов в обоих полушариях. Видно, что СМ колебаний δ -диапазона несколько (статистически незначимо, в среднем на 5 %) уменьшилась в обоих полушариях. Средние СМ β -ритма уменьшились заметно, причем также билатерально. В левом (*s*) полушарии падение СМ составило в среднем 16 %, а в правом (*d*) – 22 %. СМ γ -активности особенно значительно уменьшилась в *s* (на 49 %, $p < 0,05$); в *d* падение составило 19 %. Мощность же остальных частотных компонентов ЭЭГ (θ - и α -ритмов) после приема родиолы заметно возросла. Увеличение СМ θ -ритма составило в *s* около 22 %, а в *d* 30 % (в последнем случае $p < 0,05$). Соответственные изменения СМ α -ритма равнялись 11 % и 16 % (в правом полушарии $p < 0,05$).

Таким образом, наиболее значительным изменениям подверглись мощности колебаний θ - и β -диапазонов в обоих полушариях и γ -активности, отводимой от левого полушария.

Таблица 1.

Изменения спектральной мощности ритмов ЭЭГ под влиянием приема экстракта родиолы розовой ($\bar{x} \pm S \bar{x}$)

Частотный компонент, сторона отведения	Спектральная мощность, мкВ ² /Гц		Относительное изменение, %
	до приема	после приема	
δ -ритм <i>s</i>	7,99 $\pm$ 1,20	7,55 $\pm$ 1,43	↓ 5,5
δ -ритм <i>d</i>	7,79 $\pm$ 1,97	7,41 $\pm$ 1,16	↓ 5,1
θ -ритм <i>s</i>	5,25 $\pm$ 1,02	6,38 $\pm$ 1,97	↑ 21,6
θ -ритм <i>d</i>	5,39 $\pm$ 1,22	7,03 $\pm$ 2,41*	↑ 30,4
α -ритм <i>s</i>	11,20 $\pm$ 2,99	12,40 $\pm$ 3,49	↑ 10,8
α -ритм <i>d</i>	11,16 $\pm$ 2,91	12,96 $\pm$ 3,66*	↑ 16,1
β -ритм <i>s</i>	1,38 $\pm$ 0,35	1,16 $\pm$ 0,23	↓ 15,9
β -ритм <i>d</i>	1,53 $\pm$ 0,49	1,19 $\pm$ 0,22	↓ 22,2
γ -ритм <i>s</i>	0,49 $\pm$ 0,23	0,25 $\pm$ 0,03*	↓ 49,0
γ -ритм <i>d</i>	0,32 $\pm$ 0,07	0,26 $\pm$ 0,03	↓ 18,8

Прием настойки лимонника китайского вызвал сравнительно незначительные изменения СМ различных частотных компонентов ЭЭГ. СМ δ -ритма в *s* практически не изменилась, а в *d* – увеличилась на 4 % ($p > 0,05$). СМ всех остальных компонентов ЭЭГ в обоих полушариях несколько уменьшились. Снижение средних значений СМ θ -ритма в *s* составило около 8 %, в *d* – 9 %. СМ α -ритма в *s* изменилась крайне слабо, а в *d* упала на 5 % ($p > 0,05$). СМ β -ритма уменьшилась в *s* примерно на 4 %, а в *d* – на 7 %. Изменения СМ γ -ритма в обоих

полушариях не превышали 3 %.

Таким образом, прием настойки лимонника не приводил к статистически значимым изменениям среднегрупповых значений СМ всех ритмов ЭЭГ; наиболее значительным изменениям подверглась СМ колебаний θ -диапазона.

Таблица 2.
Изменения спектральной мощности ритмов ЭЭГ под влиянием приема настойки лимонника китайского ($\bar{x} \pm S \bar{x}$)

Частотный компонент, сторона отведения	Спектральная мощность, мкВ ² /Гц		Относительное изменение, %
	до приема	после приема	
δ -ритм <i>s</i>	7,07 $\pm$ 1,05	7,17 $\pm$ 1,15	$\uparrow$ 1,4
δ -ритм <i>d</i>	7,15 $\pm$ 0,80	7,43 $\pm$ 0,87	$\uparrow$ 3,9
θ -ритм <i>s</i>	6,74 $\pm$ 1,03	6,21 $\pm$ 1,00	$\downarrow$ 7,9
θ -ритм <i>d</i>	6,42 $\pm$ 0,89	5,82 $\pm$ 0,87	$\downarrow$ 9,3
α -ритм <i>s</i>	13,23 $\pm$ 2,32	13,06 $\pm$ 2,42	$\downarrow$ 1,3
α -ритм <i>d</i>	14,47 $\pm$ 2,88	13,74 $\pm$ 2,55	$\downarrow$ 5,0
β -ритм <i>s</i>	1,33 $\pm$ 0,13	1,28 $\pm$ 0,12	$\downarrow$ 3,8
β -ритм <i>d</i>	1,32 $\pm$ 0,15	1,23 $\pm$ 0,12	$\downarrow$ 6,8
γ -ритм <i>s</i>	0,39 $\pm$ 0,06	0,38 $\pm$ 0,06	$\downarrow$ 2,6
γ -ритм <i>d</i>	0,40 $\pm$ 0,06	0,39 $\pm$ 0,07	$\downarrow$ 2,5

В результате воздействия препаратов родиолы и лимонника на СМ δ -ритма оказались дифференцированными – заметное снижение в первом случае и незначительное повышение во втором. Считается, что повышение СМ δ -ритма связано с состоянием психоэмоционального напряжения и развитием безусловного охранительного кортикального торможения. Также некоторое повышение мощности δ -колебаний может соотноситься с эффективной переработкой поступающих в кору сигналов [цит. по: 4]. При интерпретации динамики СМ δ -ритма следует учесть, что исследуемые адаптогены влияют на состояние вегетативной регуляции: экстракт родиолы обеспечивает некоторое понижение артериального давления, а настойка лимонника повышает этот показатель [3].

На колебания θ - и α -диапазонов тестируемые препараты влияли разнонаправленно: экстракт родиолы заметно увеличивал СМ этих ритмов, а настойка лимонника несколько уменьшала данный показатель. Тот факт, что изменения СМ данных ритмов обычно являются однонаправленными, мы показали в своих предыдущих работах [4], хотя считается, что функциональные корреляты колебаний этих диапазонов весьма различны. Повышение выраженности θ -ритма связывают с эмоциональным возбуждением и мотивационной активацией, увеличением уровня внимания и консолидацией следов памяти, а усиление α -ритма – с состоянием спокойного бодрствования и низким уровнем тревоги [цит. по: 4].

На β - и γ -активность препараты действовали в целом однонаправленно, вызывая некоторое снижение их СМ. Большая интенсивность колебаний данных высокочастотных диапазонов соответствует энергетической и информационной

мобилизации церебральных систем, усилению внимания и согласованности функционирования корковых нейронов. Необходимо, однако, отметить, что увеличение СМ β -ритма часто сопутствует развитию разнообразных вегетативных сдвигов [цит. по: 4].

Нам представляется вероятным, что активные фармакологические компоненты, входящие в состав адаптогенов, влияют на паттерн ЭЭГ, воздействуя на важнейшие регуляторные нейротрансмиттерные и нейромодуляторные церебральные системы, прежде всего катехоламинергические.

Обнаружено, что корни родиолы содержат ряд органических кислот, эфирные масла, дубильные вещества и гликозиды (причем основным действующим веществом считается пара-тирозол). Прием препаратов родиолы приводит к повышению содержания кислорода в клетках всех органов и глюкозы в крови, что обеспечивает лучшую работу мозга в условиях продолжительной физической нагрузки [3]. Повышение интенсивности α -колебаний в составе ЭЭГ после приема препаратов родиолы может быть отражением повышения сбалансированности процессов возбуждения и торможения в коре в состоянии спокойного бодрствования.

Плоды лимонника содержат большое количество органических кислот, эфирных масел и ряд тонизирующих агентов (в частности, схизандрин). Действие лимонника обусловлено в значительной степени именно наличием схизандрина. Показано, что данное вещество повышает рефлекторную возбудимость спинальных нейронных систем [3]. Снижение СМ θ - и α -колебаний и незначительное повышение δ -ритма под влиянием приема настойки лимонника, возможно, является проявлением некоторого повышения уровня церебральной активации.

Согласно мнению ряда исследований препараты родиолы являются сильными общими стимуляторами ЦНС и по интенсивности действия превосходят женьшень, элеутерококк, лимонник, аралию, левзею [3]. Результаты нашего исследования при их сопоставлении с данными о действии других препаратов адаптогенов [2] позволяют частично согласиться с этим утверждением: модификации ЭЭГ после приема экстракта родиолы были значительно более существенными, чем сдвиги, обусловленные воздействием лимонника и других адаптогенов в диапазоне θ -ритма.

Ряд обнаруженных в нашем исследовании фактов, касающихся действия тестированных адаптогенов на СМ различных ритмов ЭЭГ, выглядят несколько противоречащими общепринятым утверждениям о характере общего фармакологического действия этих препаратов. Мы, однако, предпочли бы не делать категорических обобщений. Следует учесть, что мы рассматривали кратковременные эффекты однократного приема таких препаратов, а не их курсового действия, обычно используемого на практике. Возможно, какое-то влияние на результаты тестирования также оказало относительно небольшое количество испытуемых в группах. Однако полученные нами результаты однозначно указывают на существенные различия эффектов двух тестированных адаптогенов и не позволяют упрощенно интерпретировать данные феномены как усиление процессов возбуждения в коре головного мозга и нормализацию подвижности тормозных и возбуждательных процессов ЦНС. Эффекты препаратов родиолы и лимонника в отношении ЭЭГ-активности оказались достаточно

специфичными. Необходимо отметить еще один аспект этих влияний – их достаточно четкую межполушарную специфику. В целом оба адаптогена оказывали более существенное влияние на ЭЭГ-активность, отводимую от правого полушария.

ВЫВОДЫ

1. Показано дифференцированное влияние препаратов родиолы розовой и лимонника китайского на нейродинамические процессы в головном мозгу человека, причем действие экстракта родиолы оказалось заметно более выраженным.
2. Прием экстракта родиолы розовой вызывал заметные изменения мощности колебаний θ -, α -, β - и γ -диапазонов ЭЭГ. Прием настойки лимонника китайского оказывал влияние умеренной интенсивности только на мощность θ -ритма.

Список литературы

1. Соколов С.Я. Фитотерапия и фитофармакология: Руководство для врачей / Соколов С.Я. – М.: Медицинское информационное агентство, 2000. – 976 с.
2. Конарева И.Н. Влияние адаптогенов семейства *Araliaceae* на характеристики ЭЭГ человека / И.Н. Конарева // Труды Крымского государственного медицинского университета им. С.И. Георгиевского. – 2007. – Т. 143, часть I. – С. 65–67.
3. Справочник по фитотерапии [Электронный ресурс]. Режим доступа до журн.: <http://www.pharmasvit.com/v3/Spravochniki/>
4. Конарева И.Н. Индивидуальные особенности связанных с событием ЭЭГ-потенциалов человека: дис. ...кандидата биол. наук: 03.00.13 / И.Н. Конарева– Симферополь, 2001. – 142 с.

Конарева І.М. Зміни ЕЕГ людини під впливом адаптогенів рослинного походження / І.М. Конарева // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 81-86.

Розглянуто динаміку частотного патерну ЕЕГ людини після одноразового прийому адаптогенів рослинного походження – екстракту родіоли рожевої та настоянки лимонника китайського. Було використано загальноприйняту методику реєстрації ЕЕГ (відведення С3 та С4). Прийом екстракту родіоли викликав помітне зростання потужності θ - і α -ритмів, а також пригнічення β - та γ -активності, прийом настоянки лимонника – помірне зменшення потужності коливань θ -діапазону. Таким чином, встановлені диференційовані впливи тестованих адаптогенних препаратів на нейродинамічні процеси в головному мозку.

Ключові слова: адаптогени, родіола, лимонник, електроенцефалограма.

Konareva I.N. Modifications of EEG in humans under the influence of plant adaptogenes / I.N. Konareva // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 81-86.

Modifications of the frequency pattern of EEG in humans after single takings of the preparations of the plant adaptogenes, *rodiola* and *schizandrum*, were analyzed. Standard techniques of EEG recording (in C3 and C4 leads) were used. Taking of the *rodiola* extract resulted in a noticeable increase in the spectral powers of the θ and α rhythms and suppression of the β and γ activity, while that of the *schizandrum* infusion led to a moderate reduction in the power of θ oscillations. Thus, differentiated effects of the tested plant adaptogenic preparations on the neurodynamic processes in the brain have been demonstrated.

Keywords: adaptogenes, *rodiola*, *schizandrum*, electroencephalogram.

Поступила в редакцію 01.12.2009 г.

УДК 591.471.24:613.168

ИЗМЕНЕНИЕ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МОЛЛЮСКОВ *HELIX ALBESCENS* ПРИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ЭКРАНИРОВАНИИ

Костюк А. С., Темурьянц Н. А.

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

Выявлена инфрадианная ритмика параметров болевой чувствительности моллюсков *Helix albescens*, включающая следующие ритмы: $2^d, 1 \pm 0,13$; $2^d, 8 \pm 0,05$; $3^d, 2 \pm 0,04$; $5^d, 0 \pm 0,05$; $6^d, 4 \pm 0,1$; $7^d, 7 \pm 0,07$; $10^d, 8 \pm 0,09$; $12^d, 5 \pm 0,09$. Показано, что электромагнитное экранирование вызывает изменения инфрадианной ритмики болевой чувствительности моллюсков, которые выражаются в резком сдвиге фаз выделенных ритмов, а также тенденции к изменению их амплитуд.

Ключевые слова: инфрадианная ритмика, болевая чувствительность, электромагнитное экранирование, моллюски *Helix albescens*.

ВВЕДЕНИЕ

Исследование эффективности ослабленного магнитного поля является актуальной проблемой биофизики. Выявлено, что при экранировании, ослабляющем не только статическое, но и переменное магнитное поле (ПеМП) различных диапазонов, изменяется состояние физико-химических систем [1], бактерий, изолированных клеток, клеточных культур [2]. В то же время действие этого фактора на животных и человека изучено не достаточно. Поэтому остро стоит вопрос об исследовании феноменологии этих влияний на человека и животных [3].

Показано, что одним из стойких и легко воспроизводимых эффектов слабых ПеМП, в том числе и ослабленных, является изменение болевой чувствительности [4]. В то же время перспективным для изучения эффектов ослабленного магнитного поля (МП) является исследование временной организации биологических систем, которая является важной характеристикой состояния живой материи [5, 6].

В магнитобиологических исследованиях широко используются моллюски, что отвечает современным этическим требованиям [7]. В частности, показано изменение болевой чувствительности у этих животных в ослабленном МП. Однако ритмика этих изменений в ослабленном МП, достигаемом экранированием, не изучена.

У моллюсков выявлена циркадианная ритмика [8, 9], а также ритмика, связанная с приливами и отливами [10], тогда как инфрадианная ритмика не исследована. В связи с вышеизложенным, целью данного исследования явилось

исследование инфрадианной ритмики болевой чувствительности у моллюсков и ее изменений при электромагнитном экранировании (ЭМЭ).

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Эксперименты проведены на наземных брюхоногих моллюсках *Helix albenscens*, широко распространенных на территории Крымского полуострова и используемых в экспериментах для решения актуальных задач физиологии и биофизики. Сбор улиток производился в поле, вдали от предприятий, линий электропередач. Использовались половозрелые особи, одинаковые по массе и размерам. До эксперимента улитки не менее одной недели находились в активном состоянии.

Ослабление электромагнитного поля достигалось применением экранирующей камеры, которая представляет собой комнату размером 2 х 3 х 2 метра, изготовленную из железа «Динамо». Коэффициент экранирования постоянной составляющей магнитного поля, измеренный с помощью феррозондового магнитометра, составлял по вертикальной составляющей 4,375, по горизонтальной – 20. Измерялась также спектральная плотность магнитного шума в камере как в области ультранизких (от $2 \cdot 10^{-4}$ Гц до 0,2 Гц), так и в области радиочастот (от 15 Гц до 100 кГц). В области сверхнизких частот измерения производились с помощью феррозондового магнитометра в паре со спектроанализатором, в области радиочастот – индукционным методом. Внутри камеры для частот выше 170 Гц и в области частот от $2 \cdot 10^{-3}$ до 0,2 Гц уровень спектральной плотности магнитного шума ниже $10 \text{ нТл/Гц}^{0.5}$. Магнитное поле существенно проникает внутрь камеры на частотах 50 и 150 Гц и ниже $2 \cdot 10^{-3}$ Гц. Коэффициент экранирования камеры на частотах 50 и 150 Гц порядка 3.

В камере соблюдались затемненные условия.

Подробное описание экспериментальной установки для определения параметров болевой чувствительности, используемой в настоящем исследовании, представлено в наших предыдущих работах [11].

Для определения влияния ЭМЭ на параметры болевой чувствительности моллюсков делили на две равноценные группы по 20 особей в каждой. Животные обеих групп находились в условиях естественной освещенности (продолжительность фаз свет-темнота (L:D) составила 15:9 ч с восходом Солнца в 4:11 ч по местному времени и закатом в 19:10 ч), влажности и температуры воздуха ($t=22\pm 2^\circ\text{C}$). Животные первой группы – биологический контроль – находились в стандартных лабораторных условиях. Животные второй группы в течение одного часа помещались в экранирующую камеру в середине световой фазы (с 10:00 до 11:00 ч.), а остальное время суток находились в условиях, одинаковых с моллюсками интактной группы. Во время экранирования моллюсков второй группы животные контрольной группы находились в затемненных условиях. Регистрацию параметра болевой чувствительности проводили ежедневно у каждого животного после окончания экранирования (11:00-12:00 ч) на протяжении 30 дней.

Статистическую обработку и анализ материала проводили с помощью параметрических методов, применение которых позволила проверка полученных данных на закон нормального распределения. Вычисляли среднее значение

исследуемых величин, ошибку средней. В качестве основного метода анализа продолжительности периодов и амплитудно-фазных характеристик исследуемых показателей был выбран косинор-анализ, обеспечивающий полное представление о структуре физиологических ритмов [12]. Для оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали t-критерий Стьюдента. За достоверную принимали разность средних при $p < 0,05$. Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Microsoft Excel [13].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Динамика параметров болевой чувствительности интактных моллюсков *Helix albescens*, а также животных, подвергнутых ЭМЭ описана нами ранее [14]. В динамике исследуемых показателей обнаружена ритмическая составляющая. С помощью косинор-анализа в динамике болевого порога (БП) и латентного периода (ЛП) болевой реакции выявлен набор инфрадианных ритмов, включающий ритмы со следующими периодами: $2^d, 1 \pm 0,13$; $2^d, 8 \pm 0,05$; $3^d, 2 \pm 0,04$; $5^d, 0 \pm 0,05$; $6^d, 4 \pm 0,1$; $7^d, 7 \pm 0,07$; $10^d, 8 \pm 0,09$; $12^d, 5 \pm 0,09$. Амплитуды выделенных ритмов колебались от 0,44 до 0,96 усл.ед. Доминирующие ритмы $2^d, 1$ и $10^d, 8$. Спектры мощности БП и ЛП полностью совпадали.

Инфрадианная ритмика, включающая ритмы такой же или близкой продолжительности, обнаружена в деятельности различных физиологических систем позвоночных животных и человека на всех уровнях организации [15-17], а также в динамике болевого порога, определенного в тесте электростимуляции, у интактных крыс [18]. Многодневная ритмика описана и для скорости роста одноклеточной морской водоросли *Acatubularia mediterannea* [19], для многих изолированных клеток: миоцитов, энуклеированные клетки и т.д.

Анализ спектров мощности БП и ЛП болевой реакции у моллюсков свидетельствует о близости периодов их колебаний к частотам гео- и гелиофизических факторов [20]. Этот факт служит дополнительным аргументом в пользу гипотезы [21] о том, что в отсутствии крупномасштабных спорадических возмущений организмы используют регулярно повторяющиеся изменения параметров внешней среды, включая ПемП, как пейсмекер для синхронизации биологических ритмов в широком диапазоне периодов.

Анализ фазовых взаимоотношений БП и ЛП во всех выделенных периодах выявил их различия только на $1-2^\circ$, что свидетельствует о высокой степени синхронизации этих показателей. Достаточно высокое совпадение фаз выделенных инфрадианных ритмов обнаружено для сукцинат- и α -глицерофосфатдегидрогеназ лимфоцитов крови [22, 23]. Известно, что совпадение фаз сопряженных физиологических процессов является необходимым условием гомеостаза.

Таким образом, в динамике параметров болевой чувствительности моллюсков *Helix albescens* выделяются инфрадианные ритмы, которые являются важным компонентом временной организации биологических систем.

Как показали результаты проведенных исследований, ЭМЭ изменяет инфрадианную ритмику ЛП и БП моллюсков. Сравнение спектров мощности интактных животных и моллюсков, подвергнутых действию экранирования, не

выявило различий в их составе: спектр также состоял из восьми периодов, однако амплитуды выделенных ритмов имели тенденцию к изменению (рис. 1). В шести из восьми выделенных периодов отмечена тенденция к возрастанию амплитуд и эта тенденция наиболее заметна в доминирующих у интактных животных периодах – $\approx 2^d,1$ и $\approx 10^d,8$.

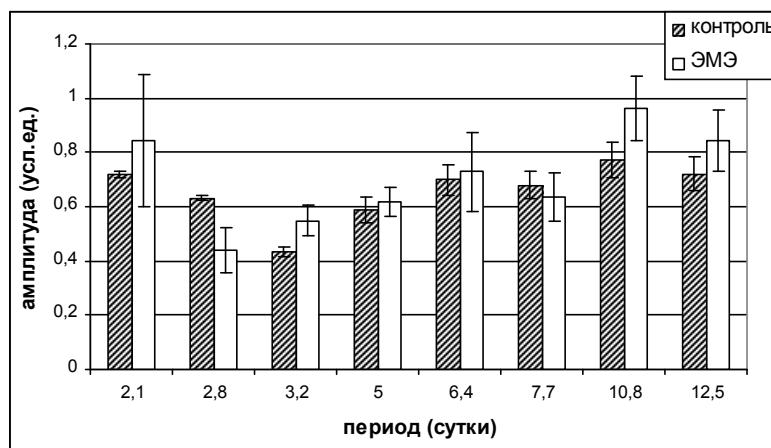


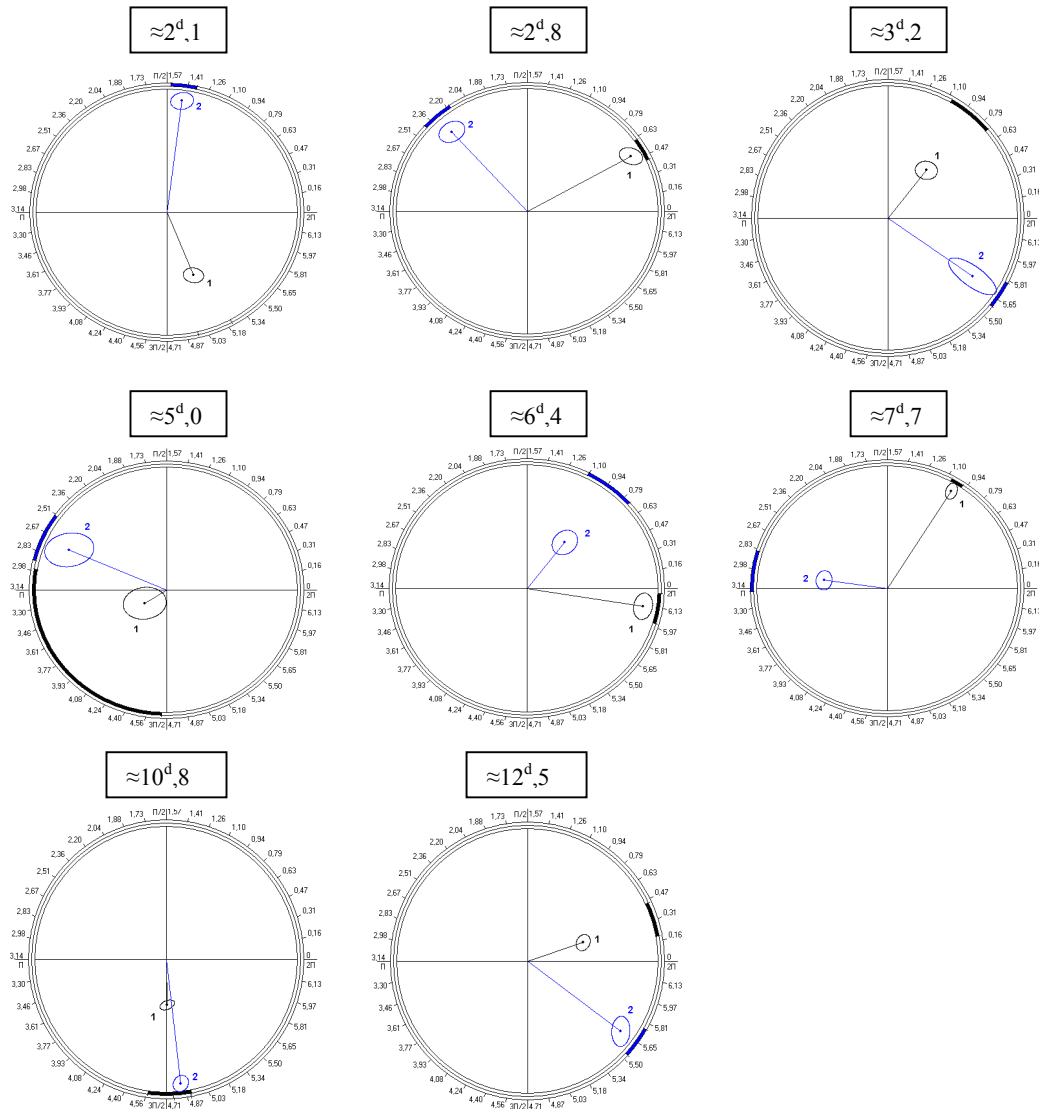
Рис. 1. Спектры мощности ЛП болевой реакции у моллюсков контрольной группы и группы животных, подвергнутых ЭМЭ.

Более выраженные изменения экранирование вызывает в фазовых сдвигах. Во всех выделенных периодах обнаружен одинаковый сдвиг фаз ЛП и БП: в периоде $2^d,1$ на $208,7^\circ$; в периоде $2^d,8$ – на $101,9^\circ$; в $3^d,2$ – на 275° ; в $5^d,0$ – на $56,21^\circ$; в $6^d,4$ – на $298,4^\circ$; в $7^d,7$ – на $113,7^\circ$; в $10^d,8$ – на $5,73^\circ$. В ритме $12^d,5$ зафиксирован максимальный фазовый сдвиг на 305° относительно показателей интактной группы животных. Поскольку сдвиг фаз ЛП и БП во всех периодах одинаковый, то взаимоотношения фаз между ними не изменялось – они полностью совпадали во всех периодах (рис. 2).

Таким образом, ЭМЭ модифицирует инфрадианную ритмику БП и ЛП у моллюсков *Helix albescens*. Эти изменения выражаются в резком сдвиге фаз выделенных ритмов, тенденция к изменению их амплитуд. Однако фазовые взаимоотношения между БП и ЛП во всех периодах сохранялись.

Полученные нами данные о способности ослабленного МП изменять инфрадианную ритмику согласуются с имеющимися литературными данными. Так, показано, что слабое ПеМП частотой 8 Гц изменяет многодневную ритмику симпатoadренальной системы у крыс [16], активности окислительно-восстановительных ферментов в лимфоцитах [22] и нейтрофилах [24]. Низкоинтенсивные электромагнитные излучения (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ) также вызывают амплитудно-фазные изменения инфрадианной ритмики активности нейтрофилов и лимфоцитов крови [18], биологически активных точек у человека [25]. В опытах на крысах показана способность ЭМИ КВЧ изменять

инфрадианную ритмику болевого порога в тесте электростимуляции [18]. Показано также, что ПемП частотой 60 Гц индукцией 0-2,5 мТл изменяет циркадианную ритмику болевого порога у мышей [26].



Таким образом, ЭМЭ вызывает выраженные изменения инфрадианной ритмики БП и ЛП болевых реакций. Это больше выражено в резком смещении фаз всех выделенных ритмов, чем в изменении их амплитуд. По-видимому, такие изменения обеспечивают оптимальную адаптацию организма к изменяющимся условиям окружающей среды, создают условия сохранения гомеостаза.

Согласно Н. Агаджаняну и др. (1987) [5] именно такое динамическое взаимодействие организма с внешним миром и обеспечивает его стабильность и жизнеспособность.

Как свидетельствуют литературные данные изменения временной организации биологических систем могут вызвать различные факторы. Электромагнитные экраны, в зависимости от их свойств, могут ослаблять ПемП в различных диапазонах, а также статическое, электрическое и магнитное поле. Дальнейшие исследования позволят выяснить какой именно фактор ответственен за обнаруженные изменения инфрадианной ритмики болевой чувствительности при ЭМЭ.

ВЫВОДЫ

1. Выявлена инфрадианная ритмика параметров болевой чувствительности у моллюсков *Helix albescens*, включающая ритмы $2^d, 1 \pm 0,13$; $2^d, 8 \pm 0,05$; $3^d, 2 \pm 0,04$; $5^d, 0 \pm 0,05$; $6^d, 4 \pm 0,1$; $7^d, 7 \pm 0,07$; $10^d, 8 \pm 0,09$; $12^d, 5 \pm 0,09$.
2. Электромагнитное экранирование вызывает изменения инфрадианной ритмики болевой чувствительности у моллюсков, выражающееся в резком сдвиге фаз выделенных ритмов, тенденции к изменению их амплитуд.

Список литературы

1. Опалинская А.М. Влияние естественных и искусственных электромагнитных полей на физико-химические и элементарные биологические системы (экспериментальное исследование) / А. М. Опалинская, Л.П. Агулова // Изд. Томского ун-та. – 1984. – 190 с.
2. Павлович С.А. Магниточувствительность и магнитовосприимчивость микроорганизмов / Павлович С.А. // Минск, изд. «Беларусь». – 1981. – 72 с.
3. 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 (4). – P. 287–301.
4. 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. Lipa // Brain Res. – 1990. – Vol. 517. – P. 276–282.
5. Агаджанян Н.А. О физиологических механизмах биологических ритмов / Н.А. Агаджанян, А.А. Башкирова, И.Г. Власова // Успехи физиол. наук. – 1987. – Т. 18. – № 4. – С. 80–104.
6. Владимирский Б.М. Космическая погода и наша жизнь / Владимирский Б.М., Темурьянц Н.А., Мартынюк В.С. – Фрязино, 2004. – 224 с.
7. Закон України «Про захист тварин від жорстокого поводження» від 21.02.2006 № 3447-IV // Відомості Верховної Ради України. – 2006. – № 27. – С. 990.
8. Sokolove P.G. A circadian rhythm in the locomotor behaviour of the giant garden slug *Limax maximus* / P.G. Sokolove, G.M. Beiswanger, D.J. Prior [et al.] // J. of Experimental Biology. – 1977. – Vol. 66. – P. 47–64.
9. Zann L.P. Relationships between intertidal zonation and circatidal rhythmicity in littoral gastropods / L. P. Zann // Marine Biology. – 1973. – Vol. 18. – P. 243–250.
10. Rao K. P. Tidal rhythmicity of rate of water propulsion in *Mytilus* and its modifiability by transplantation / K. P. Rao // Biological Bulletin. – 1954. – Vol. 106. – P. 353–359.

11. Установка для изучения болевой чувствительности наземных моллюсков *Helix albescens* / В.Г. Вишневский, А.С. Костюк, Н.А. Темурьянц [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61). – № 1. – С. 3–8.
12. Емельянов И.П. Формы колебания в биоритмологии / Емельянов И.П. – Новосибирск: Наука. – 1976. – 127 с.
13. Лапач С.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. – К.: Модмон, 2000. – 319 с.
14. Костюк А.С. Динамика болевой чувствительности моллюсков *Helix albescens* в условиях продолжительного электромагнитного экранирования / А.С. Костюк, Н.А. Темурьянц // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61). – № 3. – С. 75–82.
15. Шабатура Н.Н. Механизм происхождения инфрадианных биологических ритмов / Н.Н. Шабатура // Успехи физиологических наук. – 1989. – Т. 20. – № 3. – С. 83–103.
16. Темурьянц Н.А. Влияние слабых переменных магнитных полей крайне низких частот на инфрадианную ритмику симпатoadреналовой системы крыс / Н.А. Темурьянц, В.Б. Макеев, В. И. Малыгина // Биофизика. – 1992. – Т. 37. – № 4. – С. 653–655.
17. Влияние геомагнитной и солнечной активности на сердечно-сосудистые и другие хроноэпидемиологии / Т.К. Бреус, С.Ж. Корнелиссен, С. Бинхам [и др.] // Хронобиология и хрономедицина и влияние гелиогеофизических факторов на организм человека. – М., 1992. – С. 146–191.
18. Чуян Е. Н. Механизмы антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения / Е. Н. Чуян, Э. Р. Джелдубаева // Монография. – Симферополь: "Диайпи". – 2006. – 458 с.
19. Schweiger H.G. Evidence for a circaseptan and a circasemiseptan growth response to light/dark cycle shifts in nucleated and enucleated *Acetabularia* cells, respectively / H.G. Schweiger, S. Berger, H. Kretschmer // Proc. Natl. Acad. Sci. USA, Cell Biology. – 1983. – Vol. 83. – P. 8619–8623.
20. Kane R. P. Power spectrum analysis of geomagnetic indices (English) / R. P. Kane // Proc. Indian Acad. Sci (Earth Planet Sci). – 1986. – Vol. 95 (1) – P. 1–12.
21. Владимирский Б.М. Солнечно-земные связи в биологии и явление «захвата» частоты / Б.М. Владимирский // Пробл. космич. биологии. – М.: Наука. – 1982. – Т. 43. – С. 166–173.
22. Шехоткин А.В. Влияние переменного магнитного поля сверхнизкой частоты на инфрадианную ритмику количественных и функциональных характеристик лейкоцитов крови у интактных и эпифизэктомизированных крыс: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.13 СГУ. / А.В. Шехоткин – Симферополь, 1995. – 25 с.
23. Chronobiological analysis of peripheral lymphocyte dehydrogenase activities in rats with Walker 256 carcinosarcoma (English) / L. Strigun, E. Chirkova, G. Grigoreva [et al.] // Anti-Cancer Drugs. – 1991. – Vol. 2. – P. 305–310.
24. Темурьянц Н.А. Особенности инфрадианной ритмики бактерицидных систем нейтрофилов крови крыс с различными индивидуальными особенностями и ее изменение при воздействии ПемП СНЧ / Н.А. Темурьянц, В.А. Минко, Е.И. Нагаева // Геофизические процессы и биосфера. – 2005. – Т. 4. – № ½. – С. 31–39.
25. Мартынюк В.С. Корреляция биофизических параметров биологически активных точек и вариаций гелиогеографических факторов / В.С. Мартынюк, Н.А. Темурьянц, О.Б. Московчук // Биофизика. – 2000. – Т. 46. – № 5. – С. 905–909.
26. Extremely low frequency magnetic field exposure modulates the diurnal rhythm of the pain threshold in mice / Yoon Mee Choi, Ji Hoon Jeong, Jeong Soo Kim [et al.] // Bioelectromagnetics. – 2003. – Vol. 24. – P. 206–210.
27. Wever R. A. The circadian system of man: Results of experiments under temporal isolation / Wever R. A. // New-York: Springer, 1979. – 276 p.

Костюк О.С. Зміна інфрадіанної ритміки больової чутливості молюсків *Helix albescens* при електромагнітному екрануванні / О.С. Костюк, Н.А. Темур'янц // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 87-94.

Виявлена інфрадіанна ритміка параметрів больової чутливості молюсків *Helix albescens*, що включає наступні ритми: $2^d, 1 \pm 0,13$; $2^d, 8 \pm 0,05$; $3^d, 2 \pm 0,04$; $5^d, 0 \pm 0,05$; $6^d, 4 \pm 0,1$; $7^d, 7 \pm 0,07$; $10^d, 8 \pm 0,09$; $12^d, 5 \pm 0,09$. Показано, що електромагнітне екранування викликає зміни інфрадіанної ритміки больової чутливості молюсків, які виражаються в різкому зрушенні фаз виділених ритмів, а також тенденції до зміни їх амплітуд.

Ключові слова: інфрадіанна ритміка, больова чутливість, електромагнітне екранування, молюски *Helix albescens*.

Kostyuk A.S. Electromagnetic shielding changes infradian rhythmicity of pain sensitivity of land snails *Helix albescens* / A.S. Kostyuk, N.A. Temuryants // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 87-94.

Revealed infradian rhythmicity parameters of pain sensitivity of land snails *Helix albescens*, which includes the following rhythms: $2^d, 1 \pm 0,13$; $2^d, 8 \pm 0,05$; $3^d, 2 \pm 0,04$; $5^d, 0 \pm 0,05$; $6^d, 4 \pm 0,1$; $7^d, 7 \pm 0,07$; $10^d, 8 \pm 0,09$; $12^d, 5 \pm 0,09$. It is shown that the electromagnetic shielding causes changes infradian rhythmicity of pain sensitivity of land snails, which are expressed in a sharp phase shift the rhythms, and the tendency to change their amplitudes.

Keywords: infradian rhythmicity, pain sensitivity, electromagnetic shielding, land snails *Helix albescens*.

Поступила в редакцію 28.11.2009 г.

УДК 612: 796. 015. 86 + 612.13 + 615.821

РЕФЛЕКТОРНЫЕ ЭФФЕКТЫ МИОРЕЛАКСАЦИИ У СПОРТСМЕНОВ И ЛИЦ, НЕ ЗАНИМАЮЩИХСЯ СПОРТОМ

Мишин Н.П.

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

В обзорной статье приведен анализ современного состояния вопроса об организации нейромюовисцеральных взаимодействий в обеспечении физической работоспособности. Показаны возможные пути коррекции дезадаптивных состояний двигательной и висцеральных систем на основе гармонизации миотонуса рефлекторных зон.

Ключевые слова: миорелаксация, центральная нервная система, двигательная система, кардиоваскулярная система, рефлекторные влияния, электроэнцефалограмма.

Вопросы повышения устойчивости к психофизическим нагрузкам в условиях напряженной спортивной и профессиональной деятельности относятся к числу наиболее актуальных проблем спортивной физиологии и медицины, рекреации и физической реабилитации. Управление функциональным состоянием организма возможно только на базе системного подхода, предусматривающего анализ и синтез индивидуальных типологических реакций как на уровне регуляторного аппарата, так висцеральных и исполнительных систем организма, в частности, двигательной системы [1 – 3].

В ряду многокомпонентных структурно-функциональных связей двигательного анализатора роль «триггера» организации ситуационного двигательного поведения принадлежит центральной нервной системе (ЦНС). Паттерн активности ЦНС на её разных уровнях организации определяет вегетативный профиль и координационные характеристики при срочной и долговременной адаптации организма к физическим нагрузкам [4].

Повышенная возбудимость ЦНС и значительная иррадиация возбуждения в моторной зоне коры головного мозга, возникающая вследствие первичной или вторичной функциональной несостоятельности тормозных систем, сопровождаются явлениями, известными под названием "психоэмоциональная напряженность". Это состояние характеризуется гипертонусом, то есть выраженным напряжением работающих и неработающих мышц, приводящим к неадекватным энерготратам, неэкономичному потреблению кислорода и нарушениям координации со стороны биомеханической структуры движений [5].

Вследствие снижения скорости расслабления и нарушения альтернирующего ритма сократительной активности мышц-антагонистов уменьшаются паузы отдыха между быстрыми ритмическими сокращениями мышц, а при очень низкой скорости расслабления они вообще могут отсутствовать. По этой причине существенно ухудшаются кровоснабжение и кислородное обеспечение работающих мышц, а вместе с этим уменьшается доля аэробного ресинтеза АТФ, понижается скорость восстановления энергетических ресурсов, нарастает тканевая гипоксия, ацидоз, "засорение" мышц недоокисленными продуктами обмена и т.д. [5].

Интенсификация деятельности кислородтранспортных систем в условиях гипертонуса неэффективна, поскольку сердце не в состоянии быстро проталкивать кровь через медленно расслабляющиеся мышцы, которые к началу очередного цикла сокращения еще могут иметь более или менее выраженную степень напряжения и значимо улучшить кровоснабжение. Дополнительные энерготраты, возникающие при повышении интенсивности работы регулирующих и кислородтранспортных систем, могут оказаться выше, чем полезный эффект, не говоря уже о возможном перенапряжении этих систем [6].

Отмечена достоверная положительная взаимосвязь релаксации мышц с тормозными и отрицательная – с возбуждающими процессами ЦНС. Доказано ее активное участие в механизмах срочной и долговременной адаптации, нейроэндокринной и метаболической регуляции, в механизмах регуляции и координации движений, физической работоспособности, минимизации энерготрат и скорости восстановительных процессов; в механизмах травм и заболеваний опорно-двигательного аппарата и перенапряжений сердца; в механизмах стресс-устойчивости, иммунологической резистентности, сохранения здоровья и долголетия [4].

Наблюдается много противоречий в изучении рефлекторных воздействий, которые, вероятно, вызваны неоднозначной, а в ряде случаев спорной трактовкой экспериментальных данных, а также обширностью применяемых методов рефлекторного воздействия на организм. Следует отметить фрагментарность исследований влияния рефлекторных воздействий на системы организма, отсутствие единых теорий и подходов к объяснению полученных результатов. Эта неоднозначность дает повод говорить как об отсутствии единых мнений, так и о несомненной актуальности подобного рода исследований.

В связи с этим представлялось целесообразным изучить на основе анализа данных современной литературы рефлекторные эффекты миорелаксации у спортсменов и лиц, не занимающихся спортом.

Некоторые исследования показывают увеличение показателей относительной мощности альфа- и бета-ритмов в картине суммарной электроэнцефалограммы (ЭЭГ) за счет возможного снижения относительной мощности дельта- и тета-ритмов под воздействием тормозного точечного массажа. [7], что связано с уменьшением уровня психофизического напряжения. [8]. Отмечено, что при массаже биологически активных точек наблюдается снижение медианной частоты спектра ЭЭГ в диапазоне бета и альфа-ритмов у здоровых людей [9].

Характер изменения рисунка ЭЭГ связан с интенсивностью рефлекторного массажного воздействия. Существуют данные, показывающие, что при массажных воздействиях различной интенсивности наблюдается развернутый релаксирующий эффект, но наиболее выраженная релаксация отмечается при воздействии массажа средней интенсивности, что характеризуется снижением частоты сердечных сокращений (ЧСС), увеличением мощности дельта-ритма и снижением мощности альфа- и тета-ритмов ЭЭГ. Выявление этих особенностей в лобной зоне коры левого полушария характеризует состояние более глубокой релаксации в сравнении с массажными воздействиями иной интенсивности [10]. В свою очередь показано, что при массаже слабой интенсивности происходит увеличение активации коры мозга, что выражается в снижении мощности дельта-ритма и увеличении мощности бета-ритма ЭЭГ, а также учащении ЧСС [10]. Подобные изменения также характеризуют улучшение показателей когнитивной деятельности после окончания курса массажа [11]. Эти изменения могут быть косвенным образом связаны с усилением активности аминергических систем.

Изменение ЭЭГ в результате рефлекторных воздействий также связаны с уровнем спортивной подготовки. Показано, что характеристики мощности тета- и бета-диапазонов имеют более низкие значения в у наиболее успешных спортсменов в сравнении с менее успешными, данная корреляционная взаимосвязь тета-мощности показана также по отношению к положительным эмоциональным переживаниям [12], возникновением состояния внутренней концентрации и снижением активации левого полушария, сопровождающим достижение высоких спортивных результатов. [13].

При формировании рефлекторного ответа вследствие релаксации мышц существенную роль играет функциональная межполушарная асимметрия (ФМА). Характер межполушарных отношений, изменяющийся при этом, может служить критерием уровня адаптивных возможностей человека [14]. Функциональная межполушарная асимметрия мозга формируется на основе механизма доминанты [15]. Видимо, постоянная афферентация к одним и тем же корковым проекционным системам за счет одностороннего подкрепления или за счет односторонней инструментальной реакции, в контралатеральном полушарии создает стационарное возбуждение, обеспечивающее посылку импульса в конечный путь, завершающийся конкретным рефлекторным актом [16].

У здорового взрослого человека в состоянии покоя межполушарная асимметрия сглаживается, сигнал к работе и любая ориентировочная реакция увеличивают ее, а монотонная работа – уменьшает [17].

Так, при раздражении седалищных нервов в двигательной коре регистрируется распределение вызванных потенциалов (ВП), которое характеризуется асимметрией, носящей парциальный характер [18].

Функциональные показатели асимметрии моторики количественно и качественно варьируют в зависимости от достижения поставленной цели, вне связи с исходным типом латеральной преференции [16]. Особая роль в переработке всех поступающих в организм сигналов, выработке двигательных программ и речевом управлении движениями принадлежит левому полушарию (в т.н. «центре принятия

решений», левой лобной доле), которое у всех правой является доминирующим. У высококвалифицированных спортсменов при понижении уровня спортивной работоспособности (при перерывах в тренировке, после болезни, по мере развития состояния перетренированности), а также у спортсменов низкой квалификации важные для работы межцентральные корреляции в большей степени проявляются в правом полушарии [19]. Однако моторная асимметрия в конкретном виде спорта зависит от симметричности или асимметричности технических действий [20], перекрестная моторная асимметрия встречается у многих представителей циклических видов спорта. Профиль латеральной организации мозга, или индивидуальный профиль асимметрии, рассматривается как фактор, обеспечивающий индивидуальную специфику двигательных функций. Он представляет распределение доминирования активности мозга в организации моторных и сенсорных функций [21]. Профиль межполушарной асимметрии и степень моторной асимметрии влияют на латентное время двигательной реакции на звуковые и световые стимулы [22].

Доказано существование латерализации нейрофизиологических механизмов регулирования общей реактивности и иммунного гомеостаза организма. Усиление функционирования холинергических систем мозга связано с преобладанием активности правого полушария, норадренергических – левого.

Правое полушарие, контролируя гомеостатические процессы в организме человека и перестраивая их в соответствии с изменениями во внешней среде, обеспечивает регуляцию биологических механизмов адаптации, левое полушарие в большей степени отвечает за социальную адаптацию [23]. Активность правой гемисферы соответствует фазе перестройки, поиску, спонтанному поведению. Правое полушарие обладает уникальными свойствами подготовки организма к внешним изменениям, под его постоянным контролем находятся гипоталамо-гипофизарная и симпато-адреналовая системы [24].

Для спортсменов-единоборцев и других спортсменов ситуационных видов спорта предпочтительным типом является амбидекстрия, когда симметрия рук сочетается с различными вариантами сенсомоторных признаков [25]. Так, у правой рабочей системы взаимосвязанных корковых центров обнаруживается не в левом, а в правом полушарии. Это дает основание признать переменный характер доминирования полушарий в регуляции произвольных движений человека.

Таким образом, тип латерального профиля межполушарной асимметрии мозга составляет нейрофизиологическую основу формирования индивидуальных различий двигательных паттернов, регламентирует функциональные характеристики произвольных движений и позы прямохождения, возрастные особенности их организации и управления и корковые ответы на рефлекторные воздействия [26].

Так, существуют данные, что под влиянием динамической электростимуляции наблюдается восстановление мощности альфа-ритма и нормализация показателей межполушарной асимметрии, а также высокая когерентность между различными областями мозга в области корковых ритмов у больных вертеброгенными болевыми синдромами шейной, грудной и поясничной локализации [27].

Одной из характеристик активности нервно-мышечного аппарата является показатель мышечной силы и мышечного тонуса. Известно, что увеличение мышечной силы в процессе спортивных тренировок отражается в увеличении амплитуды электромиограммы (ЭМГ). Это объясняется усилением активности двигательных нейронов и усилением нисходящих влияний от ЦНС до мышечных волокон. Выявлено, что амплитуда ЭМГ больше возрастает при тонических мышечных сокращениях, нежели при фазических. Однако упражнения, направленные на гармонизацию реципрокных взаимоотношений мышц - антагонистов, изменяют эту картину, улучшая процессы нейромышечной активации при мышечной дистрофии нижних конечностей [28].

Существует гипотеза, что физиологические изменения в результате рефлекторного массажного воздействия связаны со снижением активности альфа-мотонейронов. Так, показано, что после массажного воздействия значительно снижается активность альфа-мотонейронов, что отражается в изменении Н-ответа в рисунке ЭМГ [29], в частности, массаж трицепса приводит к существенному снижению амплитуды Н-ответа ЭМГ на 0,83 милливольт [30].

Характер изменения показателей ЭМГ могут быть также связан с длительностью рефлекторного воздействия [31]. При изучении эффектов воздействия массажа разной степени интенсивности было обнаружено, что применение только активного, динамического воздействия приводит к изменениям в характеристиках возбудимости мотонейронов, однако данный эффект является кратковременным и длится не более 1 минуты [32]. Так как последовательное включение большего количества мотонейронов в процессе активации, а также скорость проведения возбуждения в мышечных волокнах не влияет на мышечную силу [33].

Особенности изменения биоэлектрической активности мышц в результате рефлекторных воздействий также могут быть связаны с особенностями применяемых методов. Например, такое рефлекторное воздействие, как иглоукалывание, проводимое в области сухожилий, снижает латентность и амплитуду F-волны ЭМГ в сравнении с акупунктурным воздействием, проводимом по стандартной методике в области мышц [34], что связано с деполяризацией отдельных мышечных волокон [35]. Существуют данные, что рефлекторные эффекты мануальной цервикальной тракции выражаются в снижении амплитуды Н-ответа ЭМГ, приводя к большему расслаблению и меньшей возбудимости альфа-мотонейронов [36].

Однако в работах некоторых авторов высказывается сомнение относительно положительного эффекта некоторых рефлекторных воздействий приводящих к расслаблению мышц. Так, Clarke J. и соавторы не отмечают при применении пассивной тракции эффекта превышающего методы общепринятого лечения болей в спине [37], пояснично-крестцового радикулита [38], люмбалгий и ишиалгий [39], обусловленных повышенным тонусом паравертебральных мышц.

Однако рядом авторов получены противоположные результаты в исследованиях применения физиотерапии, лечебной физической культуры (ЛФК), массажа, мануальной и аппаратной тракции. Отмечено уменьшение болевого синдрома, при применении ЛФК, аппаратной тракции и мануальной коррекции при

дискогенных болях в поясничном отделе позвоночника [40], протрузией 1-3 поясничных дисков [41], синдроме хронических болей в спине [42, 43]. Наряду с этим воздействие тракционной миорелаксации приводит к частичному или полному восстановлению максимальной произвольной силы мышц спины при корешковых синдромах люмба-сакрального отдела позвоночника [44], хронического люмбаго и пояснично-крестцового радикулита [45, 46].

Заслуживают внимания исследования некоторых авторов, показавшие, что в этиопатогенезе некоторых профзаболеваний, спортивных травм и снижении физической работоспособности от перенапряжения, значительную роль играет не сам фактор перегрузки опорно-двигательного аппарата однотипными движениями, а функциональное состояние нервно-мышечной системы (НМС), в частности гипертонус мышц в покое и недостаточная способность мышц к релаксации [3, 47, 48].

Как известно, активное выполнение физической нагрузки спортсменами, в первую очередь сказывается на состоянии сердечно-сосудистой системы, так как именно она отражает количественную сторону адаптационно-приспособительной деятельности и возможностей целостного организма [49, 50]. В том случае если эти возможности не снижены, их поддержание на должном уровне осуществляется за счет определенного напряжения регуляторных систем, во всех морфофункциональных структурах двигательного аппарата [6, 51, 52].

Из факторов, влияющих на оптимизацию кровообращения в настоящее время, выделяют три существенных фактора: минутный объем кровотока (МОК), общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС) и объем депонированной крови в мышцах и емкостных сосудах (т.н. венозный возврат).

Величина МОК является главным детерминантом транспорта кислорода при нагрузке. Как известно, реально лимитируют величину МОК две переменные – ЧСС и величина ударного объема кровотока (УОК).

Известно, что экономизация сердечной деятельности формируется как за счет урежения ритма, так и за счет снижения потребления кислорода миокардом не только в условиях физиологического покоя, но и во время физической нагрузки. Именно поэтому уровень физической работоспособности у спортсменов существенно превышает значения этого показателя у нетренированных людей [53].

В литературе существует множество данных относительно влияния различных миорелаксирующих воздействий на сердечно-сосудистую систему и систему крови у спортсменов. Хотя некоторыми авторами данный факт ставится под сомнение. Так Hinds и соавторы не обнаружили достоверных различий между массажем и пассивным отдыхом в показателях кровотока бедренной артерии, кожного кровотока, температуре кожи мышц бедра, а также в ЧСС и АД [54], абсолютными и относительными показателями концентрации лактата в крови [55, 56].

Противоположные данные о влиянии ручного массажа в восстановительном периоде на регионарное кровообращение получены Mori и соавт. [57, 58]. Обнаружено достоверное увеличение кожного и мышечного кровотока, оксигенации тканей, а также повышение температуры кожи работающих мышц, после восстановительного массажа поясничной области, в сравнении с применением пассивного отдыха при повторных физических нагрузках [58, 59].

Также показано, что показатели регионального мозгового кровообращения возрастают в париетальной коре при воздействии массажа, по сравнению с пассивным отдыхом. Вероятно, существует связь между увеличением регионального мозгового кровообращения и снижением ЧСС в течение массажа. Наблюдается также высокая зависимость между показателями кровообращения амигдалы, переднего мозга и парасимпатическими влияниями (снижение ЧСС), что указывает на причастность системы миндалины переднего мозга в медиаторной активации автономной нервной системы в покое [60]. Кроме того, по данным доплеровского исследования глубокий рефлексорно-мышечный массаж в сочетании с тракционной миорелаксацией скелетных мышц приводит к снижению параметров индекса сосудистого сопротивления на 86%, увеличению средней скорости кровотока на 30%, уменьшению асимметрии кровотока в системе позвоночных артерий [61].

Рефлексорное воздействие точечного массажа приводит к достоверным положительным изменениям реографического индекса, УОК и МОК [62], а также положительно влияет на восстановление периферического кровоснабжения после физических нагрузок [63]. Под воздействием массажа отмечается достоверное снижение показателей систолического артериального давления, диастолического артериального давления, среднего артериального давления, сердечного ритма и кожного кровотока [64].

Применение комплекса тракции скелетных мышц, по данным холтеровского ЭКГ-мониторинга, оптимизирует восстановление сердечно-сосудистой системы после окончания тренировки при условии максимальной релаксации мышц [65].

ВЫВОДЫ

1. Кортикопетальная афферентация кожной и проприорецептивной модальности изменяет паттерн фоновой ЭЭГ и функциональную межполушарную асимметрию в зависимости от раздражения проприорецептивного поля.
2. Характер изменения показателей ЭЭГ рефлексорно проецируется на функциональную реактивности висцеральных, в частности кислородтранспортных и O_2 -утилизирующих систем, и их адаптацию к физической нагрузке.
3. Обратные проекции от проприорецепции двигательной системы и соматических рецептивных полей модулируют активность ЦНС на разных структурно-функциональных уровнях. И, посредством кутано- и миовисцеральных рефлексов, повышают уровень физической работоспособности.
4. При функциональных нарушениях эффекторных компонентов двигательной системы в форме мышечных гипертонусов нарушается рефлексорная сопряженность взаимодействия регулирующих, вегетативных и исполнительных систем. Миорелаксация направленная на гармонизацию миотонуса восстанавливает эти динамические отношения и повышает экономичность адаптационных процессов.

Список литературы

1. Васильев Н.В. Система крови и неспецифическая резистентность в экстремальных климатических условиях / Васильев Н.В., Захаров Ю.М., Коляда Т.И. – Новосибирск: ВО Наука, 1992. – 257 с.
2. Викулов А.Д. Реологические свойства крови в системе комплексной оценки кровообращения у высококвалифицированных спортсменов / А.Д. Викулов // Теория и практика физ. культуры. – 1997. – № 4. – С. 5–8.
3. Высочин Ю.В. Миорелаксация в механизмах специальной физической работоспособности и повышение эффективности подготовки футболистов [Учеб. пос.] / Ю.В. Высочин, Ю.П. Денисенко – Набережные Челны, 2000. – 48 с.
4. Высочин Ю.В. Факторы, лимитирующие прогресс спортивных результатов и квалификации футболистов / Ю.В. Высочин, Ю.П. Денисенко // Теор. и практ. физ. культ. – 2001. – № 2. – С. 17–21.
5. Высочин Ю.В. Релаксационный механизм срочной адаптации к физическим нагрузкам и гипертермии / Ю.В. Высочин // Средства и методы повышения специальной работоспособности и технического мастерства юных и взрослых спортсменов: Сб. науч. тр. – Л.: ГДОИФК им. П.Ф. Лесгафта. – 1983. – С. 5–18.
6. Меерсон Ф.З. Адаптация, стресс и профилактика / Меерсон Ф.З. – М.: 1981. – 278 с.
7. Цыденова Н.В. Точечный массаж как средство профилактики перенапряжений опорно-двигательного аппарата у спортсменов / Н.В. Цыденова // Физиология, бальнеология и реабилитация. – 2004. – №3. – С.23–26.
8. Dullenkopf A. The influence of acupressure on the monitoring of acoustic evoked potentials in unsedated adult volunteers / A. Dullenkopf, A. Schmitz, G. Lamesic [et al.] // Anesth Analg. – 2004. – №99. – P. 1147–1151.
9. Litscher G. Effects of acupressure, manual acupuncture and Laserneedle acupuncture on EEG bispectral index and spectral edge frequency in healthy volunteers / G. Litscher // Eur. J. Anaesthesiol. – 2004. – №21. – P. 13–19.
10. Massage therapy of moderate and light pressure and vibrator effects on EEG and heart rate / M.A. Diego, T. Field, C. Sanders [et al.] // Int. J. Neurosci. – 2004 – Vol. 114, №1 – P. 31–44.
11. Massage therapy reduces anxiety and enhances EEG pattern of alertness and math computations. / T. Field, G. Ironson, F. Scafidi [et al.] // Int. J. Neurosci. – 1996. – Vol 86, № 3–4 – P. 197–205.
12. Афтанас Л.И. Эмоциональное пространство человека: психофизиологический анализ / Афтанас Л.И. – Новосибирск.: СО РАМН, 2000. – 126 с.
13. Фомина Е.В. Особенность частотно-пространственной организации активности коры головного мозга как предиктор успешности в спорте / Е.В. Фомина // Теория и практика физ. культуры. – 2005. – № 10. – С. 57–59.
14. Нейроиммунные отношения при нормальном старении и деменциях Альцгеймеровского типа / В.Ф. Фокин, Н.В. Пономарева, Л.В. Андросова [и др.] // Вестник РАМН. – 1996. – №3. – 4. – С. 32–39.
15. Бианки В.Л., Бинокулярное взаимодействие в парастриарной коре крыс при изменении интенсивности одного из монокулярных стимулов / В.Л. Бианки, Е.Б. Филиппова // Нейрофизиология. – 1973, – Т.5, №2. – С.128–132.
16. Батуев А.С. Принципы конвергенции и доминанты / А.С. Батуев // Физиол. ж. СССР. – 1976, – Т.62, №6. – С. 817–824.
17. Butler S.R. Asymmetries in the electroencephalogram associated with cerebral dominance / S.R. Butler, A. Glass // Electroencephalogr. And Clin. Neurophysiol. – 1974. – Vol. 36, №5. – P. 481–491.
18. Бианки В.Л. Функциональная межполушарная асимметрия в двигательной коре при раздражении нервов задних конечностей / В.Л. Бианки, И.А. Макарова // Вестн. Ленинг. Ун-та. – 1978. – №9. – С. 67–75.
19. Сологуб Е.Б. Электроэнцефалографическая характеристика деятельности мозга у спортсменов. / Е.Б. Сологуб // Лекция для факультета повышения квалификации. – Л.: 1975. – 25 с.
20. Сологуб Е.Б. Спортивная генетика [Учебное пособие для высш. учеб. зав. физической культуры] / Е.Б. Сологуб, В.А. Таймазов – М.: Терра – Спорт. – 2000. – 127 с.
21. Нейропсихология индивидуальных различий [Учебное пособие] / Хомская Е.Д., Ефимова И.В., Будыка Е.В. [и др.] – М.: Российское педагогическое агентство. – 1997. – 281 с.

22. Двигательная асимметрия в спорте [Методическая разработка] / Саидов А.А. – М.: ГЦОЛИФК. – 1981. – 30 с.
23. Ротенберг В.С. Поисковая активность и адаптация. / В.С. Ротенберг, В.В. Аршавский. – М.: Наука, 1984. – 192 с.
24. Witting W. The right hemisphere and the human stress response / W. Witting // *Acta Physiol. Scand. Suppl.* – 1997. – Vol. 640. – P. 55–59.
25. Ефимова И.В. Функциональная асимметрия и ее значение в спортивной практике (на примере самбо) / И.В. Ефимова, В.А. Куприянов // *Теория и практика физической культуры*. – 1995. – № 2. – С. 23–24.
26. Индивидуальный профиль асимметрии и проблема оценки статического равновесия: Материалы VII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 100-летию современных олимпийских игр [Олимпийское движение и социальные процессы]. – Краснодар. – 1997. – Ч. 2. – С. 189–190.
27. Влияние динамической электронейростимуляции на гомеостаз при лечении болевых синдромов / И.М. Черныш, М.В. Королева, Л.Б. Краснова [и др.] // *Рефлексотерапия*. – 2007. – №1. – С. 20–25.
28. Neuromuscular activation in conventional therapeutic exercises and heavy resistance exercises: implications for rehabilitation / L.L. Andersen, S.P. Magnusson, M. Nielsen [et al.] // *Phys. Ther.* – 2006 – Vol.86, №5 P. 683–697.
29. Dishman J.D. Comparison of effects of spinal manipulation and massage on motoneuron excitability / J.D. Dishman, R. Bulbulian // *Electromyogr Clin Neurophysiol.* – 2001 – Vol.2, №41 – P. 97–106.
30. Effects of massage on alpha motoneuron excitability / S.J. Sullivan, L.R. Williams, D.E. Seaborne [et al.] // *Phys Ther.* – 1991. – Vol.71, №8 – P. 555–560.
31. The effect of massage on localized lumbar muscle fatigue / T.H. Tanaka, G. Leisman, H. Mori [et al.] // *BMC Complement Altern Med.* – 2002. – Vol. 2. – P. 1–9.
32. Newham D.J. Effect of manual therapy techniques on the stretch reflex in normal human quadriceps / D.J. Newham, E. Lederman // *Disabil Rehabil.* – 1997.–Vol.19, №8. – P. 326–331.
33. Effect of lower limb massage on electromyography and force production of the knee extensors / A.M. Hunter, J.M. Watt, V. Watt [et al.] // *Br. J. Sports Med.* – 2006. – Vol. 2, №40. – P. 114–118.
34. Tan T. Effect of acupuncture and massage at tendon on F-wave of electromyogram in the patient of flexor spasm of the upper limb after operation of cervical spondylosis / T. Tan, S.C. Wang, G.J. Zhang // *Zhongguo Zhen Jiu.* – 2006. – Vol. 26, №10. – P. 725–728.
35. Chu J. The local mechanism of acupuncture / J. Chu // *Zhonghua Yi Xue Za Zhi (Taipei)*. – 2002. – Vol. 65, №7. – P. 299–302.
36. Bradnam L. Manual cervical traction reduces alpha-motoneuron excitability in normal subjects / L. Bradnam, L. Rochester, A. Vujnovich // *Electromyogr Clin Neurophysiol.* – 2000. – Vol.40, №5. – P. 259–266.
37. Traction for low back pain with or without sciatica: an updated systematic review within the framework of the Cochrane collaboration. / J. Clarke, M. van Tulder, S. Blomberg [et al.] // *Spine.* – 2006. – Vol. 15, №14. – P. 1591–1599.
38. Traction for low-back pain with or without sciatica / J.A. Clarke, M.W. van Tulder, S.E. Blomberg [et al.] // *Cochrane Database Syst Rev.* – 2005. – Vol.19, №4. – P. 10–20.
39. Manual autotractor: preliminary study on the effectiveness of a new device for back pain treatment. / D. Bonaiuti, R. Gatti, A. Raschi [et al.] // *Eura Medicophys.* – 2004. – Vol.40, №2 – P. 75–81.
40. Far-lateral disk herniation: case report, review of the literature, and a description of nonsurgical management. / R.E. Erhard, W.C. Welch, B. Liu [et al.] // *J. Manipulative Physiol Ther.* – 2004. – Vol. 27, №2. – P. 3–10.
41. Tesio L. A unidimensional pain/disability measure for low-back pain syndromes / L. Tesio, C.V. Granger, R.C. Fiedler // *Pain.* – 1997. – Vol.69, №3. – P. 269–278.
42. Blomberg S. A randomized study of manual therapy with steroid injections in low-back pain. Telephone interview follow-up of pain, disability, recovery and drug consumption / S. Blomberg, K. Svardsudd, G. Tibblin // *Eur Spine J.* – 1994. – Vol.3, №5. – P. 246–254.
43. Tesio L. Autotractor versus passive traction: an open controlled study in lumbar disc herniation. / L. Tesio, A. Merlo // *Arch Phys Med Rehabil.* – 1994. – Vol.75, №2. – P. 234–235.

44. Knutsson E. Changes in voluntary muscle strength, somatosensory transmission and skin temperature concomitant with pain relief during autotractive in patients with lumbar and sacral root lesions / E. Knutsson, C.R. Skoglund, E. Natchev // *Pain*. – 1988. – Vol.33, №2. – P. 173–179.
45. Gillstrom P. Long-term results of autotractive in the treatment of lumbago and sciatica. An attempt to correlate clinical results with objective parameters / P. Gillstrom, A. Ehrnberg // *Arch Orthop Trauma Surg*. – 1985. – Vol.104, №5. – P. 294–298.
46. Ljunggren A.E. Autotractive versus manual traction in patients with prolapsed lumbar intervertebral discs / A.E. Ljunggren, H. Weber, S. Larsen // *Scand J Rehabil Med*. – 1984. – Vol.16, №3. – P. 117–124.
47. Lundervoid A.J.S. Electromyographic investigations of position and manner of working in type writing. / A.J.S. Lundervoid // *Acta Physiol. Scand*. – 1951. – №24 – P. 64–72.
48. Tonnis D. Results of newborn screening for CDH with and without sonography and correlation of risk factors. / D. Tonnis, K. Storch, H. Ulbrich // *J. Pediatr Orthop*. – 1990. – №10. – P. 145–152.
49. Баевский Р.М. Протезирование состояний на грани нормы и патологии / Баевский Р.М. – М.: Медицина, 1979. – 298 с.
50. Меерсон Ф.З. Адаптация сердца к большой нагрузке и сердечная недостаточность / Меерсон Ф.З. – М.: 1975. – 263 с.
51. Казначеев В.П. Современные аспекты адаптации / Казначеев В.П. – Новосибирск: Наука, 1980. – 158 с.
52. Поборский А.Н. Динамика вработываемости и адаптации некоторых функциональных систем у студентов-первокурсников при регулярной физической нагрузке / А.Н. Поборский // *ТиПФК*. – 1997. – №8. – С. 34–40.
53. Сердечно-сосудистая система и физическая работоспособность у юных спортсменов / З.Б. Белоцерковский, Б.Г. Любила, Е.В. Богданова [и др.] // *Международный научный конгресс «Современный олимпийский спорт и спорт для всех»*. – 2003. – Т.2. – С. 14–15.
54. Effects of massage on limb and skin blood flow after quadriceps exercise / T. Hinds, I. McEwan, J. Perkes [et al.] // *Med Sci Sports Exerc*. – 2004. – Vol. 36, №8. – P. 1308–1313.
55. The Comparative Effects of Sports Massage, Active Recovery, and Rest in Promoting Blood Lactate Clearance After Supramaximal Leg Exercise / N.A. Martin, R.F. Zoeller, R.J. Robertson [et al.] // *J Athl Train*. – 1998. – Vol.33, №1. – P. 30–35.
56. Robertson A. Effects of leg massage on recovery from high intensity cycling exercise / A. Robertson, J.M. Watt, S.D. Galloway // *Br. J. Sports Med*. – 2004. – Vol.38, №2. – P. 173–176.
57. The effects of lumbar massage on muscle fatigue, muscle oxygenation, low back discomfort, and driver performance during prolonged driving / J.L. Durkin, A. Harvey, R.L. Hughson [et al.] // *Ergonomics*. – 2006. – Vol.15, №1. – P. 28–44.
58. Effect of massage on blood flow and muscle fatigue following isometric lumbar exercise / H. Mori, H. Ohsawa, T.H. Tanaka [et al.] // *Med Sci Monit*. – 2004. – Vol.10, №5. – P. 173–178.
59. Effects of massage on physiological restoration, perceived recovery, and repeated sports performance / B. Hemmings, M. Smith, J. Graydon [et al.] // *Br J Sports Med*. – 2000– Vol.34, №2. – P. 109–114.
60. Changes in cerebral blood flow under the prone condition with and without massage / Y. Ouchi, T. Kanno, H. Okada [et al.] // *Neurosci Lett*. – 2006. – Vol.23, №2. – P. 131–135.
61. Аксенова А.М. Сравнительная характеристика влияния глубокого мышечного массажа и интенона на организм детей с перинатальной патологией нервной системы. / А.М. Аксенова, Е.А. Балакирева, Н.П. Сереженко // *ЛФК и массаж*. – 2004. – Т.14, № 5. – С.11–14.
62. Точечный массаж как метод повышения работоспособности спортсменов: Международный научный конгресс [«Современный олимпийский спорт и спорт для всех»]. – 2000. – С. 115–116.
63. Сахаль Эль Фарран. Влияние массажа на восстановление периферического кровообращения после тренировочных нагрузок у квалифицированных бегунов на средние дистанции: Дис. ...канд. наук по физ. воспитанию и спорту. 24.00.02. / Сахаль Эль Фарран – К., – 1998. – 264 с.
64. Felhendler D. Effects of non-invasive stimulation of acupoints on the cardiovascular system. / D. Felhendler, B. Lisander. // *Complement Ther Med*. – 1999. – Vol.7, №4. – P. 231–234.
65. Спирин В. К. Оптимизация восстановления сердечно-сосудистой системы путем применения упражнений на растягивание скелетных мышц / В. К. Спирин // *Теория и практика физ. культуры*. – 2004. – № 5. – С. 12–14.

Мішин М.П. Рефлекторні ефекти міорелаксації у спортсменів і осіб що не займаються спортом / М.П. Мішин // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 95-105.

У оглядовій статті приведено аналіз сучасного стану питання про організацію нейроміовісцеральних взаємодій в забезпеченні фізичної працездатності. Показані можливі дороги корекції дезадаптивних станів рухової і вісцеральних систем на основі гармонізації міотонуса рефлекторних зон.

Ключові слова: міорелаксація, центральна нервова система, рухова система, кардіоваскулярна система, рефлекторні впливи, електроенцефалограма.

Mishin N.P. The reflex effects miorelaxation at sportsmen and not sportsmen / N.P. Mishin // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. - Series: Biology, chemistry. - 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 95-105.

In a review the analysis of a modern condition of a question on the organization neuromiovisceral interactions in maintenance of physical working capacity is resulted. Possible ways of correction desadaptation conditions impellent and visceral systems on the basis of harmonization miotonus reflex zones are shown.

Keywords: miorelaxation, central nervous system, impellent system, cardiovascular system, reflex influences, electroencephalogram.

Поступила в редакцію 16.12.2009 г.

УДК 577.112.4:598/599

ВЛИЯНИЕ ГИПЕРИНСУЛИНЕМИИ НА ОТДЕЛЬНЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У БОЛЬНЫХ С НАДПОЧЕЧНИКОВОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ

Никольская В.А., Недбайло И.Н.

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

Приведены данные, свидетельствующие о достоверном влиянии гиперинсулинемии на содержание С-пептида и концентрации кортизола в сыворотке крови и глюкозы в эритроцитах у больных с надпочечниковой недостаточностью по сравнению с контрольной группой. Выявлено расхождение в содержании ионов калия и натрия в сыворотке крови и гемолизате эритроцитов у контрольной группы лиц и больных надпочечниковой недостаточностью.

Ключевые слова: гиперинсулинемия, гипогликемия, надпочечниковая недостаточность.

ВВЕДЕНИЕ

Поддержание концентрации глюкозы в крови на определенном уровне является примером одного из самых совершенных механизмов гомеостаза организма, в функционировании которого участвуют печень, внепеченочные ткани и некоторые гормоны [1 – 5]. У практически здоровых людей снижение уровня глюкозы в крови вызывает рефлекторную обусловленную интенсификацию распада гликогена в печени (гликогенолиз) вследствие чего концентрация глюкозы в крови возвращается к своему прежнему уровню. Одним из типов регуляции углеводного обмена является гормональный. На уровень глюкозы в крови влияет широкий спектр гормонов, при этом только инсулин вызывает гипогликемический эффект [1 – 3].

В современных научных исследованиях много внимания уделяется изучению гиперинсулинемии. Гиперинсулинемия наблюдается при заболеваниях поджелудочной железы, сопровождающихся гиперсекрецией инсулина, при инсулинпродуцирующих опухолях островков поджелудочной железы. Так же повышенное содержание инсулина развивается у больных с поражением печени, желудочно-кишечного тракта, центральной нервной системы. К гиперинсулинемии приводит превышение дозировки инсулина в процессе лечения больных сахарным диабетом, нарушение ими режима питания [4 – 7]. Большое количество работ посвящено изучению влияния гиперинсулинемии на биохимические показатели сыворотки крови при различных патологических состояниях, тем не менее, следует

отметить, что влияние повышенного содержания инсулина на биохимические показатели сыворотки крови и эритроцитов у больных с надпочечниковой недостаточностью не показано.

Целью работы явилось изучение влияния гиперинсулинемии на отдельные биохимические показатели сыворотки крови и гемолизата эритроцитов больных с надпочечниковой недостаточностью.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований служила сыворотка крови и гемолизат эритроцитов больных с надпочечниковой недостаточностью и группы практически здоровых людей. Для определения концентрации кортизола и С-пептида в сыворотке крови использовали метод твердофазного иммуноферментного анализа [8, 9]. Гемолизат эритроцитов получали по методу Драбкина [10]. Определение уровня глюкозы в сыворотке крови и в гемолизате эритроцитов проводили ферментативным методом [11]. Содержание ионов калия и натрия в сыворотке крови проводили с помощью микроанализатора Radelkis. Определение ионов калия и натрия в эритроцитах проводили турбидиметрическим методом без депротеинизации [12]. Оценка достоверности различий между данными, полученными в результате исследования, проводилась с использованием t-критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что инсулин образуется в результате отщепления фрагмента – С-пептида от молекулы проинсулина. Секретируется С-пептид в кровь в количествах эквивалентных инсулину. Кортизол – гормон стресса, являясь антагонистом инсулина, защищает организм от любых резких изменений физиологического равновесия, воздействуя на обмен белков, углеводов, липидов, электролитный баланс.

У группы больных с надпочечниковой недостаточностью наблюдаются достоверное снижение содержания кортизола в сыворотке крови на 23% и увеличение на 33% концентрации С-пептида по сравнению с контрольной группой (табл. 1).

Таблица 1.

Содержание гормона кортизола в сыворотке крови у лиц контрольной группы и больных с надпочечниковой недостаточностью, нмоль/л ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Исследуемый материал	Содержание кортизола	Содержание С-пептида
Сыворотка крови лиц контрольной группы (n = 10)	251,0± 5,3	811±35,5
Сыворотка крови больных с надпочечниковой недостаточностью (n = 6)	191,4±6,4 *	1080±39,7 *

Примечание: * – достоверность различий показателей по сравнению с контрольной группой (p<0,01).

Это может быть связано не столько с увеличением секреции инсулина β -клетками островков Лангерганса, а – со снижением секреции кортизола корой надпочечников. Дефицит гормона-антагониста инсулина – кортизола, может вызвать повышение уровня инсулина, и в частности С-пептида [13 – 14].

Особенность выявления гипогликемии состоит в том, что до критического снижения глюкозы в крови признаков развития этого симптома может не наблюдаться. Бессимптомная гипогликемия может возникнуть на фоне инсулинотерапии. Отсутствие симптомов обусловлено подавлением контринсулярной активности. Снижение уровня глюкозы не сопровождается повышенной выработкой адреналина. В таких случаях кома развивается внезапно. Гипогликемия требует безотлагательного лечения, поиска и устранения провоцирующих ее факторов [14].

У группы больных с надпочечниковой недостаточностью наблюдается достоверное снижение концентрации глюкозы, как в сыворотке крови, так и в гемолизате эритроцитов на 22 – 25%, соответственно, по сравнению с контрольной группой (табл. 2).

Таблица 2.

Содержание концентрации глюкозы в сыворотке крови и в гемолизате эритроцитов контрольной группы и больных надпочечниковой недостаточностью, ммоль/л ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Исследуемый материал	Содержание глюкозы
Сыворотка крови лиц контрольной группы (n = 10)	4,63 $\pm$ 0,21
Сыворотка крови больных с надпочечниковой недостаточностью (n = 6)	3,61 $\pm$ 0,16 *
Гемолизат эритроцитов контрольной группы (n = 10)	4,47 $\pm$ 0,18
Гемолизат эритроцитов больных с надпочечниковой недостаточностью (n = 6)	3,37 $\pm$ 0,15 *

Примечание: * – достоверность различий показателей по сравнению с контрольной группой (p<0,01).

Снижение концентрации глюкозы в сыворотке крови у больных с гипофункцией коры надпочечников чаще всего связано с абсолютным или относительным повышением уровня инсулина в крови. Гиперинсулинемия ингибирует гликогенолиз и тормозит процессы глюконеогенеза. Снижение продукции глюкозы в условиях продолжающейся утилизации ее мозгом и другими тканями приводит к гипогликемии. Так как на эритроцитах не найден инсулиновый рецептор, по-видимому, снижение концентрации глюкозы в эритроцитах связано с нарушением транспорта глюкозы в эритроциты.

Несмотря на то, что физиологические функции калия и натрия в организме различны, для их определения используют одинаковые физиологические принципы [15]. Подавляющая часть калия находится внутри клеток, и его концентрация в плазме, которая лишь приблизительно отражает общее содержание элемента в

организме, может колебаться в незначительных пределах. Натрий исключительно внеклеточный элемент, его общее количество хорошо коррелирует с объемом межклеточной жидкости. Ионы калия и натрия имеют первостепенное значение для обеспечения возбудимости мембран.

Результаты исследования концентрации ионов калия и натрия в сыворотке крови контрольной группы и больных надпочечниковой недостаточностью представлены в таблице 3. У больных с надпочечниковой недостаточностью наблюдается тенденция к увеличению концентрации калия и уменьшению натрия в сыворотке крови по сравнению с контрольной группой. Показаны достоверные изменения концентрации исследуемых ионов в эритроцитах больных с гипофункцией коры надпочечников: в направлении увеличения на 10,9% – для концентрации ионов калия и повышения на 23% – для ионов натрия, по сравнению с контрольной группой.

Таблица 3.

Содержание ионов калия и натрия в сыворотке крови и в эритроцитах контрольной группы и больных надпочечниковой недостаточностью, ммоль/л ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Исследуемый материал	Содержание калия	Содержание натрия
Сыворотка крови контрольной группы (n = 10)	4,39±0,13	142,3±6,3
Сыворотка крови больных с надпочечниковой недостаточностью (n = 6)	4,68±0,19	134,6±5,7
Гемолизат эритроцитов контрольной группы (n = 10)	92,50±3,67	17,6±0,7
Гемолизат эритроцитов больных с надпочечниковой недостаточностью (n = 6)	102,60±3,08 *	13,4±0,4 *

Примечание: * – достоверность различий показателей по сравнению с контрольной группой ($p < 0,01$).

Всасывание натрия усиливается в присутствии кортизола, а так как у больных с надпочечниковой недостаточностью наблюдается достоверное снижение кортизола, то в результате этого снижается концентрация натрия в крови, приводящие к уменьшению концентрации глюкозы в эритроцитах из-за нарушения механизма транспорта глюкозы в клетку [6]. Нарушение ионного обмена связано с недостаточной секрецией гормонов коры надпочечников и сопровождается комплексом структурно-метаболических нарушений эритроцитов в виде дезорганизации плазматических мембран с увеличением проницаемости мембраны для ионов воды [6, 16 – 18].

ВЫВОДЫ

1. Установлено, что при воздействии гиперинсулинемии у группы больных с надпочечниковой недостаточностью наблюдается достоверное снижение

содержания кортизола и достоверное увеличение содержания С-пептида в сыворотке крови по сравнению с контрольной группой.

2. Отмечено, что влияние гиперинсулинемии у больных с надпочечниковой недостаточностью приводит к достоверному снижению концентрации глюкозы в сыворотке крови и гемолизате эритроцитов по сравнению с контрольной группой.
3. В условиях гиперинсулинемии у группы больных с надпочечниковой недостаточностью наблюдается тенденция к увеличению ионов калия и натрия в сыворотке крови по сравнению с контрольной группой. Концентрация натрия в эритроцитах крови у больных с гипопункцией коры надпочечников достоверно уменьшена, а калия увеличена по сравнению с контрольной группой.

Список литературы

1. Дедов И.И. Эндокринология / И.И. Дедов, Г.А. Мельниченко, В.В. Фадеев – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2007. – С.177–220.
2. Ангельски С. Клиническая биохимия / С. Ангельски, З. Якубовки, Г. Доминичак – Сопот, 1988. – С. 135–158.
3. Данн М.Дж. Почечная эндокринология / Данн М.Дж. – Москва: Медицина, 1987. – 667 с.
4. Гроллман А. Клиническая эндокринология и ее физиологические основы / Артур Гроллман, пер. с англ. И. А. Эскин. – Москва: Медицина, 1989. – 338 с.
5. Лавина Н. Эндокринология / Н.С. Лавина, пер. с англ. док. мед. наук В.И. Кандрора. – Москва: Практика, 1999. – С. 683–701.
6. Биохимия человека. Т.2 / [Марри Р., Греннер Д., Мейес П., Родуэлл В.], пер. с англ. М.Д. Гроздовой. – Москва: МИР, 1993. – 415 с.
7. Горячковский А.М. Клиническая биохимия / А.М. Горячковский– Одесса: Астропринт, 2004. – С. 287–325.
8. Долгов В.В. Лабораторная диагностика нарушений обмена углеводов / В.В.Долгов, Т.Ю. Демидова– Москва: Практика, 2002. – 80 с.
9. Базарнова М.А. Руководство по клинической лабораторной диагностике / М.А. Базарнова, В.Т. Морозова. – Киев: Вища школа, 1986. – 175 с.
10. Drabkin D. Asimplified technique for large crystallisation of haemoglobin in the enistalline / D. Drabkin // Fnn N. S. Acad. Sci., 1964. – Vol. 121. – № 11 – P. 404–407.
11. Меньшиков В.В. Лабораторные методы исследования в клинике / В.В. Меньшиков, Л.Н. Делекторская. – Москва: Медицина, 1987. – С.215–228.
12. Камышников В.С. Справочник по клинико-биохимическим исследованиям и лабораторной диагностике / Владимир Семенович Камышников. – Москва: Медпрсс – информ, 2004. – 451 с.
13. Старкова Н.Т. Руководство по клинической эндокринологии / Нинелла Трофимовна Старкова – Санкт-Петербург: Питер, 1996. – 297 с.
14. Троньк М.Д. Стандарты диагностики и лечения эндокринных заболеваний / М.Д. Троньк– Киев: Здоровье Украины, 2005. – С. 136–185.
15. Хаггинс Ч. Расшифровка клинических лабораторных анализов / Чарльз Б. Хаггинс, пер. с англ. В.Л. Эмануэля. – Москва: Бином, 2004. – С. 41–87.
16. Кометиани З.П. Кинетика мембранных транспортных ферментов / З.П. Кометиани, М.Г. Векуа. – Москва: Высшая школа, 1988. – 111 с.
17. Введение в биомембранологию / [Болдырев А.А., Котелевцева С.В., Ланио М. и др.]; под ред. А.А. Болдырева – Изд-во Московского унив-та, 1990. – 208 с.
18. Теппермен Дж. Физиология обмена веществ и эндокринной системы. Вводный курс / Дж. Теппермен, Х. Теппермен, пер. с англ. В. И. Кандрора – М.: Мир, 1989. – 656 с.

Нікольська В. О. Вплив гіперінсулінемії на окремі біохімічні показники у хворих з наднирковою недостатністю / **В.О. Нікольська, І.М. Недбайло** // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 106-111.

Наведені данні, які свідчать про достовірний вплив гіперінсулінемії на вміст С-пептиду, концентрації кортизолу у сироватці крові та глюкози в еритроцитах у хворих з наднирковою недостатністю в порівнянні з контрольною групою. Відзначене розходження у вмісті іонів калія та натрія у сироватці крові і гемолізаті еритроцитів у контрольної групи та хворих наднирковою недостатністю.

Ключові слова: гіперінсулінемія, гіпоглікемія, надниркова недостатність.

Nikolskaya V. A. Influence of hyperinsulinemia on separate biochemical indicators at patients with the adrenal insufficiency / **V.A. Nikolskaya, I.N. Nedbaylo** // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 106-111.

The data testifying to authentic influence of hyperinsulinemia on maintenance C-peptide and concentration of a hydrocortisone in blood serum and glucose in erythrocytes at patients with adrenal insufficiency in comparison with control group are established. The difference in the maintenance of ions of a potassium and sodium in blood serum and a hemolysate of erythrocytes at a control group in comparison with patients of adrenal insufficiency is obtained.

Keywords: hyperinsulinemia, hypoglycaemia, adrenal insufficiency.

Поступила в редакцию 11.12.2009 г.

УДК 582.675

ЛОКАЛИЗАЦИЯ НАТРИЯ В КОМПАРТМЕНТАХ ТКАНЕЙ КОРНЕЙ И НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В СВЯЗИ С ИХ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТЬЮ

Омельченко А.В.¹, Кабузенко С.Н.¹, Белоусов А.А.², Сериков В.А.²

¹*Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Украина,
e-mail: omesavl@ukr.net*

²*Селекционно-генетический институт УААН – Национальный центр семеноводства и
сортотуизучения, Одесса, Украина*

Изучались гибриды кукурузы нового поколения, выведенных в Селекционно-генетическом институте – Национальном центре семеноводства и сортотуизучения УААН г. Одесса. Выявлено, что среди исследованных генотипов солеустойчивыми оказались гибриды Веселка МВ, Шаланда МВ и Одесский 385 МВ, а солечувствительными к хлоридному засолению – гибриды ОдМа 310 МВ и Одесский 375 МВ. Показана разница в локализации ионов Na^+ между солеустойчивыми и солечувствительными гибридами, которая была наиболее выражена в гомогенате и клеточном соке тканей надземной части. Солеустойчивые гибриды отличались меньшим накоплением Na^+ в тканях надземных частей растений по сравнению с солечувствительными. Барьерная роль корней как адаптивная реакция организменного уровня на солевой стресс была более выражена у солеустойчивых гибридов.

Ключевые слова: гибриды кукурузы, хлоридное засоление, компартменты тканей, локализация натрия.

ВВЕДЕНИЕ

Солеустойчивость растений гликофитного типа во многом определяется локализацией «избыточных» засоляющих ионов Na^+ в компартментах тканей растительных органов [1 – 5]. Стратегия солеустойчивых культур направлена на снижение поступления ионов Na^+ в цитоплазму фотосинтезирующих клеток листа [1, 6 – 8]. В исследованиях А.А. Захарина показана барьерная роль корня в адаптации культурных растений к условиям засоления [9 – 10]. В тканях корня значительная роль в защите функционально-важных клеточных органоидов от «избыточного» Na^+ на фоне действия засоления отводится свободному пространству [11 – 15]. Однако, вопрос о локализации «засоляющих» ионов Na^+ в связи с солеустойчивостью растений требует более глубокого изучения.

Поэтому целью нашей работы явилось определение содержания ионов Na^+ в компартментах тканей корней и надземной части проростков некоторых гибридов кукурузы нового поколения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта исследований использовали корни и надземную часть 7-дневных проростков гибридов кукурузы Веселка МВ, Шаланда МВ, Одесский 385 МВ, ОдМа 310 МВ, Одесский 375 МВ, выведенных в Селекционно-генетическом институте – Национальном центре семеноводства и сортоизучения УААН г. Одесса.

Солеустойчивость гибридов кукурузы оценивали по степени влияния NaCl на прорастание семян и накопление растительной массы корней и надземной части. Для этого семена каждого гибрида промывали в мыльной воде и протравливали в течение 15 минут в растворе KMnO_4 , затем тщательно ополаскивали автоклавированной дистиллированной водой и в количестве 100 штук раскладывали в кюветы на фильтровальную бумагу, смоченную дистиллированной водой (контрольный вариант) и NaCl 100, 200, 300 и 400 мМ (опытный вариант). Кювету накрывали стеклом (оставив небольшую щель для обмена воздуха) и помещали в термостат при температуре $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Через 3 дня после закладки опыта у проростков изучали энергию прорастания, а на 7-й день – всхожесть семян.

Накопление Na^+ в свободном пространстве, клеточном соке и гомогенате корней и надземной части определяли с помощью атомно-адсорбционного спектрофотометра («Karl Zeiss», Германия). Для этого навеску весом 1 г из тканей корней и надземной части тщательно ополаскивали несколько раз дистиллированной, а последний раз – бидистиллированной водой. Ткань помещали на 1 час в бидистиллированную воду (по 10 мл на каждую навеску) для выхода Na^+ . Затем ткани извлекали и предварительно выдерживали в хлороформе в течении 10 минут. После обработки хлороформом растительный материал просушивали между листами фильтровальной бумаги, сок отжимали медицинским шприцем в стеклянный бюкс. В исследуемом растворе использовалась прозрачная верхняя часть сока. Далее ткани растирали в ступки с битым стеклом при постепенном добавлении 10 мл дистиллированной воды. Полученный гомогенат сливали в центрифужные пробирки и центрифугировали в течение 20 минут при 3000 об/мин. В надосадочной жидкости определяли содержание Na^+ .

Эксперименты проводили в трехкратной биологической повторности. В таблицах и рисунках представлены средние арифметические значения и их стандартные ошибки. Статистическую обработку полученных результатов проводили по Г.Ф. Лакину [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В предварительных экспериментах по определению степени солеустойчивости гибридов кукурузы Веселка МВ, Шаланда МВ, Одесский 385 МВ, ОдМа 310 МВ, Одесский 375 МВ была определена концентрационная зависимость влияния NaCl на энергию прорастания и всхожесть семян (рис. 1).

Результаты наших исследований показали что, в контрольном варианте процент энергии прорастания семян почти полностью совпал с процентом всхожести, что говорит о высоком ростовом потенциале семян. Всхожесть семян для большинства гибридов составила 97,6 – 99,0 %, лишь гибрид кукурузы Одесский 375 МВ дал всхожесть 92,6 %.

Проращивание семян на солевых растворах возрастающей концентрации показало, что изучаемые гибриды кукурузы обладают высокой способностью к адаптации в условиях засоления. Засоление средней степени (NaCl 100 мМ) не оказало существенного влияния на энергию прорастания и всхожесть семян изучаемых гибридов кукурузы. Так, снижение всхожести семян в этом варианте для большинства гибридов было менее 4 %, тогда как у гибрида Одесский 375 МВ снижение всхожести составило 9,8 %. На засолении сильной степени (NaCl 200 мМ) всхожесть семян снизилась на 5,2 – 21,6 % по сравнению с контрольным вариантом. На фоне экстремальной концентрации (NaCl 300 мМ) и в особенности (400 мМ) всхожесть семян снизилась на 37,0 – 89,0 %.

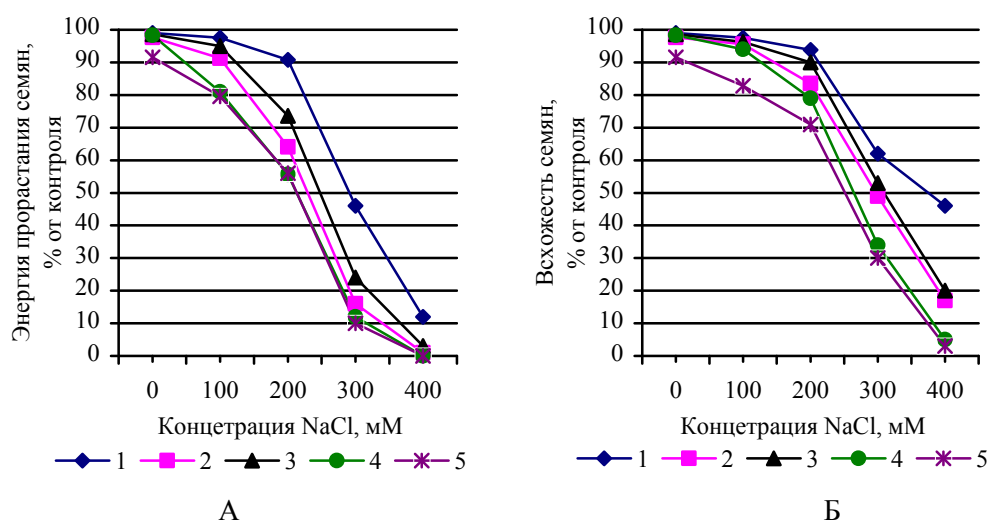


Рис. 1. Концентрационная зависимость влияния NaCl на энергию прорастания (А) и всхожесть семян (Б) кукурузы: 1 – Веселка МВ, 2 – Шаланда МВ, 3 – Одесский 385 МВ, 4 – ОдМа 310 МВ, 5 – Одесский 375 МВ.

Визуальная картина влияния различной концентрации NaCl на энергию прорастания и всхожесть семян, представлена на примере контрастных по солеустойчивости гибридов кукурузы Веселка МВ и Одесский 375 МВ (рис. 2, 3).

Из данных рисунков 1-3 следует, что процент всхожести под влиянием NaCl снижается меньше, чем энергия прорастания, что говорит о более высокой чувствительности к засолению именно самых начальных этапов прорастания. Эта закономерность наблюдалась у всех изучаемых нами гибридов.

На основании полученных результатов по влиянию различных концентраций NaCl на энергию прорастания и всхожесть семян была составлена схема распределения гибридов по степени солеустойчивости (рис. 4).

Таким образом, исследуемые гибриды кукурузы можно расположить по степени убывания солеустойчивости в следующем порядке: Веселка МВ → Шаланда МВ → Одесский 385 МВ → Од Ма 310 МВ → Одесский 375 МВ.

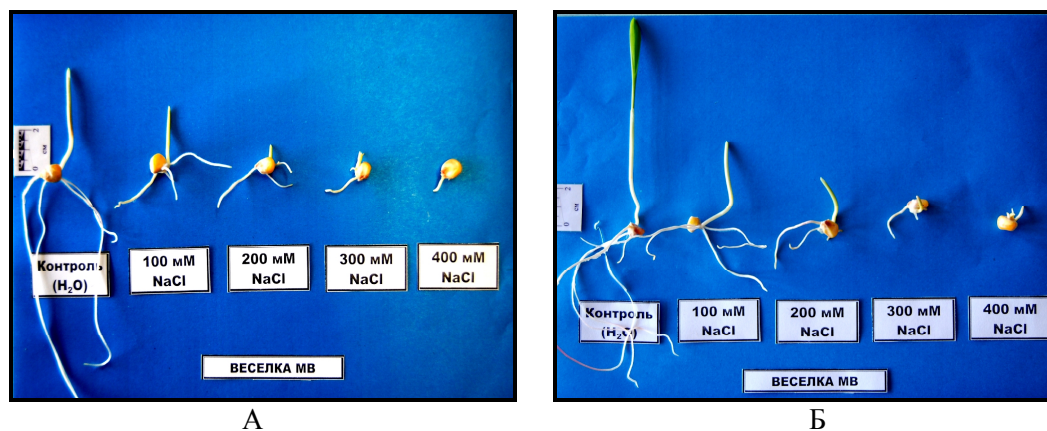


Рис. 2. Влияние NaCl на энергию прорастания (А) и всхожесть семян (Б) кукурузы гибрида Веселка.

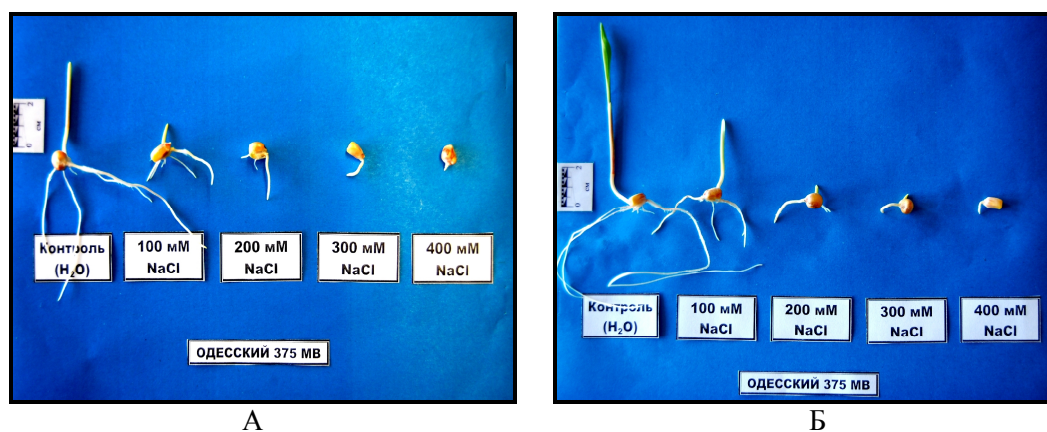


Рис. 3. Влияние NaCl на энергию прорастания (А) и всхожесть семян (Б) кукурузы гибрида Одесский 375 MB.

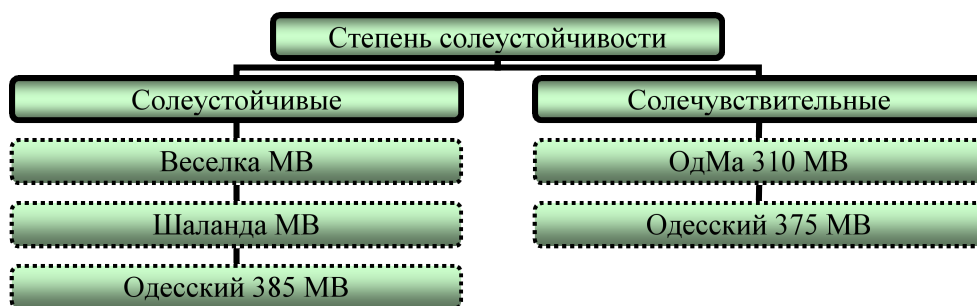


Рис. 4. Распределение гибридов кукурузы по степени солеустойчивости.

Установленная нами концентрационная зависимость влияния NaCl на ростовые процессы изучаемых гибридов позволило нам прогнозировать диапазон концентраций засоления, в котором возможна вегетация растений кукурузы (NaCl 100 и 200 мМ, наиболее вероятно выращивание на зеленый корм).

Деление исследуемых гибридов на солеустойчивые и солечувствительные на основании снижения энергии прорастания и всхожести семян в условиях засоления совпало с делением по результатам влияния повышенных концентраций NaCl на накопление сырой и сухой массы корней и надземной части 7-дневных проростков.

По данным таблицы 1, с повышением концентрации NaCl увеличивалось негативное влияние засоления на накопление растительной массы корней и надземной части проростков у всех гибридов. При этом, более значительно уменьшалась сырая и сухая масса надземной части, чем корней.

Таблица 1.

Влияние хлоридного засоления на накопление сырой и сухой массы 7-дневных проростков кукурузы, % от контроля ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Объект исследований	Вариант	Сырая масса		Сухая масса	
		корни	надземная часть	корни	надземная часть
Веселка МВ	Контроль	100,0	100,0	100,0	100,0
	100 мМ NaCl	60,3±3,2	24,7±0,9	66,4±2,5	38,3±1,0
	200 мМ NaCl	22,3±0,7	7,7±0,7	35,7±1,9	17,7±0,8
Шаланда МВ	Контроль	100,0	100,0	100,0	100,0
	100 мМ NaCl	43,0±2,7	19,5±1,3	54,4±1,7	31,1±1,5
	200 мМ NaCl	12,2±0,8	4,1±0,3	21,7±1,5	12,3±1,1
Одесский 385 МВ	Контроль	100,0	100,0	100,0	100,0
	100 мМ NaCl	45,7±1,4	29,2±0,8	41,3±1,6	38,6±2,0
	200 мМ NaCl	10,9±0,7	4,9±0,5	20,3±1,4	15,8±1,5
ОдМа 310 МВ	Контроль	100,0	100,0	100,0	100,0
	100 мМ NaCl	20,4±1,4	9,3±0,4	32,7±1,5	17,3±1,2
	200 мМ NaCl	7,8±0,3	3,1±0,3	18,8±0,9	8,7±0,7
Одесский 375 МВ	Контроль	100,0	100,0	100,0	100,0
	100 мМ NaCl	30,8±0,9	25,9±1,2	37,6±1,5	40,7±2,1
	200 мМ NaCl	7,9±0,6	2,6±0,2	14,9±1,2	6,4±0,6

Так, у солеустойчивых и солечувствительных гибридов в условиях засоления средней степени (NaCl 100 мМ), наблюдалось снижение среднего значения сырой и сухой массы корней от 36,6 % (у гибрида Веселка МВ) до 73,3 % (у гибрида ОдМа 310 МВ), а надземной части – от 66,0 % (у гибрида Одесский 385 МВ) до 86,7 % (у гибрида ОдМа 310 МВ), против контрольного варианта. В условиях засоления сильной степени (NaCl 200 мМ) снижение среднего значения сырой и сухой массы корней составило от 70,9 % у гибрида Веселка МВ до 88,6 % у гибрида Одесский 375 МВ, а надземной части – от 87,3 % до 95,5 % соответственно, против контрольного варианта.

Различная ростовая реакция отдельных органов растений на экзогенные физиологически активные вещества зависит от начального гормонального фона в них, который в норме является неодинаковым в корнях и в надземной части [17]. В условиях стресса, в том числе и солевого, в этих органах неодинаково происходят изменения эндогенного содержания фитогормонов – в корнях уровень цитокининов и индолилуксусной кислоты больше, чем в надземной части. Именно поэтому экзогенные регуляторы роста неодинаково влияют на эти органы. К тому же некоторые гибриды кукурузы характеризуются определенными особенностями метаболизма [18 – 21]. Поэтому и ответная реакция каждого гибрида на действие стрессового фактора или экзогенных регуляторов роста оказывается различной.

На основании полученных выше результатов для дальнейших исследований были отобраны контрастные по степени солеустойчивости гибриды: солеустойчивые Веселка МВ, Шаланда МВ и солечувствительный гибрид Одесский 375 МВ.

При определении содержания ионов Na^+ в компартментах тканей нас в значительной степени интересовал вопрос о его распределении между тканями корней и надземной части проростков и связь этого показателя с солеустойчивостью.

Как показывают данные таблиц 2-4, в растениях контрольных вариантов наблюдалось более высокое содержание ионов Na^+ в свободном пространстве, гомогенате и клеточном соке тканей корней по сравнению с надземной частью, что подтверждает теоретическое положение А.А. Захарина о декременте Na^+ в растениях гликофитного типа [9, 10]. Следует отметить, что в среднем соотношение содержания Na^+ корни / надземная часть самым высоким было в клеточном соке контрольных вариантов, особенно у солеустойчивых гибридов. Следовательно, ионы Na^+ , наряду с K^+ является осмотически - активным ионом в растениях кукурузы.

Данные таблицы 2 показали, что в условиях засоления (NaCl 100 и 200 мМ) у солеустойчивых гибридов кукурузы Веселка МВ и Шаланда МВ и солечувствительного гибрида Одесский 375 МВ содержание ионов Na^+ в свободном пространстве тканей корней выше, чем в надземной части, что еще больше показывает барьерную роль корня.

С повышением концентрации NaCl в среде возрастает содержание ионов Na^+ в свободном пространстве тканей корней у солеустойчивых и солечувствительных гибридов, против контрольного варианта. На фоне засоления средней степени (NaCl 100 мМ) у солеустойчивых гибридов Веселка МВ и Шаланда МВ содержание Na^+ в свободном пространстве тканей корней по сравнению с надземной частью увеличивалось в 32,8 и 25,8 раза, а у солечувствительного гибрида Одесский 375 МВ - в 10,3 раза. В условиях засоления сильной степени (NaCl 200 мМ) это увеличение составило: у гибрида Веселка МВ - 16,3 раза, у гибрида Шаланда МВ - 9,3 раза, а у гибрида Одесский 375 МВ - 8,5 раза.

В растениях опытных вариантов мы наблюдали повышение содержания ионов Na^+ не только в свободном пространстве, но и во всех компартментах тканей, степень которого находилась в определенной взаимозависимости с солеустойчивостью гибрида.

Из данных таблиц 3 и 4 следует, что на фоне действия засоления средней степени (NaCl 100 мМ) наибольшее увеличение содержания Na^+ против контрольного варианта у солечувствительного гибрида Одесский 375 МВ наблюдалось в вытяжке

из гомогената надземной части и клеточном соке корней. У солеустойчивых гибридов в условиях засоления средней степени (NaCl 100 мМ) была установлена существенная разница в степени увеличения содержания Na^+ сравнительно с солечувствительным гибридом в гомогенате надземной части растений, которое составило: у гибрида Веселка МВ - 4,7 раза, у гибрида Шаланда МВ - 6,7 раза, а у гибрида Одесский 375 МВ - 47,1 раза, против контрольного варианта.

Таблица 2.
Содержание Na^+ в свободном пространстве тканей 7-дневных проростков кукурузы, отличающихся по степени солеустойчивости (мг/г сырой массы),
($\bar{x} \pm S_x$)

Объект исследований	Вариант	Корни	Надземная часть	Увеличение (раз против контроля)		Соотношение содержания Na^+ корни / надземная часть
				корни	н/ч	
Веселка МВ	Контроль	0,015±0,001	0,006±0,001	-	-	2,5
	100 мМ NaCl	0,230±0,022	0,016±0,001	15,3	2,6	32,8
	200 мМ NaCl	0,540±0,085	0,033±0,005	36,0	5,5	16,3
Шаланда МВ	Контроль	0,014±0,005	0,006±0,001	-	-	2,3
	100 мМ NaCl	0,310±0,020	0,012±0,001	22,1	2,0	25,8
	200 мМ NaCl	0,510±0,044	0,055±0,007	36,4	6,2	9,3
Одесский 375 МВ	Контроль	0,012±0,001	0,007±0,001	-	-	1,7
	100 мМ NaCl	0,270±0,010	0,026±0,003	22,5	3,7	10,3
	200 мМ NaCl	0,400±0,020	0,047±0,005	33,3	6,7	8,5

Таблица 3.
Содержание Na^+ в гомогенате тканей 7-дневных проростков кукурузы, отличающихся по степени солеустойчивости (мг/г сырой массы), ($\bar{x} \pm S_x$)

Объект исследований	Вариант	Корни	Надземная часть	Увеличение (раз против контроля)		Соотношение содержания Na^+ корни / надземная часть
				корни	н/ч	
Веселка МВ	Контроль	0,075±0,006	0,021±0,003	-	-	3,5
	100 мМ NaCl	2,506±0,075	0,100±0,008	33,4	4,7	25,0
	200 мМ NaCl	3,838±0,270	0,618±0,071	51,2	29,4	6,2
Шаланда МВ	Контроль	0,064±0,009	0,022±0,006	-	-	2,9
	100 мМ NaCl	2,344±0,178	0,148±0,003	36,6	6,7	15,8
	200 мМ NaCl	3,544±0,048	0,738±0,069	55,3	33,5	4,8
Одесский 375 МВ	Контроль	0,083±0,004	0,016±0,001	-	-	5,1
	100 мМ NaCl	3,092±0,105	0,755±0,09	37,2	47,2	4,1
	200 мМ NaCl	2,169±0,190	0,998±0,043	26,1	62,3	2,2

Таблица 4.

Содержание Na^+ в клеточном соке тканей 7 - дневных проростков кукурузы, отличающихся по степени солеустойчивости (мг/л) ($\bar{x} \pm S_x$)

Объект исследований	Вариант	Корни	Надземная часть	Увеличение (раз против контроля)		Соотношение содержания Na^+ корни / надземная часть
				корни	н/ч	
Веселка МВ	Контроль	0,037±0,002	0,008±0,001	-	-	4,6
	100 мМ NaCl	0,817±0,043	0,042±0,005	22,1	5,25	19,4
	200 мМ NaCl	0,956±0,061	0,482±0,030	25,8	60,2	1,9
Шаланда МВ	Контроль	0,021±0,003	0,006±0,001	-	-	3,5
	100 мМ NaCl	0,860±0,014	0,088±0,003	40,9	14,6	9,7
	200 мМ NaCl	0,950±0,047	0,515±0,035	45,2	85,8	1,8
Одесский 375 МВ	Контроль	0,010±0,001	0,004±0,001	-	-	2,5
	100 мМ NaCl	1,115±0,070	0,094±0,006	111,5	23,5	11,8
	200 мМ NaCl	0,944±0,063	0,435±0,028	94,4	108,7	2,2

В гомогенате корней на фоне засоления средней степени (NaCl 100 мМ) разница между указанными гибридами по увеличению содержания Na^+ не была резко выражена, а в клеточном соке корней солеустойчивого гибрида Одесский 375 МВ она проявилась более контрастно (см. табл. 3 и 4). Видимо на фоне засоления средней степени (NaCl 100 мМ) у солеустойчивого гибрида Одесский 375 МВ «избыточный» Na^+ по градиенту электрохимического потенциала поступает в клетки коры корня, но благодаря работе транспортных систем тонопласта переносится в вакуоль. Однако мощность этих транспортных систем недостаточна, и значительная часть «засоляющих» ионов Na^+ транспортируются в органы надземной части. Мы предполагаем, что в условиях засоления средней степени (NaCl 100 мМ) у солеустойчивых гибридов Веселка МВ и Шаланда МВ в большей мере активизируются механизмы транспорта «засоляющих» ионов Na^+ в вакуоль, что менее выражено у солеустойчивого гибрида Одесский 375 МВ.

На засолении сильной степени (NaCl 200 мМ) у солеустойчивых гибридов Веселка МВ и Шаланда МВ степень увеличения содержания Na^+ против контрольного варианта в гомогенате корней и надземной части была близка по значению. У солеустойчивых гибридов значительно возросло содержание Na^+ в свободном пространстве корней и клеточном соке надземной части (см. табл. 2, 4). Это доказывает, что у солеустойчивых гибридов активны транспортные механизмы по «откачке» ионов Na^+ , локализованные и в плазмалемме клеток корня и в тонопласте паренхимы листа. У солеустойчивого гибрида Одесский 375 МВ значительно возросла степень увеличения содержания Na^+ в гомогенате органов надземной части, а также в клеточном соке листьев, что говорит о недостаточности барьерной роли корней.

Таким образом, барьерная роль корней у солеустойчивых гибридов кукурузы проявилась на обеих концентрациях NaCl и заключается она в том, что

«засоляющие» ионы Na^+ локализуются в клеточных компартментах корней. Стратегия адаптации растений кукурузы, таким образом, направлена на защиту от повреждающего действия «избыточных» засоляющих катионов клеток листа, содержащих хлоропласты. Это следует рассматривать как адаптивную реакцию на организменном уровне, направленную на поддержание фотосинтетической и биологической продуктивности растений в условиях солевого стресса.

ВЫВОДЫ

1. Все гибриды нового поколения, взятые нами для изучения, проявили высокую ростовую активность на фоне засоления средней степени (NaCl 100 мМ).
2. Среди исследованных генотипов солеустойчивыми оказались гибриды Веселка МВ, Шаланда МВ и Одесский 385 МВ, а солечувствительными к хлоридному засолению – гибриды Одесский 375 МВ и ОдМа 310 МВ.
3. Разница в локализации ионов Na^+ между солеустойчивыми и солечувствительными гибридами была наиболее выражена в гомогенате и клеточном соке тканей надземной части.
4. Барьерная роль корней как адаптивная реакция организменного уровня на солевой стресс была более выражена у солеустойчивых гибридов.

Список литературы

1. Соловьев В.А. О путях регулирования в тканях растений содержания избыточно поглощаемых ионов (на примере ионов натрия) / В.А. Соловьев // Физиология растений. – 1967. – Т. 14. – Вып. 6. – С. 1093–1103.
2. Кабузенко С.Н. Накопление засоляющих ионов натрия и хлора растениями, культивируемыми в Предгорной зоне Крыма в связи с их солеустойчивостью / С.Н. Кабузенко, В.Г. Блохин // В сб.: Актуальные вопросы экологии и охраны природы степных экосистем и сопредельных территорий. – Ч. 2. – Краснодар, 1994. – С. 297–301.
3. Кабузенко С.Н. Накопление активного натрия в органах культурных растений и стратегия их адаптации к засолению / С.Н. Кабузенко, А.В. Омельченко // Вісник Луганського ДУ. – 2002. – № 5 (49). – С. 84–89.
4. Кабузенко С.Н. Динамика накопления натрия в проростках растений кукурузы, отличающихся по степени солеустойчивости / С.Н. Кабузенко, А.В. Омельченко // Ученые записки ТНУ. – 2006. – Т. 19 (58), № 1. – С. 50–56.
5. Костюк А.Н. Ответная реакция растений на солевой стресс / А.Н. Костюк, А.Н. Остапчук, Б. А. Левенко // Физиология и биохимия культурных растений. – 1994. – Т. 26, № 6. – С. 526–545.
6. Clouse D.J. Brassinosteroids: essential regulators of plant growth and development / D.J. Clouse, J.M. Sasse // An. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. – 1998 – V. 49. – P. 427–451.
7. Flowers T.J. Improving crop salt tolerance / T.J. Flowers // J. Exp. Bot. – 2004. – V. 209. – P. 9–20.
8. Солеустойчивые и солечувствительные сорта ячменя и их характеристика / [Т.Г. Леонова, Э.А. Гончарова, А.В. Ходоренко, А.В. Бабаков] // Физиология растений. – 2005. – Т. 52, № 6. – С. 876–881.
9. Захарин А.А. Особенности водно-солевого обмена растений при солевом стрессе / А.А. Захарин // Агрохимия. – 1990. – № 8. – С. 69–79.
10. Захарин А.А. Быстрые реакции водообмена растений при воздействии на корни растворов солей различных концентраций / А.А. Захарин // Физиология растений. – 2005. – Т. 52, № 6. – С. 876–881.
11. Вахмистров Д.Б. К вопросу о величине «кажущего свободного пространства» корней растений / Д.Б. Вахмистров // Физиология растений. – 1965. – Т. 12. – Вып. 5. – С. 805–813.
12. Вахмистров Д.Б. К вопросу о локализации свободного пространства корней ячменя / Д.Б. Вахмистров // Физиология растений. – 1967. – Т. 14. – Вып. 3. – С. 397–404.

13. Устименко А.С. Корневые системы и продуктивность сельскохозяйственных растений / Устименко А.С. – Киев : Урожай. – 1975. – 368 с.
14. Мейчик Н.Р. Поведение клеточной стенки галофита *Suaeda altissima* L. в условиях солевого стресса / Н.Р. Мейчик, Ю.И. Николаева, И.П. Ермаков // Вестник Башкирского университета. – 2001. – № 2 (II). – С. 100–103.
15. Кабузенко С.Н. Роль апопласта в адаптации гликофитных растений к условиям засоления / С.Н. Кабузенко, А.В. Омельченко // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана. – 2003. – Вып. 13. – С. 181–183.
16. Лакин Г.Ф. Биометрия / Лакин Г.Ф. – М. : Высшая школа, 1990. – 352 с.
17. Полевой В.В. Эндогенные фитогормоны этиолированных проростков кукурузы / В.В. Полевой, А.В. Полевой // Физиология растений. – 1992. – Т. 39, № 6. – С. 1165–1174.
18. Керимов Ф. Организменный и клеточный уровни солеустойчивости двух сортов хлопчатника (133, ИНЭБР) / Ф. Керимов, В.В. Кузнецов, З.Б. Шамина // Физиология растений. – 1993. – Т. 40, № 1. – С. 128–131.
19. Калініна Н.О. Застосування регуляторів росту для підвищення солестійкості кукурудзи різних генотипів / Н.О. Калініна, С.М. Кабузенко // Біологічний вісник. – 2000. – Т.4, №1–2. – С. 58–62.
20. Кабузенко С.Н. Влияние хлоридного засоления и цитокинина на митотическую активность корней пшеницы и кукурузы / С.Н. Кабузенко, А.В. Горшенков, Л.С. Володькина // Физиология и биохимия культурных растений. – 1995. – Т. 27, № 1–2. – С. 31–35.
21. Кабузенко С.М. Вплив засолення і екзогенних фітогормонів на ріст та деякі фізіолого-біохімічні функції рослин на етапах онтогенезу : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук : спец. 03.00.12 «Фізіологія рослин» / Кабузенко С.М. – К., 1997. – 46 с.

Омельченко О. В. Локалізація натрію в компартментах тканин кореня і надземної частини гібридів кукурудзи нового покоління у зв'язку з їх солестійкістю / О.В. Омельченко, С.М. Кабузенко, А.О. Белоусов, В.О. Серіков // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 112–121.

Вивчалися гібриди кукурудзи нового покоління, які виведені у Селекційно-генетичному інституті – Національному центрі насіннєзнавства та сортівивчення УААН м. Одеса. Виявлено, що серед досліджених генотипів солестійкими виявилися гібриди Веселка МВ, Шаланда МВ і Одеський 385 МВ, а солечутливими до хлоридного засолення – гібриди ОдМа 310 МВ і Одеський 375 МВ. Показана різниця в локалізації іонів Na^+ між солестійкими й солечутливими гібридами, що була найбільш виражена в гомогенаті і клітинному соку тканин надземної частини. Солестійкі гібриди менше накопичували іони Na^+ у тканинах надземних частин рослин у порівнянні із солечутливими. Бар'єрна роль коренів, як адаптивна реакція, на рівні організму рівня на сольовий стрес була більше вираженою в солестійких гібридах.

Ключові слова: гібриди кукурудзи, хлоридне засолення, компартменти тканин, локалізація натрію.

Omel'chenko A. V. Localization of sodium in the compartments of the roots tissues and aboveground parts of maize hybrids of the new generation in relation to their salt tolerance / A.V. Omelchenko, S. N Kabuzenko, A.A Belousov, V.A. Serikov // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 112–121.

Maize hybrids new generation, bred in the Plant Breeding and Genetics Institute - National Center of seed and cultivar investigation, Odessa were studied. It was revealed that among the studied genotypes were hybrids saltresistant Veselka MV, Shalanda MV and 385 MV of Odessa, and saltnonresistant to chloride salinity - hybrids OdMa 310 MV and 375 MV of Odessa. The difference in the localization of Na^+ ions between the saltresistant and saltnonresistant hybrids, which was most pronounced in the homogenate and the cell sap of tissues aboveground parts was shown. Saltresistance hybrids were differed less accumulation of Na^+ in tissues of aboveground parts of plants in comparison with saltnonresistant. Barrier role of roots as an adaptive response of organism level on the salt stress was more pronounced in salt-tolerant hybrids.

Key words: maize hybrids, chloride salinity, tissue compartments, the localization of sodium.

Поступила в редакцію 13.12.2009 г.

УДК 612:067:612:17:612.78

ВЛИЯНИЕ ТРЕНИРОВКИ МЕЛКОЙ МОТОРИКИ НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕТЕЙ С ЗАДЕРЖКОЙ ПСИХИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Панова С.А., Нагаева Е.И., Кириллова А.В., Панов И.Н.

¹*Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Украина,
e-mail: enagaeva@mail.ru*

²*КРУ: Клиническая больница им. Семашко, Симферополь, Украина*

Выявлено, что тренировка мелкой моторики достоверно улучшает показатели внимания и сердечно-сосудистой системы у детей с диагнозом общее недоразвитие речи.

Ключевые слова: младшие школьники, общее развитие речи, двигательная активность, мелкая моторика рук, вегетативные показатели, внимание.

ВВЕДЕНИЕ

Выделение отдельной категории детей с задержкой психического развития было обусловлено, необходимостью отделить их от умственно отсталых, которые обучаются, как известно, в специальных вспомогательных школах, так как дети с задержкой психического развития имеют качественно иные нарушения интеллектуальной деятельности. Это очень неоднородная группа, как по появлениям нарушений, так и по их выраженности, но характеризуется и некоторыми общими, определяющими особенностями.

Во-первых, этой категории детей присуще неравномерное нарушение функций, в отличие от тотального нарушения при умственной отсталости. С одной стороны у них сохраняется достаточно высокая способность к компенсации психической деятельности за счет сохранения функций, а с другой, наличие «слабых мест» создает серьезные трудности во время обучения, которые обуславливают устойчивую неуспеваемость учащихся и требуют специальной коррекции.

Во-вторых, в отличие от умственной отсталости, для которой решающим является резкое снижение способности к абстрактному мышлению, при задержке психического развития эти функции первично сохранены, а конкретные расстройства ее являются вторичными и возникают из-за нарушений работоспособности, эмоционально-волевой сферы, внимания, памяти, речи.

В-третьих, во многих случаях признаки конкретного отставания ребенка от возрастных норм психического развития с возрастом сглаживаются, что и дало основание клиницистам для самого названия этой аномалии «задержка

психического развития». Поэтому принципиально важным является своевременное диагностирование задержки психического развития и предоставление детям с этим недостатком коррекционной помощи [1].

В психическом развитии ребенка на ранних его стадиях двигательное и сенсомоторное развитие предшествует умственному. Недостатки восприятия какой-либо информации о том, как выполняются собственные движения, могут причинить частичную или общую задержку умственного развития, в том числе речевую, поэтому, развитие общей двигательной активности, а также мелкой моторики у таких детей будет влиять на изменение сенсорно-двигательной системы, а, следовательно, и на словесно-логическое мышление.

Целью работы является анализ изменения показателей внимания, сердечно-сосудистой системы, под влиянием тренировки мелкой моторики рук.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на базе Центра коррекции функционального состояния человека при ТНУ. Были обследованы дети семилетнего возраста, в количестве 20 человек обоего пола, посещающие Лозовскую республиканскую специальную общеобразовательную школу-интернат I-II ступеней с диагнозом: общее недоразвитие речи (ОНР) III уровня.

Затем в течение 20 дней проводились упражнения для развития мелкой моторики рук.

Кроме этого в комплекс занятий входили упражнения на растяжку (цель – оптимизация тонуса мышц); дыхательные упражнения (цель – развитие произвольности и самоконтроля), ритмирование организма; глазодвигательные упражнения; функциональные упражнения (цель – формирование внимания и произвольной регуляции собственной деятельности, развитие концентрации внимания и двигательного контроля). Комплекс упражнений заканчивался упражнением релаксации (цель – освоение и закрепление позы покоя и расслабления мышц руки).

Исследования психофизиологических показателей проводилось с помощью компьютерного комплекса для психофизиологических тестирований НС – ПсихоТест.

Также изучались показатели вегетативной регуляции и функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы. Определялся индекс Кердо, индекс Робинсона, коэффициент экономичности кровообращения, ударный объем крови, минутный объем крови, ЧСС, артериальное давление (АД). Результаты исследований обрабатывались с помощью программы «Statistika 5», достоверность определялась с помощью параметрического критерия Фишера (F) и методом углового преобразования Фишера.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали исследования, тренировка мелкой моторики у первоклассников интерната вызвала достоверные улучшения показателей Теппингг-теста (количество

движений) с $70,90 \pm 13,20$ до $146,27 \pm 10,05$ и тремометрии (степень точности движений) с $13,23 \pm 1,79$ до $16,07 \pm 3,15$ (табл. 1).

Полученные результаты свидетельствуют об общем улучшении мелкой моторики, совершенствовании точности и скорости мелких движений. Это важно и для улучшения почерка, и для улучшения артикуляционных движений – активных во время устной речи [2, 3].

Таблица 1.
Изменения показателей мелкой моторики у первоклассников интерната
после 20-дневной тренировки ($\bar{X} \pm S\bar{x}$)

Показатель	До тренировки	После тренировки	F	P
Теппинг тест (кол-во движений)	$70,90 \pm 13,20$	$146,27 \pm 10,05$	2,0	<0,05
Тремометрия	$13,23 \pm 1,79$	$16,07 \pm 3,15$	2,8	<0,05
Реакция на движущийся объект (с)	$6,24 \pm 0,85$	$5,25 \pm 1,03$	1,4	>0,05

20-ти дневная тренировка мелкой моторики у первоклассников интерната улучшила показатели сердечно-сосудистой системы (систолическое давление (СД) с $93,95 \pm 2,19$ до $83,155$, пульсовое давление (ПД) $31, 65 \pm 1,92$ до $29,25 \pm 0,99$; ЧСС с $92, 85 \pm 3,75$ до $77, 78 \pm 1,29$, а вегетативная регуляция сместилась к нормотонии, вегетативный индекс Кердо (ВИК) – $33,68 \pm 2,37$ и $6,98 \pm 1,29$ (табл. 2). Полученные данные свидетельствуют об улучшении вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы [4].

Таблица 2.
Изменения показателей сердечно-сосудистой системы у первоклассников
интерната после 20-дневных тренировок мелкой моторики ($\bar{X} \pm S\bar{x}$)

Показатель	До тренировки	После тренировки	F	P
СД	$93,95 \pm 2,19$	$83,61 \pm 1,55$	2,2	<0,05
ДД	$62,45 \pm 1,91$	$54,39 \pm 1,58$	1,8	>0,05
ПД	$31,65 \pm 1,92$	$29,25 \pm 0,99$	2,1	<0,05
ЧСС	$92,85 \pm 3,75$	$77,78 \pm 1,29$	2Д	<0,05
ВИК	$33,68 \pm 2,37$	$6,98 \pm 1,23$	3,2	<0,05

После 20-дневной тренировки мелкой моторики достоверно улучшились функциональные возможности сердечнососудистой системы по всем изучаемым показателям: коэффициент экономичности кровообращения (КЭК) с $3014,85 \pm 214,76$ до $1668,33 \pm 48,54$; минутный объем крови (МОК) с $7337,56 \pm 277,50$ до $4461,67 \pm 53,72$; двойное произведение с $89,92 \pm 3,99$ до $48,21 \pm 1,63$; ударный объем сердца с $72,90 \pm 1,66$ до $77,61 \pm 1,78$ (табл. 3).

ВЛИЯНИЕ ТРЕНИРОВКИ МЕЛКОЙ МОТОРИКИ

Так, уменьшение таких показателей, как КЭК и ДП свидетельствуют о повышении аэробных способностей и потенциальных возможностях гемоциркуляционного аппарата [5, 6].

Таблица 3.

**Изменения функциональных возможностей сердечно-сосудистой системы
первоклассников интерната после 20-дневных
тренировок мелкой моторики ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)**

Показатель	До тренировки	После тренировки	F	P
КЭК	3014,85±214,76	1668,33±48,54	7,3	<0,05
МОК	7337,56±277,50	4461,67±53,72	3,1	<0,05
ДП	89,92±3,99	48,21±1,63	6,2	<0,05
УОС	72,90±1,66	77,61±1,78	2,2	<0,05

По данным литературы, низкие значения коэффициента экономичности кровообращения в состоянии покоя свидетельствуют о высоких потенциальных возможностях гемоциркуляционного аппарата.

Показатель ДП характеризует систолическую работу сердца. На определенном этапе онтогенеза величина ДП остается практически неизменной. Чем ниже значения этого показателя, тем выше аэробные возможности индивида, а, следовательно, и уровень его соматического здоровья [4].

Изучение внимания после 20-дневной тренировки мелкой моторики выявило улучшение таких показателей как продуктивность (с 215,01±21,91 до 141,56±8,24 соответственно) и устойчивость внимания (с 0,15±0,02 до 0,27±0,05 соответственно) (табл. 4)

Таблица 4.

**Изменения показателей внимания у первоклассников интерната после
20-дневной тренировки мелкой моторики ($\bar{X} \pm S\bar{x}$)**

Показатель	До тренировки	После тренировки	F	P
Время выполнения задания	215,01±21,91	141,56 ± 8,24	8,1	<0,01
Количество ошибок	2,75± 0,55	1,72 ± 0,60	1,1	>0,05
Устойчивость внимания	0,15 ±0,02	0,27 ± 0,05	5,0	<0,05
Устойчивость внимания	0,15 ±0,02	0,27 ± 0,05	5,0	<0,05

Полученные данные подтверждают имеющиеся в литературе сведения об улучшении умственной производительности при тренировке мелкой моторики рук [1, 7, 8].

Таким образом, результаты исследования свидетельствуют о том, что тренировка мелкой моторики рук достоверно улучшает такие показатели внимания, как продуктивность и устойчивость; улучшает потенциал кровообращения, функциональные возможности сердечно-сосудистой системы, а также уменьшает

показатели вегетативный индекс Кердо, что свидетельствует об улучшении вегетативной регуляции сердечно-сосудистой системы, и, значит, улучшает экономичность кровообращения.

Тренировка двигательной моторики у детей 7 лет с диагнозом ОНР III уровня оказывает положительное влияние на совершенствование точности и скорости мелких движений, что в свою очередь позволяет ребенку (при наличии научно-методической коррекционной программы) постепенно преодолеть физические и психические недостатки и дает возможность продолжить свое обучение в обычной общеобразовательной школе.

ВЫВОДЫ

1. Тренировка мелкой моторики у детей 7 лет с задержкой развития речи оказывает положительное влияние на совершенствование точности и скорости мелких движений.
2. Тренировка мелкой моторики у детей 7 лет с задержкой развития речи улучшает вегетативную регуляцию сердечно-сосудистой системы, снижает показатели индекса Кердо, что свидетельствует об усилении парасимпатических влияний.
3. Установлено улучшение функциональных возможностей сердечнососудистой системы по таким показателям, как коэффициент экономичности кровообращения, пульсовое давление, минутный объем крови, ударный объем крови, после тренировки мелкой моторики у детей 7 лет с задержкой развития речи.
4. Тренировка мелкой моторики у детей 7 лет с задержкой развития речи выявила улучшение таких показателей внимания как продуктивность и устойчивость

Список литературы

1. Вильчковский Э.С. Развитие двигательной функции у детей / Вильчковский Э.С. – Киев: Здоров'я, 1983. – 208 с.
2. Ефименкова Л.Н. Формирование речи у школьников / Ефименкова Л.Н. – М.: МГУ, 1985. – 240 с.
3. Койносов А.П. Медико-биологические аспекты физического развития детей с различной двигательной активностью / А.П. Койносов // Матер. III регион. научн.-практ. конф. – Сургут: РИО СурГПИ, 2002. – С. 105–107.
4. Москаленко Н.А. Особливості рухової активності дітей 6 років / Н.А. Москаленко, Ю.В. Решетилова // Науково-теоретичний журнал Спортивний вісник Придніпров'я.– 2005, № 1. – С. 16–17.
5. Першина Л.А. Возрастная психология. / Першина Л.А. – М.: ЛОГОС, 2004. – 407 с.
6. Романенко В.А. Диагностика двигательных способностей / Романенко В.А. – Донецк, ДонНУ, 2005. – 290 с.
7. Смирнов В.М. Нейрофизиология и высшая нервная деятельность детей и подростков / Смирнов В.М. – М.: Academia, 2000. – 390 с.
8. Шипицына Л.М. Нейропсихологические аспекты диагностики детей в процессе коррекционно-развивающего обучения / Шипицына Л.М. – М.: Дефектология, 1999, № 5. – 56 с.

Панова С.О. Вплив тренування дрібної моторики на психофізіологічні показники дітей із затримкою психічного розвитку / С.О. Панова, О.І. Нагаєва, А.В. Кириллова, І.Н. Панов // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 122-127.

Виявлене, що тренування дрібної моторики достовірно покращує показники уваги і серцево-судинної системи у дітей з діагнозом загальне недорозвинення мови.

Ключові слова: Молодші школярі, загальний розвиток мови, рухова активність, дрібна моторика рук, вегетативні показники, увага.

Panova S.A. Influence of training of shallow motility on the psychophysiological indexes of children time-lagged psychical development / S.A. Panova, H.I. Nagaeva, A.V. Kirillova, I.N. Panov // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 122-127.

It is exposed, that training of shallow motility for certain improves the indexes of attention cordially – vascular system for children with a diagnosis common speech underdevelopment.

Keywords: Junior schoolboys, general development of speech, mobile activity, shallow motility of hands, vegetative indexes, attention.

Поступила в редакцію 18.11.2009 з.

УДК 616.152.34.615.9

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ КАТЕПСИНОВ И СОДЕРЖАНИЯ СРЕДНЕМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПЕПТИДОВ В МЫШЦАХ МОРСКОГО ЕРША

Подунай Ю.А.¹, Залевская И.Н.¹, Руднева И.И.²

¹Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Украина,
e-mail: grab-ua@yandex.ru

²Институт биологии южных морей НАН Украины, Севастополь, Украина

Приведены данные по содержанию некоторых биохимических маркеров в тканях разных возрастных групп морского ерша. Показана зависимость интенсивности окислительных процессов и активности протеолитических ферментов от возраста изучаемого объекта.

Ключевые слова: катепсин Д, среднемолекулярные олигопептиды, окислительная модификация белков, онтогенез, морской ерш.

ВВЕДЕНИЕ

Течение различных патологических процессов и способность отвечать на стресс у животных в той или иной степени зависят от возрастных особенностей организма. Выяснение биохимических механизмов старения клетки является важным аспектом решения одной из фундаментальных проблем биологии. Разные периоды онтогенеза характеризуются различной степенью выраженности процессов окислительной модификации белков, содержания среднемолекулярных олигопептидов и активности протеолитических ферментов [1, 2].

Окислительная модификация белков – один из ранних индикаторов поражения тканей при свободнорадикальной патологии [3 – 5]. Окислительная модификация белков вызывается активными формами кислорода (АФК), которые образуются во всех аэробных клетках, при этом нарушение баланса в системе «окислительные – антиоксидантные процессы» может является причиной гибели клетки. Таким образом, пероксидация белков играет большую роль в процессе развития ряда патологических заболеваний и старения организма. [3, 6, 7].

Известно, что практически все метаболические реакции катализируются ферментами, поэтому регуляция метаболизма сводится к регуляции типа и интенсивности ферментативных функций. Протеиназы действуют на первом, ключевом этапе мобилизации белковых резервов клетки, поэтому велика их роль в механизмах биохимических адаптаций [2, 8]. Катепсин Д (К.Ф.3.4.4.23) является

одним из основных лизосомальных протеолитических ферментов клетки, изменение его активности может служить одним из показателей изменения биохимических процессов клетки при старении.

Считается, что основным токсическим субстратом, ответственным за возникновение стадии аутоагрессии эндотоксикоза, могут стать продукты клеточной дезорганизации, неполного распада и неферментного превращения белков крови и тканей. Они представлены в основном классом среднемолекулярных продуктов протеолиза и окислительных процессов или молекул средней массы (МСМ). Повышение уровня МСМ в крови обусловлено нарушением их элиминации из организма, усилением образования в тканях, либо сочетанием обоих механизмов. Среднемолекулярные олигопептиды (СМО), являясь продуктами распада белков, действуют как вторичные эндотоксины, вызывая расстройство различных физиологических процессов [9, 10].

На этом основании целью настоящей работы явилось изучение активности катепсина Д, интенсивности процессов окислительной модификации белков и уровня содержания среднемолекулярных олигопептидов в мышцах морского ерша (*Scorpena porcus*), относящегося к разным возрастным группам.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом исследования служили особи морского ерша (*Scorpena porcus*), возрастом от 2 до 7 лет, отловленные в прибрежной зоне Черного моря в акваториях г. Севастополя. Биохимические показатели определяли в гомогенатах скелетных мышц.

Принцип метода основан на реакции взаимодействия окисленных аминокислотных остатков белка с 2,4 – динитрофенилгидразином (2,4 – ДНФГ) с образованием производных 2,4 – ДНФГ [11].

Осаждение мышечных белков осуществляли с помощью 20%-ного раствора трихлоруксусной кислоты. К денатурированным белкам приливали равный объем 0,1М 2,4-ДНФГ, растворённого в 2М НСl. В контрольную пробу добавляли вместо 2,4-ДНФГ равный объем 2М НСl. Инкубацию осуществляли при комнатной температуре в течение 1ч. Затем пробы центрифугировали про 3000 об/мин в течение 15-20 мин. Осадок промывали три раза раствором этанол-этилацетат (1:1) для экстракции липидов и 2,4-ДНФГ, который не реагировал с карбонильными группами окисленных белков. Полученный осадок подсушивали с целью устранения оставшегося растворителя этанол-этилацетат и затем растворяли в 8М растворе мочевины. Мочевину приливали к осадку и выдерживали в кипящей бане в течение 5мин до полного растворения. Оптическую плотность регистрировали на спектрофотометре СФ-16 при длинах волн $\lambda=346, 370, 430, 530\text{nm}$.

Для оценки уровня среднемолекулярных олигопептидов к гомогенату мышечной ткани, разбавленному физиологическим раствором в отношении 1:10, добавляли 0,1 М фосфатный буфер (рН = 7,4). Общий объем пробы составлял 1,0 мл. После 15 минутной инкубации при 25°C белки осаждали 20% ТХУ и центрифугировали при 3000 об/мин. Надосадочную жидкость отделяли и разбавляли физиологическим раствором в отношении 1:1. В надосадочной жидкости определяли среднемолекулярные кислоторастворимые пептиды в

ультрафиолетовой области спектров при длинах волн 254, 272, 280 нм против физиологического раствора [12]. Полученные результаты выражали в единицах оптической плотности (е.о.п.).

Активность катепсина D определяли модифицированным методом Дингла [13] в гомогенате мышечной ткани по гидролизу гемоглобина при pH 3,2. Инкубацию проводили при 37°C в течении 60 мин при встряхивании. Реакцию останавливали, добавляя 5%ТХУ, затем пробы центрифугировали в течении 15 мин. К 1 мл супернатанта добавляли 0,5 N NaOH для нейтрализации ТХУ и 0,5 мл реактива Фолина. Активность фермента выражали в условных единицах изменения оптической плотности при 750 нм.

Результаты статистически обрабатывались по Лакину (1989) [14] и с помощью компьютерной программы «ORIGIN 7.0». С целью выявления зависимости между исследуемыми параметрами рассчитывали коэффициент корреляции для каждой пары значений с помощью стандартной программы «EXCEL», учитывая, что при коэффициентах корреляций $0 < r < 0,3$ имеет место слабая связь, $0,3 < r < 0,5$ – умеренная, $0,5 < r < 0,7$ – значительная, $0,7 < r < 0,9$ – сильная.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В мышечной ткани морского ерша были выявлены продукты окисления белков, которые прореагировали с 2,4-динитрофенилгидразом. Основное количество образовавшихся динитрофенилгидразонов относится к альдегидо- и кетонпроизводным нейтрального характера. Уровень альдегидо-, а особенно кетонпроизводных основного характера значительно ниже (табл. 1).

Таблица 1.
Уровень окислительной модификации белков в мышцах морского ерша,
е.о.п./г ткани ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$)

Возраст объектов, годы	Длина волны, нм			
	346	370	430	530
2	2,40±0,08	3,91±0,09	1,50±0,06	0,09±0,007
3	2,73±0,08	9,01±0,12	2,02±0,06	0,54±0,020
4	4,77±0,06	6,13±0,10	3,77±0,08	1,13±0,041
5	5,98±0,07	8,40±0,13	4,75±0,08	1,45±0,032
6 - 7	7,58±0,11	10,58±0,15	4,89±0,09	0,87±0,007
Коэффициент корреляции, r	0,984	0,780	0,926	0,743

Как видно в таблице, обнаружено повышение уровня всех 2,4 – динитрофенилгидразонпроизводных у особей, относящихся к старшим возрастным группам. При всех длинах волн наблюдается положительная корреляция между уровнем образовавшихся продуктов окислительной модификации и возрастом особей ($r=0,74 - 0,98$). Повышение интенсивности окислительной модификации

белков мышечной ткани исследуемых рыб фактически отображает общую направленность свободно-радикальных процессов в организме при старении.

Активность катепсина Д изменялась в зависимости от возраста особей морского ерша (рис. 1). Отмечено возрастание активности протеиназы у рыб возрастом от 2 до 4 лет ($r=0,94$) и снижение показателя у старших возрастных групп рыб от 5 до 7 лет ($r=-0,89$).

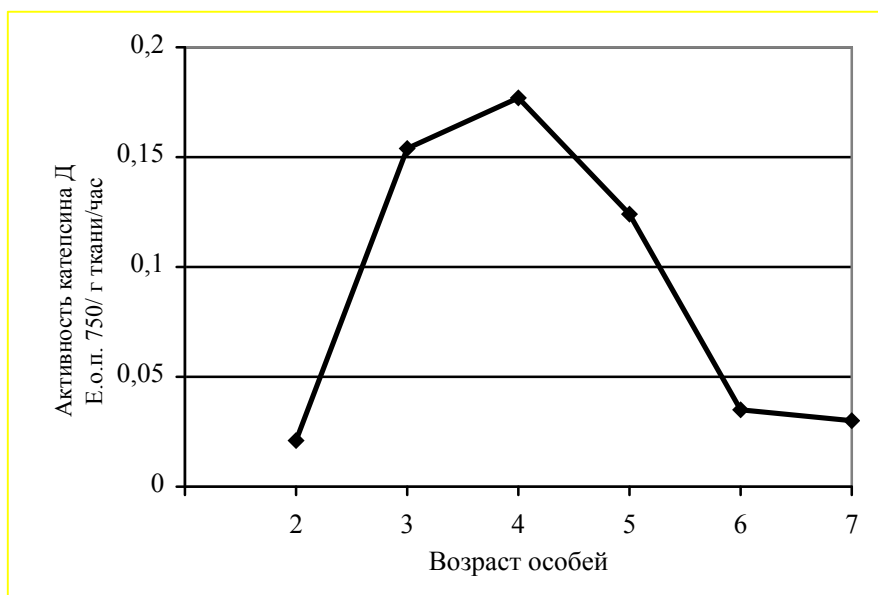


Рис. 1. Зависимость активности катепсина Д в мышцах морского ерша от возраста особей.

На основании полученных результатов можно заключить, что уменьшение активности изученного протеолитического фермента в клетках мышечной ткани у рыб с возрастом обусловлено в основном снижением защитных возможностей организма на более поздних стадиях онтогенеза.

Представители всех возрастных групп морского ерша характеризуются наличием в мышцах продуктов внутриклеточного протеолиза и фрагментации окисленных белков – среднемолекулярных олигопептидов (табл. 2).

Проведенный анализ показал повышение уровня молекул средней массы на более поздних стадиях онтогенеза ($r = 0,83 - 0,97$). Увеличение уровня среднемолекулярных олигопептидов положительно коррелирует с интенсификацией процессов окислительной модификации белков и отрицательно с активностью катепсина Д, т.е. в данном случае основной вклад в образование СМО вносит именно фрагментация окисленных белков клетки. При окислении олигопептидов и белков гидроксильным радикалом и синглетным кислородом происходит фрагментация белков. Одновременно происходит разрушение триптофана. Триптофан и тирозин, входящие в состав тканевых белков могут подвергаться окислительным превращениям, которые сопровождаются модификацией аминокислотных остатков, образованием внутри- или межмолекулярных сшивок

между полипептидными цепями белков, снижением уровня триптофана и значительной продукцией битирозинфенола [5].

Таблица 2.
Уровень содержания среднемoleкулярных олигопептидов в мышечной ткани морского ерша, е.о.п./ г ткани ($\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$)

Возраст объектов, годы	Длина волны, нм		
	254	272	280
2	0,785±0,054	0,165±0,009	0,070±0,005
3	0,910±0,06	0,173±0,012	0,110±0,004
4	0,920±0,042	0,220±0,016	0,116±0,007
5	0,830±0,029	0,392±0,014	0,157±0,011
6 - 7	1,148±0,041	0,435±0,021	0,170±0,018
Коэффициент корреляции, r	0,830	0,943	0,978

Старение свойственно всем многоклеточным организмам. Оно характеризуется нарушением функциональных способностей организма. Это становится заметным в конце периода воспроизведения, который постепенно переходит в период старения. Последний имеет важную отличительную черту – в этом периоде невозможно воспроизведение. Кроме того уменьшается активность всех органов; ряд изменений, происходящих на молекулярном и клеточном уровнях приводит к нарушению функционирования организма в целом. Вероятнее всего, наблюдаемые изменения в активности ферментов внутриклеточного протеолиза, в процессе окислительной модификации белков и уровне содержания среднемoleкулярных олигопептидов в мышечной ткани морского ерша являются следствием модификации белкового метаболизма клеток как части развития биохимических механизмов старения организмов, выработанной и закреплённой в ходе эволюции.

В ходе старения происходит аккумуляция окисленных белков; в течение последней трети жизни происходит накопление карбонильных групп в белках. Также с возрастом происходит снижение активности протеолитических внутриклеточных ферментов, что может быть связано как с увеличением деградации белков, так и со снижением синтеза самого фермента.

Интенсификация процессов перекисного окисления белков и, как следствие, увеличение содержания среднемoleкулярных олигопептидов, являющихся маркерами эндогенной интоксикации, при одновременном снижении активности катепсина Д, могут характеризовать процессы старения у морских рыб.

ВЫВОДЫ

1. В мышечной ткани морского ерша выявлены продукты окисления белков, интенсивность окислительных процессов положительно коррелирует с возрастом изучаемых особей.

2. Активность катепсина Д в мышцах скорпены возрастает к 4 годам и снижается у старших возрастных групп.
3. Повышение содержание среднемолекулярных пептидов отмечено на более поздних стадиях онтогенеза.
4. Показана зависимость интенсивности окислительных процессов и активности протеолитических ферментов от возраста изучаемого объекта, что может характеризовать процессы старения у рыб.

Список литературы

1. Синицкая Н. С. Роль пептидов в свободно-радикальном окислении и старении организма / Н. С. Синицкая, В. Х. Хавинсон // Успехи совр. биологии. – 2002. – Т. 122. – Вып. 6. – С. 557.
2. Немова Н.Н. Свойства и физиологическая роль внутриклеточных протеиназ в тканях рыб / Н.Н. Немова // Усп. совр. биол. – 1991. – Т. III. – Вып. 6. – С. 948-954.
3. Davis B. Disc electrophoresis II. Method and application to human serum proteins / B. Davis // Ann. N.Y. Acad. Sci. – 1964. – V. 121, № 11. – P. 404-407.
4. Зенков Н.К. Окислительный стресс: Биохимический и патофизиологический аспекты / Н.К. Зенков, В.З. Ланкин., Е.Б. Меньщикова – М.: МАИК, 2001. – 343 с.
5. Окислительная модификация белков плазмы крови больных психическими расстройствами (депрессия, деперсонализация) / Е. Е. Дубинина., М. Г. Морозова, Н. В. Леонова [и др.] // Вопр. мед. химии. – 2000. – Т. 46, № 4. – С. 398-409.
6. Лушак В.И. Свободнорадикальное окисление белков и его связь с функциональным состоянием организма / В.И. Лушак // Биохимия. – 2007. – Т. 72, № 8. – С. 995-1017.
7. Пат. 27484 UA, МПК G 01 N 33/18. Способ биологической оценки токсичности морской среды / Руднева И. И., Вахтина Т. Б., Скуратовская Е.Н., Залевская И.Н., Граб Ю.А. - № a200603935; заявл. 10.04.2006; опубл. 12.11.07, Бюл. № 18.
8. Effects of the dietary intoxication by mercury salts on cysteine proteinase in rat tissues and detoxic role of absorbents / L.A.Bondareva, N.N.Nemova, E.I.Kaivarainen [et al.] // Proceeding of 3rd Intern. Symposium "Trace Elements in Human: New Perspectives", Greece, Athens, 2001. – P. 98-105.
9. Бобров В.М. Молекулы средней массы - показатель интоксикации при гнойно-воспалительных заболеваниях ЛОР-органов / В.М. Бобров, С.А. Шишкин // Вестник оториноларингологии. – 1999. – №1. – С.33-34.
10. Карякина Е.В. Молекулы средней массы как интегральный показатель метаболических нарушений / Е.В.Карякина, С.В. Белова // Клиническая лабораторная диагностика. – 2004. – №3. – С. 3-8.
11. Окислительная модификация белков сыворотки крови человека, метод ее определения / Е. Е. Дубинина, С. О. Бурмистров, Д. А. Ходов [и др.] // Вопр. мед. химии. – 1995. – Т. 41, № 1. – С. 24.
12. Окислительная модификация белков: окисление триптофана и образование битирозина в очищенных белках с использованием системы Фентона / Е.Е.Дубинина, С.В. Гавровская, Е.В. Кузьмич и др. // Биохимия. – 2002. – №67. – С. 413 – 421.
13. Дингл Дж. Методы исследования / Дингл Дж. – М.: Мир, 1980. – 344 с.
14. Лакин Р.Ф. Биометрия / Лакин Р.Ф. – М: Высшая школа, 1990. – 352 с.

Подунай Ю.О. Вiкова динамiка активностi катепсинiв i змiст середньомолекулярних пептидiв в м'язах морського йоржа / Ю.О. Подунай, I.M. Залевська, I.I. Руднева // Вченi записки Таврiйського національного унiверситету iм. В.I. Вернадського. Серiя „Бiологiя, хiмiя”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 128-134.

В процесi онтогенезу стiйкiсть гiдробiонтiв до дiї стресових чинникiв iстотно варiює. Кожен перiод онтогенезу характеризується рiзною iнтенсивнiстю процесiв окиснювальної модифiкацiї бiлкiв, рiвня накопичення середньомолекулярних пептидiв в тканинах i активнiстю лiзосомальних протеiназ клiтини. Встановлено збiльшення активностi катепсина Д в м'язах особин морського йоржа (*Scorpena porcus*) у вiцi вiд 2 до 4 рокiв i зменшення у риб у вiцi вiд 5 до 7 рокiв. Вiдмiчено зростання

інтенсивності окиснювальної модифікації білків і рівня змісту молекул середньої маси у старших вікових груп. Інтенсифікація процесів перекисного окислення білків і збільшення змісту середньомолекулярних пептидів при одночасному зниженні активності катепсина Д можуть характеризувати процеси старіння у морських риб.

Ключові слова: катепсин Д, середньомолекулярні пептиди, окиснювальна модифікація білків, онтогенез, морський йорж.

Podynay U.A. Age dynamics of activity of cathepsin d and maintenances of low weight molecules in muscles of marine ruff / U.A. Podynay, I.N. Zalevskaja, I.I. Rydneva // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 128-134.

In the process of ontogenesis stability of fishes to the action of stress factors varies substantially. Every period of ontogenesis is characterized by different intensity of processes of oxidative modify of proteins, level of accumulation of low weight molecules in muscles and by activity of proteolytic enzymes of cells. Multiplying activity of cathepsin D the muscles of individuals of marine ruff (*Scorpena porcus*) in age from 2 to 4 years and diminishing for fishes in age from 5 to 7 years was showed. Reliable growth of intensity of oxidative modify of proteins and level of maintenance of low weight molecules is marked in the senior groups of ages. Intensification of processes of oxidation of albumens and multiplying maintenance of low weight molecules at a simultaneous decline activity of cathepsin D can characterize the processes of senescence for saltwater fishes.

Keywords: cathepsin D, low weight molecules, oxidative modify of proteins, ontogenesis, marine ruff.

Поступила в редакцію 02.12.2009 г.

УДК 582.475.4:581.143

ПРОЦЕССЫ МОРФОГЕНЕЗА В ДЛИТЕЛЬНО КУЛЬТИВИРУЕМЫХ КАЛЛУСАХ БОЯРЫШНИКА ПОЯРКОВОЙ (*CRATAEGUS POJARKOVAE* KOSSYCH)

Попкова Л.Л.¹, Теплицкая Л.М.²

¹ЮФ "Крымский агротехнологический университет" НАУ, Симферополь, Украина,
e-mail: ophris97@rambler.ru

²Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского, Симферополь, Украина,

Изучены процессы морфогенеза в длительно культивируемых в условиях *in vitro* каллусах боярышника Поярковой. Дана цитоморфологическая и гистологическая характеристика разных типов каллусных культур боярышника.

Ключевые слова: боярышник Поярковой, каллус, морфогенез, *in vitro*.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время приоритетным направлением охраны природы является сохранение биологического разнообразия и, в частности, редких эндемичных видов. Одним из эндемиков Крыма и Карадага, популяция которого находится под угрозой исчезновения, является боярышник Поярковой (*Grataegus pojarkovae* Kossyich). Боярышник Поярковой внесен в «Европейский Красный список животных и растений, находящихся под угрозой исчезновения» (1991), глобальный Европейский список (2002), Международную Красную книгу (МСОП) и «Красную книгу Украины» (1996). Данный вид боярышника отличается нетребовательностью к почвам, значительной засухоустойчивостью, крупными (до 2,5-3 см в диаметре) плодами желтой окраски, обладающими ценными пищевыми и лекарственными свойствами. Растение боярышника Поярковой весьма декоративно и может использоваться в озеленении, а его плоды представляют интерес для использования в медицине [1 – 3].

Однако возобновление популяции боярышника Поярковой крайне низкое. Лимитирующими факторами естественного возобновления являются нерегулярное плодоношение, низкая всхожесть семян и длительный период их прорастания (280-400 дней), уничтожение значительной части урожая плодов грызунами [4]. Поэтому для сохранения уникального генотипа помимо мониторинга и охранных мероприятий естественной популяции необходимо разрабатывать методы его ускоренного размножения и культивирования.

Современными эффективными методами размножения растений являются биотехнологические методы, основанные на культивировании изолированных органов и тканей в условиях *in vitro*. Многие редкие, исчезающие виды содержат витамины, биологически активные вещества, ценные для применения в качестве лекарственных средств. Однако источником этих продуктов могут являться как растения-регенеранты, выращенные в условиях *in vitro*, так и собственно культура клеток. Каллусные культуры часто используют как резерв для микрклонального размножения и получения вторичных метаболитов [5, 6]. Изучение каллусных культур, регулирование процессов морфогенеза в них позволяет использовать генотип редких видов для различных прикладных аспектов селекции и сохранения видов.

Целью данной работы являлось изучение процессов морфогенеза в длительно культивируемых каллусных культурах боярышника Поярковой для сохранения генотипа редкого вида.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом для проведения исследований служили вегетативные почки боярышника Поярковой, семена с зародышами и нераскрывшиеся бутоны. При проведении исследований использовали общепринятые в биотехнологии методы [6, 7].

С целью получения асептических эксплантов, перед помещением на питательные среды были использованы следующие режимы стерилизации: 50 % р-р брадофена, 1 мин., 80 % р-р этанола, 30 сек, 3 % р-р перекиси водорода; 80 % р-р этанола, 30 сек., 0,3 % р-р перекиси водорода; слабо розовый р-р KMgO_4 , 80 % р-р этанола, 3 % р-р перекиси водорода. Стерилизацию материала проводили в условиях ламинар-бокса с последующей промывкой стерильной дистиллированной водой 3 раза по 5 минут в объемах не менее 100 мл. Количество асептических эксплантов при этом составляло 65-80%. Асептические экспланты (зародыши, почки без кроющих чешуй, тычинки, пыльники) помещали по одному на агаризованные питательные среды (Мурасиге-Скуга, Гамборга). На каждый вариант питательной среды было высажено по 30 эксплантов определенного типа в трёхкратной повторности. Культуральные сосуда с эксплантами содержались в фитолюминостате, где поддерживалась температура 22-25⁰С, относительная влажность воздуха 60-70% и освещенность 1,5-2 клк. После пересадки первичного каллуса на свежую среду субкультивирование осуществлялось не ранее чем через 24-36 месяцев.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что растения из рода боярышник имеют лекарственное и хозяйственное значение. Уже в конце 18 века была отмечена высокая терапевтическая эффективность от применения различных частей боярышника при заболеваниях центральной нервной и сердечно-сосудистой систем. Препараты боярышника применяют при функциональных расстройствах сердечной деятельности, гипертонической болезни, климактерическом неврозе, атеросклерозе. Положительные результаты лечения препаратами боярышника гипертонической болезни на ранних стадиях обусловлены как сосудорасширяющим, спазмолитическим действием, так и способностью растения положительно влиять

на уровень венозного давления и эластичность сосудистой стенки артериол и капилляров. В медицине используют плоды, цветы и листья боярышника [8]. В плодах содержатся флавоноиды, каротиноиды, дубильные и пектиновые вещества, сапонины, гликозиды. Жидкий экстракт плодов входит в состав препарата «кардиовален». Препараты из листьев действуют преимущественно на нервную систему как успокоительное средство, но при этом вызывают повышение артериального давления. Поскольку полезные вещества часто содержатся в культурах клеток и органов, то весьма целесообразно получение и изучение каллусных культур боярышника.

В результате экспериментов были получены каллусные культуры из вегетативно-генеративных почек, зеленых семядолей проростков, развивающихся в условиях *in vitro*, пыльников и тычиночных нитей [9, 10]. Однако каллусные культуры, полученные из генеративных органов, генетически нестабильны, в них чаще наблюдается образование гаплоидов и эмбрионидных структур. Поэтому именно каллусные культуры из вегетативных органов, в которых были обнаружены меристемоподобные клетки и ранние этапы дифференцировки, использовались для активного наращивания биомассы, длительного культивирования и экспериментов по морфогенезу.

Изучение способности к каллусогенезу показало, что лучше всего каллус образовывался из почек боярышника Поярковой. Оптимальной питательной средой для первичного каллусообразования из почек являлась среда МС-1, содержащая 1,0 мг/л 2,4-Д и 0,1 мг/л БАП. Через 11-1 суток, преимущественно на раневых поверхностях появлялся первичный каллус, представляющий собой рыхлую массу светло-зеленых клеток. После активного нарастания в течение 30-40 суток первичные каллусные культуры переносили на свежие питательные среды. Установлено, что для длительного культивирования также хорошо подходит среда МС-1, на которой даже через 24 и 36 месяцев отмечалось нарастание каллусной массы. Также для длительного культивирования каллуса была отобрана среда Гамборга. Исследования показали, что наибольшее влияние на процессы морфогенеза при длительном культивировании каллуса боярышника Поярковой (табл. 1), оказывают тип среды и концентрация фитогормонов.

Из испытанных нами питательных сред по прописям Мурасиге-Скуга и Гамборга для поддержания процессов морфогенеза при длительном культивировании более перспективной является среда МС-1 (табл.), на которой отмечаются процессы каллусогенеза, гистогенеза и эмбриоидогенеза. На питательной среде по прописи Гамборга, дополненной 1,0 мг/л 2,4-Д и 0,1 мг/л БАП (В-5), отмечены процессы каллусогенеза и гистогенеза (табл.).

При исследовании совместного влияния минеральной основы и состава регуляторов роста в среде культивирования показано, что для развития изучаемых процессов, более благоприятной является среда Мурасиге и Скуга. Так, на среде по прописи Мурасиге и Скуга, дополненной, 2,4-Д в концентрации 1,0 мг/л, и БАП, в концентрации 0,1 мг/л (МС-1), происходит активное образование первичного и вторичного каллуса. Культивируемые на ней клетки, обладают высокими показателями активности, способны к образованию элементов проводящей системы

(гистогенезу), а так же образованию соматических зародышей (эмбриогенезу). На среде МС-2 дополненной 2,4-Д в концентрации 2,0 мг/л, и БАП, в концентрации 0,2 мг/л (МС-2) отмечались только процессы каллусогенеза.

Таблица.
Влияние содержания фитогормонов в питательных средах на процессы морфогенеза при длительном культивировании в каллуса боярышника Поярковой

Вариант среды	Тип и концентрация регуляторов роста в среде, мг/л		Морфогенетическая реакция		
	2,4-Д	БАП	калусогенез	гистогенез	эмбриогенез
МС-1	1,0	0,1	+	+	+
МС-2	2,0	0,2	+	—	—
В-5	0,1	1,0	+	+	—

Примечание: + - наличие процессов; — - отсутствие процессов.

В результате исследований установлено, что длительно культивируемые каллусные культуры боярышника Поярковой, полученные из вегетативных почек, способны к образованию следующих типов каллуса:

- бугристого серовато-коричневого каллуса, не способного к гистогенезу и эмбриогенезу (рис.1);
- зеленого каллуса, способного к морфогенезу (рис. 2);
- матового каллуса способного к эмбриогенезу (рис. 3).

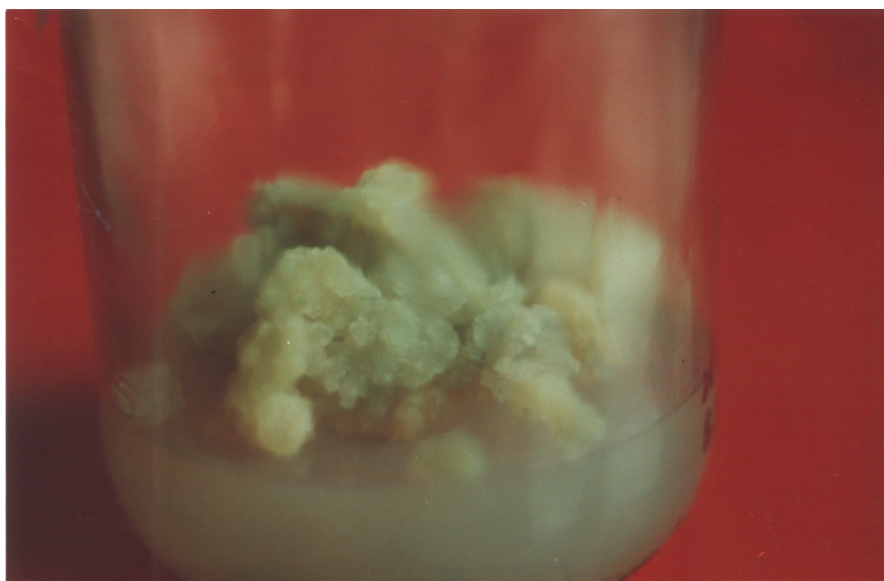


Рис. 1. Внешний вид серовато-коричневого бугристого каллуса.

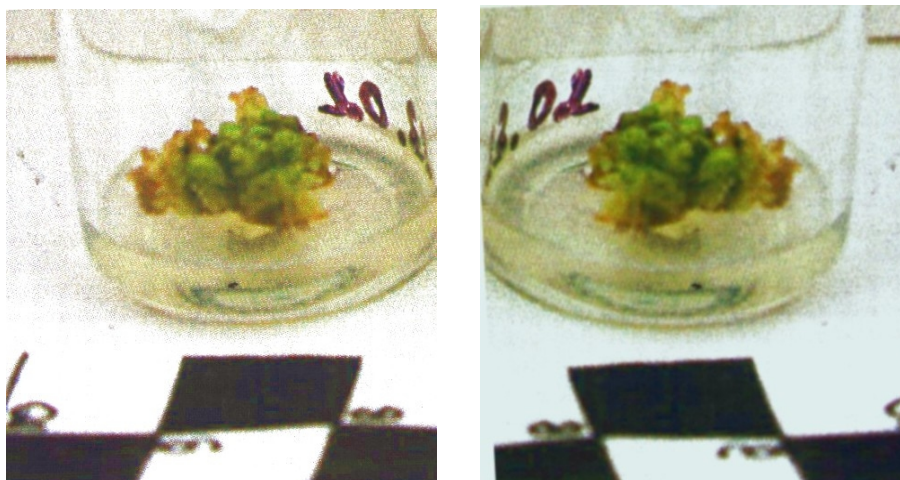
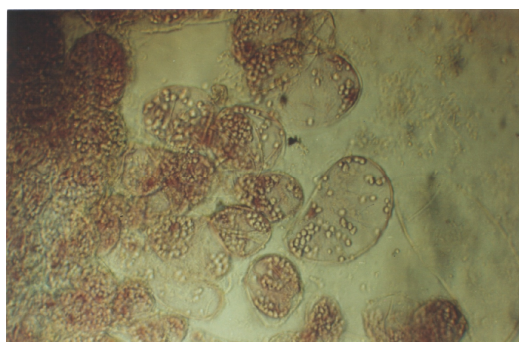
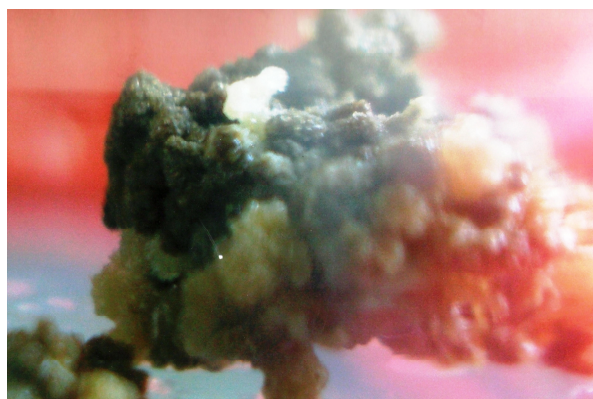
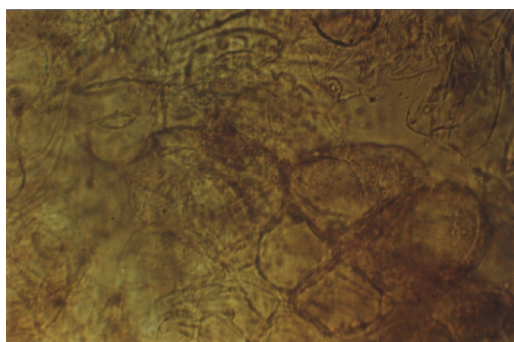


Рис. 2. Внешний вид зеленого каллуса с листовидными выростами, полученный из почек боярышника Поярковой.



а



б

Рис. 3. Внешний вид матового каллуса с эмбриоидоподобными структурами и его цитоморфология : а – клетки содержащие крупные гранулы (предположительно крахмал); б – четырехклеточный эмбрионид.

Для более детального выяснения, различий между образующимися типами каллусных культур, проводились цитологические и гистологические исследования.

Результаты цитологического исследования бугристого серовато-коричневого каллуса показали, что он состоит из скоплений структур, отходящих от общего центра в виде «звезды». Данные структуры содержат элементы проводящей системы, на концах выступов расположены зоны меристемоподобных клеток. Эти зоны, возможно, обеспечивают нарастание каллусной массы клеток и не являются апикальными меристемами, обеспечивающими процесс регенерации. Аналогичное строение каллусных тканей, не обладающих способностью к регенерации характерно для различных видов растений [5, 6]. Отсутствие апикальных меристем (при данных условиях культивирования) и эмбриоидоподобных клеток обуславливает отсутствие у данного типа каллуса способности к регенерации органов.

В результате цитологических исследований каллусных культур второго типа (зеленого цвета, способных к образованию листоподобных выростов), было отмечено, что очаги с процессами морфогенеза представляют собой достаточно организованные образования. Поверхностные клеточные слои этих образований состоят из мелких клеток меристематического типа. Клетки более глубоких слоев, крупнее по размеру, их ядра и цитоплазма окрашиваются слабее, чем у клеток поверхностных слоев. В глубине очагов морфогенеза заметна дифференцировка проводящей системы. Формирование новых очагов морфогенеза происходит путем образования выростов, состоящих из таких же мелких, интенсивно окрашивающихся клеток, отпочковывающихся от «старого» очага морфогенеза. Помимо образования очагов морфогенеза в поверхностных слоях клеток происходит формирование листовидных выростов и апикальных меристем побегов.

Гистологическое исследование матового каллуса светлого цвета показало, что он состоит из клеток с сильно окрашивающимися ядрами и цитоплазмой с крупными гранулами, сходными по внешнему виду с крахмальными зёрнами (рис.3, а). Такие клетки характерны для каллусов, обладающих эмбриоидогенными потенциями. Данные клетки окрашивались ацетокармином значительно сильнее по сравнению с клетками очагов морфогенеза. На срезах белого матового каллуса обнаружены многоклеточные образования, напоминающие эмбриоидоподобные структуры (рис.3, б). Эти образования различались между собой размерами и степенью дифференциации и представляли, вероятно, разные стадии эмбриогенеза. Они возникали, очевидно, из поверхностных клеток каллуса. В процессе их развития отмечены стадии многоклеточной дифференциации точек роста. Необходимо отметить, что на некоторых срезах были обнаружены единичные эмбриоиды среди рыхло расположенных паренхимных клеток каллусных тканей, соседствовавших с белым матовым каллусом. Эти эмбриоиды могли возникать либо из эмбриоидогенных клеток, отделившихся от белого матового каллуса, либо из клеток данного рыхлого каллуса. В последнем случае выявленный факт представляет значительный интерес, так как показывает принципиальную возможность получения у боярышника Поярковой эмбриогенного каллуса, который

может быть использован для получения клеточных культур, способных к регенерации.

Таким образом, проведенные гистологические исследования каллусных культур полученных из почек боярышника Поярковой показали, что каллусы отличаются как морфологической, так и гистологической гетерогенностью. Разные типы образований различаются по анатомическому строению, клеточной организации, которая определяет их морфогенетические потенции. Развитие растений-регенерантов может происходить по пути органогенеза (геммогенеза), а так же по пути эмбриоидогенеза.

Глобулярные структуры, возникающие из очагов меристем, а также матового каллуса имеют строение эмбриоидов. Листовидные выросты на поверхности очагов морфогенеза образуются в результате деятельности апикальных меристем почки. Это указывает на то, что определенные типы каллусной культуры обладают как эмбриоидогенными, так и органогенными потенциями. Конкретная реализация их морфогенетических потенций зависит от ряда факторов, в том числе от органа, из которого получен каллус и условий его культивирования, в частности от фитогормонального состава среды [5, 7].

При размножении растений через каллусную культуру всегда существует вероятность получения форм не идентичных исходному генотипу, в результате нестабильности каллусных клеток. Поэтому обязательным этапом в процессе исследований является цитогенетический анализ полученных каллусных культур для установления их сходства с донорными растениями.

Изучение цитоморфометрических параметров каллусных клеток боярышника Поярковой показало, что каллусная ткань различается как по цвету, форме, консистенции, так и по типу клеток, имеющих различные морфометрические показатели.

На питательной среде Мурасиге-Скуга, дополненной 2,4-Д в концентрации 1,0 мг/л и БАП в концентрации 0,1 мг/л (МС-1), развивался каллус состоящий из трех типов клеток: меристемоподобных, паренхимоподобных и гигантских, различающихся размерами клеток и их ядер. Из данных представленных в таблице 2 видно, что меристемоподобные клетки имеют небольшие размеры, большую часть которой занимает ядро, вытянутой формы. При этом ядерно-плазменное соотношение приближается к 0,12 что по данным литературы соответствует высокой ядерной активности клеток.

Паренхимоподобные клетки данной каллусной ткани имеют размеры, превышающие размеры меристемоподобных, что и позволило выделить их в отдельный тип клеток. Размеры у данного типа клеток превышают размеры предыдущего типа почти в три раза, размеры ядер, при этом остаются примерно таким же. Объем исследуемого типа клеток по сравнению с меристематическими значительно увеличивается, а ядерно-плазменное соотношение данного типа клеток снижается с 0,118 до 0,0016. Данные изменения могут свидетельствовать, что у этих клеток происходят процессы первичной дифференцировки, снижение уровня ядерной активности до «стандартного» уровня метаболизма.

В каллусной ткани, полученной на модифицированной среде МС-1, был выделен третий морфологический тип клеток – гигантские. Средние линейные размеры и объем клеток значительно увеличиваются, происходит увеличение размеров и объема ядер. Основным показателем функциональной активности клеток (их ядерно-плазменное соотношение) при этом понижается.

Таким образом, меристематические клетки характеризуются высоким ядерно-клеточным соотношением, у паренхимных клеток этот показатель несколько ниже. Минимальным ядерно-клеточным отношением характеризуются гигантские клетки. Эти изменения свидетельствуют о функциональной активности данного типа клеток, что может быть связано с особенностями роста каллуса на разных типах модифицированных питательных сред.

Изучение каллусных тканей, полученных на среде МС-2 с 2,0 мг/л 2,4-Д и 0,2 мг/л БАП, показало, что клетки на основании их размеров можно так же разделить на три типа: меристемоподобные, паренхимоподобные и гигантские. Изучение линейных размеров и объемов и ядер клеток данных типов показало, что они отличаются от аналогичных типов, полученных на среде МС-1 несколько большими размерами. Так, размеры меристемоподобных клеток полученных на среде МС-2 превышали размеры клеток такого же типа полученных на среде МС-1 на 7-10 единиц. Размеры ядер у данных типов клеток, незначительно снижались по сравнению с клетками, полученными на среде МС-1. Такие изменения размеров клеток и ядер, вызывали почти трехкратное снижение показателя функциональной активности клеток – ядерно-плазменного соотношения. Возрастание линейных размеров клеток при снижении размеров ядер отмечалось так же и у клеток паренхимного типа, что в свою очередь отражалось на снижении ядерно-плазменного соотношения. Такая же зависимость прослеживается и для клеток гигантского типа, полученных на среде МС-2.

Изучение каллуса, полученного на модифицированной среде Гамборга, показало, что в данной ткани, можно выделить только два типа клеток: меристематического и паренхимоподобного. Размеры клеток каллуса меристематического типа существенно не изменялись, по сравнению с клетками, полученными на среде МС-1. При этом за счет изменений в размерах паренхимоподобных клеток, происходило значительное снижение ядерно-плазменного соотношения по сравнению с каллусными культурами, полученными на среде МС-1.

Таким образом, в результате проведенных исследований оптимизированы условия получения и длительного культивирования каллуса из вегетативных органов боярышника Поярковой, определены питательные среды для индукции морфогенеза в длительно культивируемом каллусе. Для длительного культивирования оптимальной является среда Мурасиге-Скуга (МС-1). Культивируемые на ней клетки обладают высокими показателями активности, наблюдаются начальные этапы каллусо-, гисто- и эбриоидогенеза. Показано, что цитоморфологическая характеристика разных типов каллуса может служить критерием его морфогенетических потенций.

ВЫВОДЫ

1. Все гибриды нового поколения, взятые нами для изучения, проявили высокую ростовую активность на фоне засоления средней степени (NaCl 100 мМ).
2. Среди исследованных генотипов солеустойчивыми оказались гибриды Веселка МВ, Шаланда МВ и Одесский 385 МВ, а солечувствительными к хлоридному засолению – гибриды Одесский 375 МВ и ОдМа 310 МВ.
3. Разница в локализации ионов Na^+ между солеустойчивыми и солечувствительными гибридами была наиболее выражена в гомогенате и клеточном соке тканей надземной части.
4. Барьерная роль корней как адаптивная реакция организменного уровня на солевой стресс была более выражена у солеустойчивых гибридов.

Список литературы

1. Голубев В.Н. Биологическая флора Крыма / Голубев В.Н. – Ялта, 1996. – 86 с.
2. Дидух Я.П. Карадагский природный заповедник / Я.П. Дидух, Ю.Р. Шеляг-Сосонко – Киев, 1982. – 186 с.
3. Червона книга України. Рослинний світ. / [ред. Ю. Р. Шеляг-Сосонко]. – К. : Українська енциклопедія, 1996. – 680 с.
4. Летухова В.Ю. Современный ареал исчезающего вида боярышника Поярковой / В.Ю. Летухова // Труды Никит. Ботан. Сада. – 2001. – Т. 120. – С. 73–79.
5. Бутенко Р.Г. Биология высших растений *in vitro* и биотехнологии на их основе : учебное пособие / Бутенко Р.Г. – М. : ФБК-Пресс, 1999. – 160 с.
6. Здруйковская-Рихтер А.И. Культура изолированных зародышей и генеративных органов как метод селекции плодовых растений / А.И. Здруйковская-Рихтер // Тканевые и клеточные культуры в селекции растений. – М. : ВАСХНИЛ, 1979. – С. 57–70.
7. Калинин Ф.Л. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений / Калинин Ф.Л., Сарнацкая В.В., Полищук В.Е. – К.: Наук. думка, 1980. – 488 с.
8. Темная Л.Д. Перспективы использования некоторых видов *Crataegus* в плодоводстве / Л.Д. Темная // Актуальные проблемы ботаники : Тезисы молодежной конференции ботаников стран СНГ. – Апатиты, 1993. – С.12–125.
9. Попкова Л.Л. Сохранение уникального генотипа боярышника Поярковой (*Crataegus pojarkovae* Kossyach) методом каллусных культур / Л.Л. Попкова, Л.М. Теплицкая // Тематич. сборник науч. трудов «Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана». – Симферополь, 2005. – Вып.15. – С. 147–152.
10. Попкова Л. Л. Изучение морфогенеза в каллусной культуре редкого эндемичного вида *Crataegus pojarkovae* Kossyach / Л. Л. Попкова, Л. М. Теплицкая // Тематич. сборник науч. трудов «Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана». – Симферополь, 2006. – Вып.16. – С. 9–17.

Попкова Л.Л. Процеси морфогенезу в тривало культивуємих калусах гліді Пояркової (*Crataegus pojarkovae* Kossyach) / Попкова Л.Л., Теплицька Л.М. // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 135-144.

Досліджені процеси морфогенезу в тривало культивуємих в умовах *in vitro* калусах гліді Пояркової. Наведені цитоморфологічні та гистологічні характеристики різних типів калусних культур.

Ключові слова: глід Пояркової, калус, морфогенез, *in vitro*.

Popkova L.L. Process of morphogenesis in long cultivating callus of Pojarkova hawthorn (*Crataegus pojarkovae* Kossykh) / Popkova L.L., Teplitckaya L.M. // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 135-144.

Process of morphogenesis in long cultivating *in vitro* callus of Pojarkova hawthorn are investigated. Cytomorphological and histological characteristics of different types of callus of hawthorn are presents.

Key words: Pojarkova hawthorn, callus, morphogenesis, *in vitro*.

Поступила в редакцию 10.12.2009 г.

УДК [612.66+616-092]: 577.15

**АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ КАТАБОЛИЗМА КАРБОНИЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ
ОБМЕНА В СУБКЛЕТОЧНЫХ ФРАКЦИЯХ МОЗГА И ПЕЧЕНИ КРЫС
ПУБЕРТАТНОГО ВОЗРАСТА**

Редько А.В., Сухова Л.Л., Давыдов В.В.

*ГУ «Институт охраны здоровья детей и подростков АМНУ», Харьков, Украина,
e-mail: davydov@kharkov.com*

Целью работы явилось изучение активности ферментов катаболизма карбонильных продуктов свободнорадикального окисления в субклеточных фракциях мозга и печени крыс на разных этапах восходящего онтогенеза. Показано, что в пубертатном возрасте в печени и на позднем этапе полового созревания в мозге понижается активность ферментов утилизации эндогенных альдегидов в их митохондриальной и постмитохондриальной фракции, что способствует повышению чувствительности мозга и печени к повреждающему эффекту оксидативного стресса.

Ключевые слова: пубертат, свободнорадикальное окисление, эндогенные альдегиды, альдегидредуктаза, альдегиддегидрогеназа, глутатионтрансфераза.

ВВЕДЕНИЕ

В пубертатном возрасте повышается чувствительность организма к действию неблагоприятных факторов внешней среды. Следствием того становится широкое распространение в подростковом возрасте патологии сердечно-сосудистой и центральной нервной системы, пищеварительного тракта, эндокринных расстройств и др. [1 – 3]. Одной из причин формирования этого возрастного феномена может быть повышение чувствительности тканей внутренних органов на этапе полового созревания к их свободнорадикальному повреждению.

Важную роль в защите от оксидативного стресса играют ферменты катаболизма карбонильных продуктов свободнорадикального окисления [4 – 6]. В этой связи, возрастная модуляция их активности, может играть определенное значение в изменении чувствительности организма к действию неблагоприятных факторов внешней среды. Вместе с тем в периодической литературе все еще нет сведений о состоянии ферментативных систем, обеспечивающих утилизацию эндогенных альдегидов в тканях внутренних органов на этапе полового созревания. Учитывая это, целью работы явилось изучение активности ферментов катаболизма карбонильных продуктов свободнорадикального окисления в субклеточных фракциях мозга и печени крыс на разных этапах восходящего онтогенеза.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на 30 intactных крысах самцах линии Вистар трех возрастных групп: I - 1,5-месячные (ранний пубертат), II - 2-месячные (поздний пубертат) и III - 12-месячные (взрослые половозрелые).

В процессе исследований животных декапитировали под легким эфирным наркозом. Извлекали головной мозг и печень и помещали в охлажденный до 4°C физиологический раствор. Навеску мозга гомогенизировали со средой выделения, содержащей 320 мМ сахарозы, 10 мМ Трис и 1 мМ ЭДТА (pH 7,4), в гомогенизаторе Поттера – Эльвегейма в соотношении 1:10. Навеску печени гомогенизировали со средой выделения, содержащей 250 мМ сахарозы, 10 мМ Трис и 1 мМ ЭДТА (pH 7,4). Гомогенаты фильтровали через 2 слоя марли в центрифужные пробирки и центрифугировали при 1000g в течение 10 минут. Супернатант центрифугировали 20 минут при 10000g. Полученную надосадочную жидкость использовали в качестве постмитохондриальной фракции, а осадок суспензировали в среде выделения и повторно центрифугировали в течение 20 минут при 10000g. Осадок суспендировали с 1 мл среды выделения и использовали в качестве грубой митохондриальной фракции. Все процедуры фракционирования проводили при 4°C.

В пробах субклеточных фракций головного мозга и печени определяли активность NADH(NADPH)-зависимой альдегидредуктазы (АР; К.Ф. 1.1.1.1.) [7] и NAD- и NADP-зависимых альдегиддегидрогеназ (АлДГ; К.Ф. 1.2.1.3) [8] и глутатионтрансферазы (ГТ; К.Ф. 2.5.1.18) [9].

В пробах постмитохондриальной фракции мозга и печени измеряли содержание флюоресцирующих конечных продуктов свободнорадикального окисления типа шиффовых оснований [10]. Содержание белка в пробах субклеточных фракций определяли по методу Лоури.

Полученные результаты подвергали статистической обработке при помощи непараметрического метода Wilcoxon-Mann-Whitney.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из результатов, представленных в таблице 1 следует, что активность NAD-АлДГ в постмитохондриальной фракции мозга крыс 2 месячного возраста на 53% превышает ее величину у 1,5 месячных животных. При этом активность данного фермента у крыс пубертатного возраста имеет значительно большую величину, чем у взрослых половозрелых (12-месячных) животных. Аналогичным образом активность NADH-АР и ГТ у взрослых крыс оказывается существенно ниже, чем у 1,5- и 2-месячных животных.

В митохондриальной фракции головного мозга 2 месячных крыс активность NADH-АР, NADPH-АР и ГТ на 43%, 65% и 55% соответственно ниже ее величины у 1,5-месячных животных. При этом активность всех исследованных ферментов в митохондриальной фракции 1,5-месячных крыс соответствует их величине у 12-месячных животных.

В постмитохондриальной фракции печени 2-месячных крыс активность NAD-АлДГ и NADPH-АР имеет величину на 32% и 61% соответственно ниже, чем у 1,5-

АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ КАТАБОЛИЗМА КАРБОНИЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ

месячных (табл. 1, 2). При этом активность NADPH-AP у 1,5-месячных животных на 34%, а активность ГТ у 2 месячных крыс на 36 % соответственно ниже их величины у 12-месячных животных.

Таблица 1.

Активность ферментов, катализирующих окислительно-восстановительные превращения альдегидов в субклеточных фракциях мозга крыс ($M \pm m$; $n = 5-6$)

	1,5 мес	2 мес	12 мес
Митохондриальная фракция			
NAD-АлДГ (нмоль/мин·мг белка)	$0,94 \pm 0,17$	$0,91 \pm 0,16$	$0,9 \pm 0,1$
NADP-АлДГ (нмоль/мин·мг белка)	$1,2 \pm 0,4$	$1,2 \pm 0,2$	$0,9 \pm 0,2$
NADH-AP (нмоль/мин·мг белка)	$27,7 \pm 4,6$	$*15,9 \pm 0,1$	$20,9 \pm 0,7$
NADPH-AP (нмоль/мин·мг белка)	$18,6 \pm 6,3$	$*6,5 \pm 1,4$	$17,3 \pm 1,7$
ГТ (нмоль/мин·мг белка)	$7,5 \pm 1,2$	$3,4 \pm 1,1$	$4,9 \pm 0,4$
Постмитохондриальная фракция			
NAD-АлДГ (нмоль/мин·мг белка)	$1,36 \pm 0,01$	$*2,08 \pm 0,12$	$*0,600 \pm 0,003$
NADP-АлДГ (нмоль/мин·мг белка)	$1,2 \pm 0,4$	$1,2 \pm 0,2$	$0,9 \pm 0,2$
NADH-AP (нмоль/мин·мг белка)	$11,4 \pm 1,8$	$16,5 \pm 1,7$	$*5,5 \pm 1,2$
NADPH-AP (нмоль/мин·мг белка)	$5,3 \pm 0,8$	$7,2 \pm 0,8$	$7,0 \pm 0,6$
ГТ (нмоль/мин·мг белка)	$22,2 \pm 2,8$	$31,5 \pm 5,2$	$10,5 \pm 1,0$

Примечание: * - $p < 0,05$ к 1,5 месячным

В митохондриальной фракции печени 1,5 месячных крыс активность NAD- и NADP-АлДГ существенно ниже, чем у 2- и 12-месячных животных. При этом активность NADH-AP у 2-месячных крыс на 62% меньше, чем у 1,5-месячных и на 61% меньше чем у 12-месячных животных.

Таблица 2.

Активность ферментов, катализирующих окислительно-восстановительные превращения альдегидов в субклеточных фракциях печени крыс ($M \pm m$; $n = 5-6$)

	1,5 мес	2 мес	12 мес
Митохондриальная фракция			
NAD-АлДГ (нмоль/мин·мг белка)	$1,0 \pm 0,3$	$2,8 \pm 0,7$	$*8,3 \pm 0,4$
NADP-АлДГ (нмоль/мин·мг белка)	$0,67 \pm 0,2$	$*18,1 \pm 3,0$	$*12,2 \pm 2,5$
NADH-AP (нмоль/мин·мг белка)	$23,4 \pm 4,3$	$*8,9 \pm 1,5$	$22,8 \pm 3,3$
NADPH-AP (нмоль/мин·мг белка)	$6,7 \pm 2,2$	$4,5 \pm 0,8$	$23,1 \pm 0,4$
ГТ (нмоль/мин·мг белка)	$14,7 \pm 1,5$	$12,4 \pm 0,8$	$23,0 \pm 7,4$
Постмитохондриальная фракция			
NAD-АлДГ (нмоль/мин·мг белка)	$8,0 \pm 0,9$	$*5,4 \pm 0,2$	$6,8 \pm 0,8$
NADP-АлДГ (нмоль/мин·мг белка)	$7,0 \pm 0,9$	$9,3 \pm 0,9$	$8,5 \pm 0,8$
NADH-AP (нмоль/мин·мг белка)	130 ± 12	110 ± 12	127 ± 7
NADPH-AP (нмоль/мин·мг белка)	$26,5 \pm 2,6$	$*10,3 \pm 1,4$	$*40,4 \pm 2,3$
ГТ (нмоль/мин·мг белка)	127 ± 19	105 ± 13	163 ± 10

Примечание: *- $p < 0,05$ к 1,5 месячным

Результаты проведенных исследований указывают на то, что величина суммарной активности ферментов утилизации альдегидов в постмитохондриальной фракции мозга крыс пубертатного возраста превышает таковую у взрослых животных. В большей мере это характерно для 2-, чем для 1,5-месячных крыс. Причиной возрастного повышения суммарной величины активности ферментов утилизации эндогенных альдегидов в постмитохондриальной фракции мозга является увеличение у них активности глутатионтрансферазы, а также активности АР и АлДГ за счет их NAD-зависимых ферментов.

Высокий уровень базальной активности исследованных энзимов свидетельствует о высокой мощности ферментативной системы утилизации эндогенных альдегидов в мозге на этапе полового созревания. Подтверждением того служат данные о низком содержании шиффовых оснований, как конечных продуктов превращения карбонильных продуктов свободнорадикального окисления, в постмитохондриальной фракции мозга 1,5- и 2-месячных крыс (рис. 1).

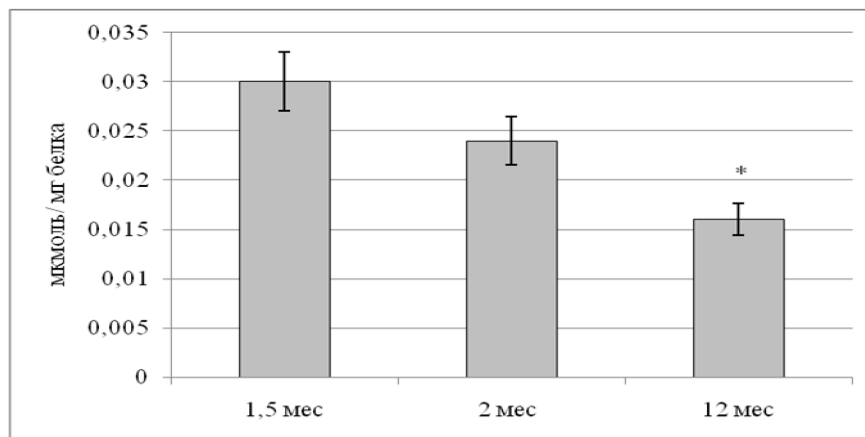


Рис. 1. Возрастные особенности изменения содержания шиффовых оснований в постмитохондриальной фракции мозга крыс.

Примечание: *- $p < 0,05$ к 1,5 месячным.

В митохондриальной фракции мозга животных пубертатного возраста возникает иная ситуация. Из представленных выше данных следует, что у 1,5-месячных крыс величина всех исследованных показателей находится на уровне 12-месячных животных, имея при этом определенную тенденцию к повышению. В тоже время для 2-месячных крыс характерно понижение суммарной активности ферментов катаболизма эндогенных альдегидов за счет уменьшения активности NAD(NADP)H-зависимых АР и глутатионтрансферазы. Подобного рода сдвиги в ферментативной активности способствуют существенному понижению мощности митохондриальной системы катаболизма эндогенных альдегидов в мозге крыс позднего пубертатного возраста.

Анализ полученных результатов позволяет прийти к заключению о том, что эффективность функционирования ферментных систем катаболизма эндогенных альдегидов в нервных клетках на раннем и позднем этапе полового созревания значительно различается. Для раннего пубертатного возраста характерна высокая мощность внутриклеточных систем защиты от цитотоксических карбонильных продуктов свободнорадикального окисления. В позднем пубертате понижается активность митохондриальных ферментов утилизации эндогенных альдегидов. В подобной ситуации компенсаторное значение приобретает повышение у них активности цитозольных ферментов утилизации альдегидов.

Модуляция митохондриальной ферментативной системы утилизации карбонильных продуктов обмена в мозге крыс позднего пубертатного возраста формирует у них предпосылки для торможения утилизации эндогенных альдегидов в мозге и, как следствие того, повышения его чувствительности к оксидативному стрессу. Причиной появления подобного сдвига могут быть возрастные особенности в скорости радикалообразования в митохондриях, а также эффективности функционирования систем антиоксидантной защиты нервных клеток.

В печени, в процессе восходящего онтогенеза также возникают характерные сдвиги стороны ферментативных систем утилизации эндогенных альдегидов. В постмитохондриальной фракции этого органа крыс пубертатного возраста понижена суммарная активность ферментов катаболизма карбонильных продуктов обмена, по сравнению с таковой у взрослых животных. В большей мере данный сдвиг проявляется у 2-, чем у 1,5-месячных месячных крыс. Его возникновение связано с понижением активности глутатионтрансферазы и NADPH-AP.

Низкая активность ферментов утилизации эндогенных альдегидов формирует условия для ограничения эффективности утилизации эндогенных альдегидов в цитозоле клеток печени крыс пубертатного возраста. Следствием того становится повышение концентрации у них шиффовых оснований в постмитохондриальной фракции печени (рис. 2).

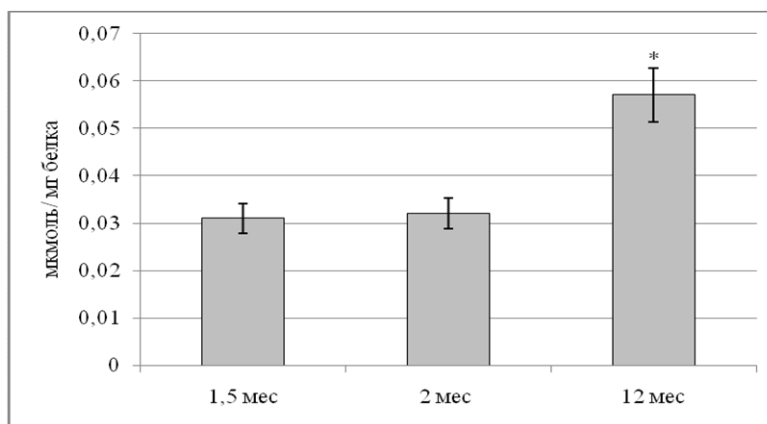


Рис. 2. Возрастные особенности изменения содержания шиффовых оснований в постмитохондриальной фракции печени крыс.

Примечание: *- $p < 0,05$ к 1,5 месячным.

В митохондриях печени схожие по направленности сдвиги выражены еще в большей мере. У крыс пубертатного возраста в митохондриальной фракции происходит одинаково выраженное понижение величины суммарной активности ферментов катаболизма эндогенных альдегидов. Причиной возникновения подобного сдвига у 1,5-месячных животных становится уменьшение активности АлДГ за счет обоих исследованных изоферментов, а у 2-месячных – снижение АР активности. Определенный вклад в понижение величины суммарной активности ферментов катаболизма эндогенных альдегидов в митохондриальной фракции печени у 2-месячных крыс вносит уменьшение активности глутатионтрансферазы, по сравнению с ее величиной у 12-месячных животных.

Возрастные сдвиги в активности исследованных ферментов предопределяют ограничение скорости утилизации эндогенных альдегидов в митохондриальной фракции печени на этапе полового созревания. В совокупности с аналогичными изменениями в постмитохондриальной фракции они формируют предпосылки для понижения эффективности утилизации карбонильных продуктов свободнорадикального окисления в клетках печени на данном этапе онтогенеза, что, в свою очередь, обуславливает повышение их чувствительности к повреждающему действию прооксидантных факторов.

Таким образом, в пубертатном возрасте в печени и на позднем этапе полового созревания в мозге возникают условия для понижения скорости утилизации карбонильных продуктов свободнорадикального окисления. Это, в свою очередь, формирует предпосылки для возрастного повышения их чувствительности к повреждающему воздействию внешних факторов, реализующих свой эффект через возникновение оксидативного стресса. Одной из вероятных причин появления этого сдвига может быть возрастное изменение изоферментного спектра ферментов катаболизма эндогенных альдегидов, обусловленное характерной для данного периода развития гормональной перестройкой в организме. Однако это предположение требует экспериментальной проверки.

ВЫВОДЫ

1. В пубертатном возрасте в печени и на позднем этапе полового созревания в мозге понижается активность ферментов утилизации эндогенных альдегидов в их митохондриальной и постмитохондриальной фракции.
2. Ограничение активности ферментов утилизации эндогенных альдегидов способствует торможению катаболизма альдегидов и их накоплению в клетках мозга и печени крыс пубертатного возраста.
3. Понижение эффективности утилизации эндогенных альдегидов способствует повышению чувствительности мозга и печени к повреждающему эффекту оксидативного стресса в пубертатном возрасте.

Список литературы

1. Механизмы формирования инвалидности у детей с патологией системы кровообращения / Н.М. Коренев, Л.Ф. Богмат, С.Р. Толмачева [и др.] // Медико-социальные аспекты реабилитации детей-инвалидов: Материалы науч.-практ. конф. – Харьков, 2000. – С. 3–6.
2. Меерсон Ф.З. Патогенез и предупреждение стрессорных и ишемических повреждений сердца / Меерсон Ф.З. – М.: Медицина, 1984. – 270 с.
3. Механізм формування невротичних розладів у підлітків / Т.Ю. Проскурина, Т.М. Матковська, А.В. Голобородько [и др.] // Психічне здоров'я – 2007. – №3 (16). – С. 55.
4. Uchida K. Role of reactive aldehyde in cardiovascular diseases / K. Uchida // Free Radical. Biol. Med. – 2000. – Vol. 28, V. № 12. – P.1685–1696.
5. Hayes J.D. Glutathione transferases / J.D. Hayes, J.U. Flanagan, I.R. Jowsey // Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol. – 2005. – Vol. 45 – P. 51–88.
6. Davydov V.V. Possible role of aldehyde's scavenger enzymes during aging / V.V. Davydov, N.M. Dobaeva, A.I. Bozhkov // Exp. gerontol. – 2004. – Vol. 39. – P. 11–16.
7. Голубев А.Г. Изнанка метаболизма / А.Г. Голубев // Биохимия. – 1996. – Т. 61, № 11. – С. 2018–2039.
8. Кислова О.В. Сравнительная характеристика мембранных форм альдегиддегидрогеназ / О.В. Кислова, Е.Г. Виноградова, Г.А. Пхакадзе // Укр. биохим. журн. – 1995. – № 6. – С. 38–46.
9. Expression of glutathione-S-transferase isozyme in the SY5Y neuroblastoma cell line increases resistance to oxidative stress / C. Xie, M.A. Lovell, S. Xiong [et al.] // Free Radical. Biol. Med. – 2001. – 31, N 1. – P. 73–81.
10. Rice-Evans C.A. Laboratory techniques in biochemistry and molecular biology: techniques in free radical research. / Rice-Evans C.A., Diplock A.T., Symons M.C.R. – London, 1991. – 346 p.

Редько А.В. Активність ферментів катаболізму карбонільних продуктів обміну в субклітинних фракціях мозку і печінки шурів пубертатного віку / А.В. Редько, Л.Л. Сухова, В.В. Давидов // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 145–151.

Метою роботи було вивчення активності ферментів катаболізму карбонільних продуктів вільнорадикального окислення в субклітинних фракціях мозку і печінки шурів на різних рівнях висхідного онтогенезу. Виявлено, що у пубертатному віці в печінці та на пізньому етапі статевої зрілості в мозку знижується активність ферментів утилізації ендогенних альдегідів в їх мітохондріальній та постмітохондріальній фракції, що сприяє підвищенню чутливості мозку і печінки до ушкоджуючого ефекту оксидативного стресу.

Ключові слова: пубертат, вільно радикальне окислення, ендогенні альдегіди, альдегідредуктаза, альдегіддегідрогеназа, глутатіонтрансфераза.

Redko A.V Activity of the enzymes of carbonyl products catabolism in subcellular fractions of brain and liver of pubertal rats / A.V. Redko, L.L.Sukhova, V.V. Davydov // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 145–151.

The activity of the enzymes of carbonyl products of free radical oxidation catabolism in subcellular fractions of brain and liver of pubertal rats has been studied. It has been established that the activity of the enzymes of endogenous aldehydes utilization in mitochondrial and postmitochondrial fractions decreased in the liver of rats at pubertal age and in the brain of rats at the late stage of puberty. It facilitates an increase in the brain and liver sensibility to the damaging effect of oxidative stress.

Keywords: puberty, free radical oxidation, endogenous aldehydes, aldehyde reductase, aldehyde dehydrogenase, glutathione transferase.

Поступила в редакцию 20.11.2009 г

УДК 612.217:796:01615.03

ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И ПРИЕМА ЭНЕРИОНА НА ФОРМИРОВАНИЕ НЕСПЕЦИФИЧЕСКИХ АДАПТАЦИОННЫХ РЕАКЦИЙ ОРГАНИЗМА ФУТБОЛИСТОВ

Сафронова Н.С.¹, Найдич С.И.², Полевик И.В.³

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

² РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет» Симферополь, Украина

³ Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, Симферополь, Украина

В работе исследовано влияние физических нагрузок и приема Энериона на формирование неспецифических состояний организма футболистов. Показано снижение общей резистентности спортсменов в течение соревновательно-тренировочного сезона. Прием Энериона не оказал существенного влияния на формирование неспецифических адаптационных реакций организма футболистов.

Ключевые слова: Энерион, физическая нагрузка, футбол, неспецифические адаптационные реакции.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время достижение определенных результатов в сфере спортивной деятельности осуществляется не только с помощью педагогических, но и медико-биологических средств, в том числе и фармакологических препаратов [1]. Напряженные физические и психоэмоциональные нагрузки в игровых видах, и особенно в футболе, требуют полноценной реализации процессов восстановления, компенсации энергии, повышения общей резистентности организма атлета. В связи с этим, теоретическая разработка, экспериментальное изучение и практическое внедрение нетоксичных и недопинговых лекарственных средств, а также биологически активных добавок к пище является одним из приоритетных направлений современной спортивной науки [2]. Большой интерес в данном аспекте представляет близкий по строению к тиамину (витамину В₁) препарат Энерион, который рекомендуют при астенических состояниях. Отмечено, что при его применении улучшается координация движений, внимание, способность к запоминанию, повышается устойчивость к развитию мышечной астении и воздействию стрессовых факторов в целом. Имеются данные, свидетельствующие о положительном эффекте действия Энериона на специальную выносливость велосипедистов высокого класса [3 – 6].

Вместе с тем, всегда очень важно иметь представление относительно влияния того или иного препарата на системы, косвенно отражающие общее состояние организма. В этом отношении достаточно простой и информативной является методика Л.Х. Гаркави Л.Х. с соавт. (1990), позволяющая при помощи анализа лейкограммы оценить формирование различных неспецифических реакций адаптации и свойственные им уровни состояния резистентности и здоровья индивидуума [7].

Исходя из вышеизложенного, нами была поставлена цель исследования – изучить влияние препарата Энерион на формирование неспецифических адаптационных реакций футболистов в течение осеннего тренировочно-соревновательного периода.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В течение двух месяцев осеннего соревновательно-тренировочного периода нами было обследовано 17 футболистов 1-го и 2-го разряда в возрасте 18-20 лет, имеющих спортивный стаж не менее 5 лет. Они были разделены на две группы: 1-ю (n=8) и 2-ю (n=9). В течение 4 недель спортсмены 1-й группы принимали витаминоподобный препарат Энерион по следующей схеме: по 1 таблетке 2 раза в первой половине дня во время еды. Футболистам 2-й группы (контроль) по такой же схеме было назначено «плацебо».

Изучение лейкоцитарной формулы осуществлялось унифицированным методом морфологического исследования форменных элементов крови с их дифференциальным подсчетом не менее чем на 200 клеток лейкоцитов. Исследовали капиллярную кровь, получаемую из прокола пальца руки. Анализ проводили натощак в утреннее время. За два дня до взятия пробы никакие воздействия к обследуемым не применялись. Определяли количество лейкоцитов, абсолютное количество и процентное содержание нейтрофилов сегментоядерных (%) и палочкоядерных (%), эозинофилов (%), лимфоцитов (%), моноцитов (%).

Типы неспецифических адаптационных реакций выявляли по процентному содержанию лимфоцитов и отношению лимфоцитов к сегментоядерным нейтрофилам. Согласно методике Гаркави Л.Х. с соавт (1990), выделяли следующие типы: реакцию хронического стресса (РХС), реакцию острого стресса (РОС), реакцию тренировки (РТ), реакцию спокойной активации (РСА), реакцию повышенной активации (РПА), реакцию переактивации (Рп/а). Содержание и соотношение остальных лейкоцитов в лейкограмме отражало уровни напряженности или неполноценности протекания реакции [7, 8]. Все вышеперечисленные исследования проводили до и после применяемых воздействий. Материалы исследования обработаны методом вариационной статистики.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования свидетельствовали, что в начале сезона из восьми обследуемых 1-ой группы четверым спортсменам соответствовала реакция спокойной активации, троим реакция повышенной активации и одному реакция

тренировки (рис. 1). При этом у двух футболистов наблюдалось полноценное развитие реакции, у остальных были выявлены те или иные неблагоприятные признаки, о чем свидетельствовал 1 и 2 уровень напряженности. Согласно данным Г.А. Макаровой (1990), при оценке неспецифического фона организма спортсменов, необходимо учитывать дополнительные значимые параметры, такие как абсолютное количество лимфоцитов и их соотношение с общим количеством лейкоцитов, что выражается соответствующим коэффициентом (К, отн.ед.) [9]. В среднем по группе его значение составило $1,4 \pm 0,1$ отн. ед. Также было зафиксировано, что абсолютное количество лимфоцитов равнялось $1,51 \pm 0,07 \cdot 10^9/\text{л}$, при их процентном содержании $33,6 \pm 1,8 \%$, что характеризовало состояние РСА.

Очевидно, что после межсезонного отдыха начало подготовительного периода характеризовалось умеренными объемами и интенсивностью тренировок, и, в целом, описанная картина белой крови соответствовала достаточно благоприятному неспецифическому фону для проведения дальнейших воздействий.

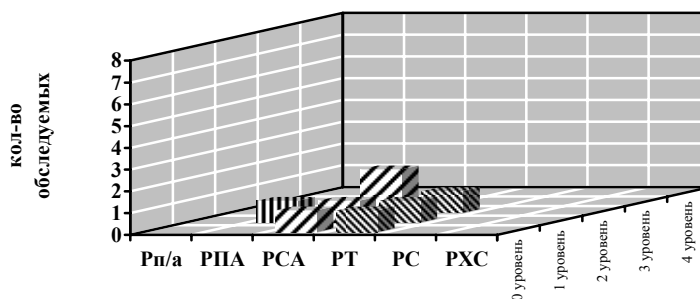


Рис. 1. Уровни напряженности и типы неспецифических адаптационных реакций у футболистов 1-ой группы в начале соревновательно-тренировочного сезона.

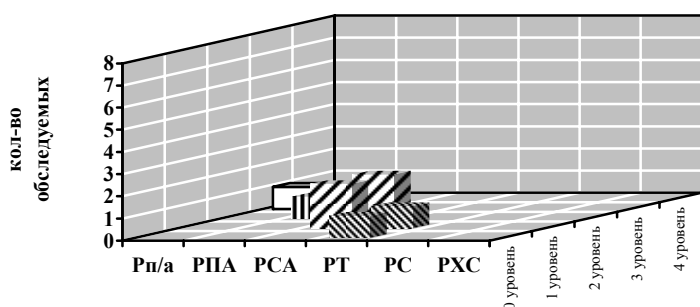


Рис. 2. Уровни напряженности и типы неспецифических адаптационных реакций у футболистов 1-ой группы в конце соревновательно-тренировочного сезона.

Данные лейкограммы футболистов, полученные по окончании сезона (рис.2), свидетельствовали, что РТ определялась в двух случаях, РСА у четверых обследуемых, РПА и реакция переактивации наблюдалась у двух спортсменов. Вместе с тем, у всех атлетов отмечалось повышение общего количества лимфоцитов, в среднем по группе составившее $2,09 \pm 0,13 \cdot 10^9$, ($p < 0,01$), что в процентном отношении равнялось $36,0 \pm 2,4$ %, коэффициент лейкоциты/лимфоциты стал равен $1,7 \pm 0,2$ отн. ед. На этом фоне было выявлено повышение содержания эозинофилов, ($p < 0,05$), что косвенно могло отражать наступающую глюкокортикоидную недостаточность [7, 9]. Очевидно, что выявленные изменения, носили негативный характер, особенно, принимая во внимание факт развития у одного спортсмена реакции переактивации. Таким образом, можно заключить, что в ходе двухмесячного соревновательно-тренировочного этапа у футболистов 1-ой группы отмечалась четкая тенденция к перенапряжению неспецифического звена адаптации к физическим нагрузкам. Также следует отметить, что нами не выявлены свойства Энериона, способствующие оптимизации течения неспецифических приспособительных реакций организма к напряженной мышечной деятельности.

Далее была проанализирована картина белой крови спортсменов 2-ой группы (рис. 3). Первичное обследование показало, что в начале сезона из 9 футболистов четверым спортсменам соответствовала реакция спокойной активации (РСА), двоим реакция повышенной активации (РПА), одному реакция тренировки (РТ) и одному реакция хронического стресса (РХС). При этом только у одного обследуемого наблюдалось полноценное развитие реакции. У остальных были выявлены различные неблагоприятные признаки, о чем свидетельствовал 1 и 2 уровень напряженности. В среднем по группе количество лимфоцитов составило $1,72 \pm 0,12 \cdot 10^9$ или $34,2 \pm 2,4$ %, значение коэффициента лейкоциты/лимфоциты равнялось $1,5 \pm 0,07$ отн.ед. Таким образом, в целом, за исключением одного спортсмена, общий неспецифический фон 2-ой группы характеризовался как относительно благоприятный для дальнейших воздействий

По окончании срока наблюдений из девяти футболистов группы контроля представилось возможным обследовать только семерых, поскольку в ходе сезона два спортсмена были отстранены от соревновательно-тренировочного процесса в связи с травмами и сезонными респираторными заболеваниями. Итак, повторное исследование показало (рис. 4), что двоим спортсменам соответствовала реакция спокойной активации (РСА), троим - реакция повышенной активации (РПА), одному реакция тренировки (РТ) и одному реакция острого стресса (РОС). При этом, как и в начале сезона, только у одного футболиста наблюдалось полноценное развитие реакции, у остальных были выявлены различные неблагоприятные признаки, о чем свидетельствовал 1 и 2 уровень напряженности. При этом наметилась тенденция к уменьшению общего количества лимфоцитов до $1,56 \pm 0,05 \cdot 10^9$, при их процентном содержании $33,0 \pm 2,2$ %, величина коэффициента лейкоциты/лимфоциты составила $1,4 \pm 0,1$ отн.ед. Как и в 1-ой группе, у футболистов, принимавших «плацебо», было зафиксировано повышение

содержания эозинофилов, что косвенно свидетельствует о перенапряжении неспецифических механизмов адаптации.

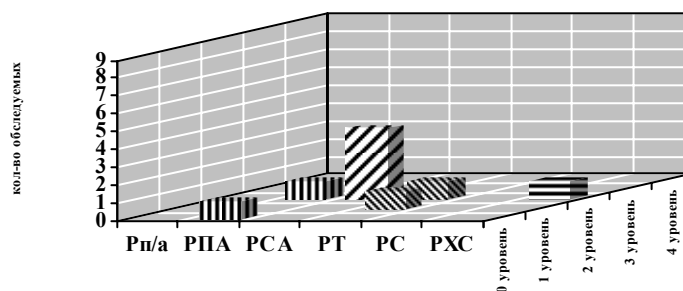


Рис. 3. Уровни напряженности и типы неспецифических адаптационных реакций у футболистов 2-ой группы в начале соревновательно-тренировочного сезона.

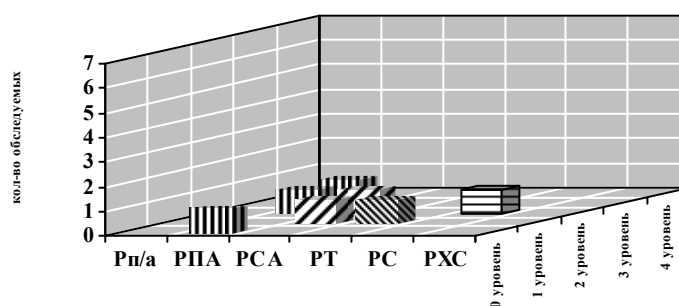


Рис. 4. Уровни напряженности и типы неспецифических адаптационных реакций у футболистов 2-ой группы в конце соревновательно-тренировочного сезона.

Таким образом, для поддержания высокого уровня функционального состояния футболистов в течение всего соревновательно-тренировочного периода, очевидно, требуется оптимизация, как педагогических восстановительных мероприятий, так и дополнительное применение эффективных медико-биологических средств, улучшающих переносимость спортсменами напряженных физических нагрузок.

ВЫВОДЫ

1. Под влиянием физических нагрузок в течение двухмесячного соревновательно-тренировочного периода у обследуемых футболистов отмечено снижение общей резистентности организма.

2. Выявлено, что прием витаминopodobного препарата Энерион спортсменами-футболистами не оказал существенного влияния на формирование неспецифических адаптационных реакций организма к физическим нагрузкам.

Список литературы

1. Сейфулла Р.Д. Лекарства и БАД в спорте: Практическое руководство для спортивных врачей, тренеров и спортсменов / Р.Д. Сейфулла, З.Г. Орджоникидзе – М.: Литтерра, 2003. – 320с.
2. Кулиненков О.С. Фармакология спорта: Клинико-фармакологический справочник спорта высших достижений / Кулиненков О.С. – М.: Советский спорт, 2001. – 200 с.
3. Вейн А.М. Энерион – эффективное и безопасное средство для лечения астении у больных с психовегетативным синдромом / А.М. Вейн, А.В. Федотова, С.А. Гордеев // Русский медицинский журнал. – 2004. – Т.12. №10. – С. 63–67.
4. Shah S.N Adjuvant role of vitamin B analogue (sulbutiamine) with anti-infective treatment in infection associated asthenia / S.N. Shah, Sulbutiamine Study Group // J Assoc. Physicians India. – 2003. – Sep. V.(51). – P.891–895.
5. Van Reeth O. Pharmacologic and therapeutic features of sulbutiamine / O. Van Reeth // Drugs Today (Barc). – 1999. – Mar. V.35(3) – P.187–192.
6. Допинг и эргогенные средства в спорте / Под общей редакцией Платонова В.Н. – Киев: Олимпийская литература, 2003. – 576 с.
7. Гаркави Л.Х. Адаптационные реакции и резистентность организма / Гаркави Л.Х., Квакина Е.Б., Уколова М.А. – Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского университета, 1990. – 224 с.
8. Гаркави Л.Х. Понятие здоровья с позиции теории неспецифических адаптационных реакций организма / Л.Х. Гаркави, Е.Б. Квакина // Валеология. Ростов-на-Дону, 1996. – №2. – С. 15–20.
9. Макарова Г.А. Картина крови и функциональное состояние организма спортсмена. / Г.А. Макарова, С.А. Локтев – Краснодар. – 1990. – 125 с.

Сафронова Н.С. Вплив фізичних навантажень та прийому Енеріону на формування неспецифічних адаптаційних реакцій організму футболістів. / Н.С. Сафронова, С.І. Найдич, І.В. Полевик // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 152-157.

В роботі досліджено вплив фізичних навантажень та прийому Енеріону на формування неспецифічних станів організму футболістів. Показано зниження загальної резистентності спортсменів протягом змагально-тренувального сезону. Прийом Енеріона не мав істотного впливу на формування неспецифічних адаптаційних реакцій організму футболістів.

Ключові слова: Енеріон, фізичне навантаження, футбол, неспецифічні адаптаційні реакції.

Safronova N.S. The physical loadings and usage of Enerion influence on forming of nonspecific adaptive reactions of football players organism / N.S. Safronova, S.I. Najdich, I.V. Polevik // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 152-157.

Influence of the physical loadings and usage of Enerion on forming of nonspecific conditions of football players organism was research. Decline of general rezistention of sportsmen during a competition-training season was observed. The usage of Enerion did not render substantial influence on forming of nonspecific adaptive reactions of football players organism.

Keywords: Enerion, physical loading, football, nonspecific adaptive reactions.

Поступила в редакцию 25.11.2009 г

УДК 612.014 + 572.783

ВПЛИВ КОРОТКОЧАСНОГО ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА СЕРЦЕВО-СУДИННУ СИСТЕМУ У ДІТЕЙ РІЗНИХ ВІКОВИХ ГРУП

Северинівська О.В., Абрамова К.В., Северинівська А.Л.

*Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпропетровськ, Україна,
e-mail: e_severinovskaya@mail.ru*

В результаті дослідження було встановлено, що у дівчат 7-15 років у стані спокою відмічалось підвищення ЧСС. У дітей обох статей з віком разом з систолічним підвищується і діастолічний артеріальний тиск. У значної кількості дітей виявлена помірна синусова аритмія. Також спостерігалось у стані спокою відхилення від норми показника j (золотої пропорції) у дівчаток і хлопчиків 7-15 років. Короточасне фізичне навантаження позитивно впливає на серцево-судинну систему дітей.

Ключові слова: серцево-судинна система, частота серцевого скорочення, статичне навантаження, динамічне навантаження, артеріальний тиск, ЕКГ, золота пропорція серця.

ВСТУП

Формування здоров'я в дитячому і підлітковому віці багато в чому пов'язане з характером спадковості, способом життя сім'ї, в якій зростає дитя, з наявністю і дією екзогенних чинників ризику та ін.

Чинниками, що негативно впливають на стан організму школяра, є невідповідність методик і технологій навчання віковим і функціональним можливостям дитини, стресова тактика авторитарної педагогіки, нераціональна організація учбового процесу, порушення санітарно-гігієнічних умов навчання. Значущість цих чинників визначається діяльністю, систематичністю і безперервністю їх дії на організм дитини [1, 2].

Виходячи з вище викладеного, метою представленої роботи було вивчення особливостей показників серцево-судинної системи підчас короточасного динамічного та статичного навантаження у дітей різних вікових груп.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Нами було обстежено 75 учнів (дівчата та хлопці) різного віку СЗОШ № 49 м. Дніпропетровська. Дослідження проводилися у першій половині дня з 8:30 до 13:00 годин. Дітей було поділено на три вікові групи 7-8 років – 1 група, 11-12 років – 2 група, і 14-15 років – 3 вікова група. Діти у групах були приблизно однакового зросту (± 5 см) та маси тіла ($\pm 3-5$ кг), фізично здорові та не займалися професійним спортом.

Реєстрацію ЕКГ у дітей здійснювали у стані спокою звичайне положення – лежачи на спині, дихання рівне, неглибоке.

Статична робота складалася з утримування преса під кутом 45° (сидячі). Для цього використовували спеціальний орієнтир, що обмежував кут відхилу.

Динамічна робота відбувалася у виконанні вправ на прес під кутом 45°. Кожна форма м'язової діяльності виконувалася окремо упродовж 20 секунд. Після виконання вправ проводили опитування дитини про самопочуття та складність виконаних вправ.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Частоту серцевих скорочень (ЧСС) у здорових дітей визначає ритм збудження у синусовому вузлі, середня частота пульсу у дітей шкільного віку - 70-74 ударів за хвилину [3], що співпадає з нашими даними.

Нами встановлено, що у дівчат досліджених вікових груп (табл. 1) у стані спокою відмічалось підвищення ЧСС на 10-14% від встановленої середньостатистичної норми (за Л.М.Макаровим, 2004). У хлопців 1-ої та 2-ої вікових груп ЧСС у стані спокою перевищує норму на 7-8%. Подібний ефект можна пояснити тим, що у дітей нормативні параметри ЧСС змінюються упродовж доби. Як відмічає Л.М.Макаров з сьомої до чотирнадцятої годин ЧСС у дітей має найбільшу середньодобову величину, що співпадає з нашими даними.

Таблиця 1.
Середні дані ЧСС у стані спокою та після м'язової діяльності ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Вік дитини	ЧСС в стані спокою (нормативні дані)	ЧСС в стані спокою (отриманні дані)	ЧСС при статичному навантаженні	ЧСС при динамічному навантаженні
Дівчата				
7-8 років	80-90	99,54±3,60	95,46±2,73	97,08±3,53
11-12 років	75-82	93,33±4,71	93,67±5,26	94,92±4,02
14-15 років	70-78	86,69±4,55	84,23±4,05	87,61±4,07
Хлопці				
7-8 років	80-90	96,0±3,50	93,17±2,57	96,42±2,66
11-12 років	75-82	88,77±3,88	86,46±3,46	90,23±3,40
14-15 років	70-78	77,0±3,45	80,5±2,59	85,25±2,78*
* - вірогідно відносно стану спокою				

Збільшення рухової активності в режимі учбових занять – один із заходів профілактики серцево-судинних розладів, зокрема, розвитку гіпертонії (А.Г.Хріпкова, 1997). Виявляються певні відмінності в м'язовій працездатності дітей у зв'язку з їх віком та статтю. Міра стомлюваності при виконанні дозованої динамічної м'язової роботи у дівчаток і хлопчиків в межах однієї вікової групи однакова. Сила ж, витривалість і інші показники м'язової працездатності у дівчаток в середньому є нижчими, ніж у хлопчиків.

ВПЛИВ КОРОТКОЧАСНОГО ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Підчас короткотривалого статичного та динамічного навантаження у більшості дівчат та хлопців різних вікових груп спостерігалася тільки тенденція до зміни ЧСС, або навантаження не впливало на цей показник. Проте, у хлопців 14-15 років ЧСС підвищилася на 11%, що є нормальною реакцією на динамічне навантаження. Взагалі можна відмітити, що у дітей спостерігається специфічна реакція серця на м'язову діяльність.

Викликає стурбованість, що у 35% дітей 7-8 років у стані спокою зареєстрований систолічний артеріальний тиск (САТ) 110-120 мм.рт.ст.; у 36% дітей 11-12 років – 110-120 мм.рт.ст. та у 25% дітей цієї ж групи САТ коливається в межах 121-130 мм.рт.ст. й вище; 32% підлітків 14-15 років мають САТ 110-120 мм.рт.ст. та у 36% підлітків САТ на рівні 120-137 мм.рт.ст. (табл. 2).

Таблиця 2.

Середні дані артеріального тиску у стані спокою та після м'язової діяльності
($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Вік дітей	В стані спокою (літературні дані)	У стані спокою отриманні дані	Після статичного навантаження	Після динамічного навантаження
Дівчата				
7-8 років	<u>76-114</u> 43-71	<u>106,85±4,22</u> 64,85±2,74	<u>100,23±2,27*</u> 59,0±2,70*	<u>102,31±1,71</u> 59,0±1,84*
11-12 років	<u>83-107</u> 47-64	<u>114,5±2,56</u> 63,25±2,34	<u>108,92±1,87*</u> 63,0±1,73	<u>111,58±3,76</u> 64,17±1,77
14-15 років	<u>90-115</u> 48-69	<u>115,0±2,16</u> 69,15±4,42	<u>114,54±3,05</u> 63,54±3,33	<u>121,23±2,36*</u> 68,08±2,76
Хлопці				
7-8 років	<u>76-114</u> 43-71	<u>107,58±3,74</u> 60,75±3,3	<u>107,42±3,19</u> 59,92±2,41	<u>106,31±3,70</u> 66,17±2,99*
11-12 років	<u>83-107</u> 47-64	<u>117,61±3,71</u> 64,31±2,51	<u>119,31±3,78</u> 64,92±3,14	<u>119,77±4,49</u> 66,15±3,53
14-15 років	<u>90-115</u> 48-69	<u>115,92±3,19</u> 62,0±1,96	<u>115,50±4,87</u> 61,92±2,51	<u>117,58±4,0</u> 62,08±2,73
У чисельнику – значення САТ, у знаменнику – значення ДАТ				
* - вірогідно відносно стану спокою при $p \leq 0,05$				

Аналіз отриманих даних показав, що у дітей обох статей з віком разом з САТ збільшується діастолічний артеріальний тиск (ДАТ): 12% дітей 7-8 років мають ДАТ 79-112 мм.рт.ст., у 48% дітей 11-12 років зареєстровані значення ДАТ на рівні 65-80 мм.рт.ст, у 24% підлітків 14-15 років ДАТ 70-113 мм.рт.ст. Отримані дані можна пояснити тим, що в період статевого дозрівання ріст серця випереджає ріст кровоносних судин. Це відображається на величині кровоносного тиску, іноді спостерігається так називаєма юнацька гіпертонія, оскільки нагнітальна сила серця зустрічає опір з боку вузьких кровоносних судин, а маса тіла в цей час значно

збільшується. Таке підвищення тиску, як правило, носить тимчасовий характер. Але юнацька гіпертонія потребує обережності при дозуванні фізичного навантаження.

При статичному навантаженні у більшості (56%) дітей 7-8 років відмічали зниження САТ. Подібну картину (зниження САТ при м'язовому навантаженні) відмічали у 48% дітей 11-12 років та у 18% підлітків 14-15 років. При динамічному навантаженні у 44% дітей першої групи, у 40% дітей другої групи та у 24% підлітків також зареєстровано зниження САТ.

При аналізі ритму серцевої діяльності виявилося, що у чотирьох дівчаток та у трьох хлопчиків 7-8 років виражена помірна синусова аритмія (коливання тривалості інтервалу R-R не перевищувала 0,15 с), різко виражена синусова аритмія (перепади величин R-R – 0,15-0,4 с) у одного хлопця та у однієї дівчинки цієї вікової групи (рис.1). Правильний серцевий ритм був у 64 % обстежених дітей 7-8 років.

Для помірної синусової аритмії характерна відсутність плавного (циклічного) збільшення і укорочення інтервалів P-P і R-R. Виражену форму синусової аритмії диференціюють з передсерцевою екстрасистолією, міграцією джерела водія ритму як в межах самого синусового вузла, так і у верхній частині правого передсердя.

Встановлено, що тривалість серцевого циклу (RR) підвищується з віком від $0,668 \pm 0,020$ с у 7-8 років до $0,73 \pm 0,037$ с у 11-12 років та $0,79 \pm 0,03$ с у 14-15 років у дівчат; від $0,672 \pm 0,001$ с 7-8 років до $0,733 \pm 0,028$ с у 11-12 років та $0,84 \pm 0,03$ с у 14-15 років у хлопців (табл.3). З віком відмічалось збільшення R-R інтервалу, як у хлопчиків та і у дівчат.

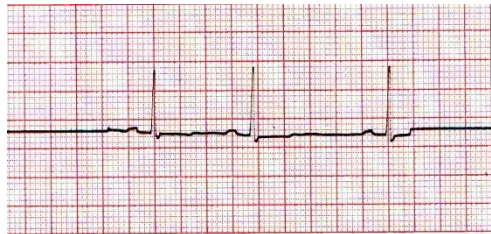


Рис. 1 Приклад запису ЕКГ після динамічного навантаження (Віка С. 14 років, різко виражена синусова аритмія).

При статичному навантаженні тривалість серцевого циклу також підвищувалася, але в основному цей показник залишався стабільним, не зважаючи на статичне навантаження. Подібну закономірність – збільшення інтервалу R-R з віком відмічали і при динамічному навантаженні. Але, якщо порівнювати тривалість серцевого ритму дітей після динамічного навантаження зі станом спокою, то у хлопців та дівчат двох перших груп спостерігали стабільність цього показника, а у дітей 3-їх груп величина тривалості R-R зменшилася на 0,03-0,06 с. Тривалість інтервалів R-R змінювалась відповідно до ЧСС.

У дітей обох статей віком 11-12 років інтервал P-Q у стані спокою найбільший, ніж у дітей 1-ї та 2-ї груп. В 14-15 років відбувається скорочення цього інтервалу, як у хлопчиків так і у дівчат. У здорових дітей досить часто зустрічається скорочення

Таблиця 3.
Показники ЕКГ дітей різних вікових груп у стані спокою та під час фізичного навантаження ($x \pm Sx$)

Дівчата																								
Вік дитини	Стан спокою								Статичне навантаження								Динамічне навантаження							
	R- R,c	Q-P, с	P-Q, с	P, мВ	R, мВ	T, мВ	R- R,c	Q-P, с	P-Q, с	P, мВ	R, мВ	T, мВ	R- R,c	Q-P, с	P-Q, с	P, мВ	R, мВ	T, мВ	R- R,c	Q-P, с	P-Q, с	P, мВ	R, мВ	T, мВ
7-8 років	0.67 +0.02	0.35 +0.01	0.08 +0.004	0.57 +0.05	9.43 +0.61	1.92 +0.15	0.66 +0.01	0.37 +0.01	0.09 +0.01	0.83 +0.11	13.08 +0.71	2.31 +0.18	0.67 +0.02	0.34 +0.01	0.08 +0.004	0.81 +0.12	12.7 +0.74	2.31 +0.16						
11-12 років	0.73 +0.04	0.35 +0.01	0.11 +0.01	0.95 +0.1	9.5 +0.47	2.21 +0.2	0.69 +0.03	0.35 +0.01	0.11 +0.09	1.04 +0.13	12.29 +0.86	2.67 +0.3	0.73 +0.03	0.35 +0.01	0.11 +0.01	1.17 +0.15	12.80 +0.52	2.62 +0.28						
14-15 років	0.79 +0.03	0.39 +0.001	0.1 +0.01	0.87 +0.09	8.94 +0.58	2.0 +0.14	0.79 +0.04	0.38 +0.01	0.1 +0.01	0.71 +0.09	12.38 +0.76	2.35 +0.24	0.76 +0.03	0.38 +0.01	0.1 +0.01	0.88 +0.12	12.0 +0.66	2.15 +0.25						
Хлопці																								
Вік дитини	Стан спокою								Статичне навантаження								Динамічне навантаження							
	R- R,c	Q-P, с	P-Q, с	P, мВ	R, мВ	T, мВ	R- R,c	Q-P, с	P-Q, с	P, мВ	R, мВ	T, мВ	R- R,c	Q-P, с	P-Q, с	P, мВ	R, мВ	T, мВ	R- R,c	Q-P, с	P-Q, с	P, мВ	R, мВ	T, мВ
7-8 років	0.67 +0.01	0.36 +0.01	0.08 +0.003	0.58 +0.08	9.26 +0.68	2.07 +0.18	0.71 +0.013	0.36 +0.08	0.08 +0.003	0.54 +0.09	12.41 +1.18	2.58 +0.31	0.69 +0.02	0.37 +0.01	0.09 +0.08	0.77 +0.12	12.17 +1.0	2.67 +0.24						
11-12 років	0.73 +0.03	0.37 +0.01	0.1 +0.01	0.96 +0.06	10.88 +0.86	2.29 +0.22	0.76 +0.025	0.37 +0.08	0.11 +0.08	1.02 +0.06	14.58 +1.03	2.81 +0.27	0.71 +0.01	0.36 +0.09	0.1 +0.01	1.08 +0.12	14.19 +1.09	2.15 +0.31						
14-15 років	0.84 +0.03	0.38 +0.01	0.09 +0.004	0.73 +0.07	11.28 +1.02	2.32 +0.21	0.81 +0.03	0.39 +0.01	0.09 +0.01	0.89 +0.17	15.71 +1.45	3.12 +0.22	0.78 +0.03	0.37 +0.005	0.09 +0.01	0.97 +0.13	13.58 +1.08	2.62 +0.17						

інтервалу P-Q до 0,1-0,09 с. Вочевидь, це обумовлено тим, що в дитячому віці має місце прискорене проведення збудження по АВ-з'єднанню і на рівні системи Гіса-Пуркін'є, що знаходить віддзеркалення в основних електрофізіологічних характеристиках. Причиною цього є посилення адренергічних впливів на серце. Трактуювання укорочення інтервалу P-Q у дітей, особливо у підлітків, складна.

При статичному навантаженні спостерігалось збільшення інтервалу P-Q, як з віком так і по відношенню до стану спокою. Підчас динамічного навантаження спостерігалось зменшення показника P-Q у дівчат першої групи та підвищення у хлопців тієї ж групи.

Тривалість інтервалу Q-T на ЕКГ – електрична систола серця – сумарно відображає процеси деполяризації і реполяризації в кардіоміоцитах, що виникають у результаті руху електролітів у клітину ззовні і навпаки, який контролюється K^{+} -, Na^{+} -, Ca^{2+} -каналами сарколеми, енергетичне забезпечення яких здійснюється Mg^{2+} -залежною АТФазою. Тривалість електричної систоли залежить від частоти сердечних скорочень і від статі досліджуваного.

У стані спокою у дівчаток та хлопців обстежених груп інтервал Q-T у середньому склав 0,35-0,39 с. Після статичного та динамічного навантаження цей показник роботи серця істотно не змінюється. Тривалість інтервалу Q-T знаходиться у зворотній залежності від ЧСС.

З віком у дітей змінюється і висота окремих зубців ЕКГ в різних відведеннях, особливо висота зубців R. Проте діагностичне значення має не абсолютна висота зубців, а їх взаємовідношення в різних відведеннях. Воно залежить від вікової динаміки напряду електричній вісі серця. Вікова динаміка взаємовідношення амплітуд зубців виражається в тому, що у стандартних відведеннях з віком дитини амплітуда зубця R збільшується у I і зменшується у III відведеннях.

Низьковольтна ЕКГ була у 33,3% дітей, у яких найбільший зубець ЕКГ був нище 5мм і сумарний вольтаж не перевищував 8,8 мм. Розщеплювання, щербини низько амплітудних зубців R не розцінювалися нами як патологічні зміни.

Вертикальне положення електричної вісі серця встановлено у 8 дівчат та 7 хлопців 7-8 років; у 4 дівчаток та 3 хлопців 11-12 років; у 8 дівчаток та 3 хлопців 14-15 років. Горизонтальне положення електричної вісі встановлено у 8 % дітей та підлітків. Нормальне положення – у 31% обстежених дітей. У 11% дітей відмічали відхилення електричної вісі.

За нашими даними амплітуда збудження шлуночків серця (R) у дівчаток 7-8 років становить $9,43 \pm 0,61$ мВ, у 11-12 років $9,5 \pm 0,47$ мВ та в 14-15 років $8,94 \pm 0,58$ у стані спокою; у хлопців 7-8 років $9,26 \pm 0,68$ мВ, у 11-12 років $10,88 \pm 0,86$ мВ та у 14-15 років $11,28 \pm 1,02$ мВ.

Підчас статичного та динамічного навантаження спостерігається підвищення амплітуди зубця R у всіх вікових групах. З отриманих нами даних можна зробити висновок, що з віком відмічається тенденція до збільшення амплітуди збудження шлуночків серця, як у дівчат так і у хлопців.

За літературними даними зубець P характеризує процес збудження у міокарді передсердь. У середньому у дітей його амплітуда коливається у межах 0,2 мВ, а тривалість - 0,11 с. Він виникає внаслідок різниці потенціалів у правому (позитивні)

та лівому (негативні) передсердях. Найчастіше найбільша амплітуда зубця Р відмічається у другому стандартному відведенні. У нормі $RII > RI > RIII$. $RI > 0,1$ свідчить про гіпертрофію лівого передсердя, при $RII > 2,5$ мм можна говорити про гіпертрофію правого шлуночка.

У стані спокою сумарна амплітуда зубців Р (за даними трьох стандартних відведень) становила: у дівчат - першої вікової групи $0,57 \pm 0,05$ мВ, другої групи – $0,95 \pm 0,1$ мВ, в третій групі – $0,87 \pm 0,09$ мВ та у хлопців $0,58 \pm 0,08$ мВ у першій групі, $0,96 \pm 0,06$ мВ – у другій групі та $0,73 \pm 0,07$ мВ у третій групі.

Статичне та динамічне навантаження супроводжувалися підвищенням сумарної амплітуди зубців Р майже у всіх дітей всіх дослідних груп, окрім статичного навантаження у дівчат в третій віковій групі (зниження на 86% від норми). Найбільший здвиг сумарного вольтажу підчас статичного навантаження спостерігався у дівчат 1-ї групи на 146%, та підчас динамічної роботи у дівчат 1-ї групи на 142% та у дівчат 2-ї групи на 123%. У хлопців значне підвищення амплітуди зубців Р спостерігається підчас статичної роботи у 3-й групі на 122% та при виконанні динамічної роботи у 1-й та у 3-й групах.

Зубець Т є відображенням відновлення нормального потенціалу мембрани клітин (реполяризації) міокарда [5].

Згідно з нашими дослідженнями зубці Т як сумарні, так і в кожному відведенні після статичної м'язової діяльності підвищувалися в усіх групах дівчат та хлопців.

Відмітимо, що відновлення показників ЕКГ після фізичних навантажень залежить від інтенсивності і тривалості навантажень та ін. Так Р-Q відновлюється через 1-2 хв, Q – Т - 1-2 хв (у хлопчиків) та 2-5 хв (у дівчаток); зубець Р – 1- 4 хв, зубець Т – 2- 5 хв.

Особливу зацікавленість являє собою дослідження золоті пропорції серця $ДАТ/САТ=ПАТ/=\text{ж}=0,618 (\pm 10\%)$, у співвідношенні показників системи кровообігу. Експериментально встановлено, що завдяки «золотим» протилежностям гармонія ССС у спокої має оптимальну основу. Серце при цьому працює в найекономішньому, енергооптимальному, золотому режимі [6].

У наших дослідженнях встановлено, що у стані спокою відхилення від норми показника j спостерігається у 46% дівчаток і 42% хлопчиків 7-8 років, 58% дівчат та 46% хлопців 11-12 років й 46% та 50% підлітків

Нами встановлено, що підчас фізичного навантаження з віком спостерігається зменшення відхилення від показника j. Це свідчить про те, що з віком пристосована реакція серця дітей на фізичні зусилля удосконалюється. При градуйованому фізичному навантаженні стабільний рівень діяльності серця досягається через 3-5 хвилин.

ВИСНОВКИ

1. Міра стомлюваності при виконанні дозованої динамічної м'язової роботи у дівчаток і хлопчиків в межах однієї вікової групи однакова. Сила ж, витривалість і інші показники м'язової працездатності у дівчаток в середньому є нижчими, ніж у хлопчиків

2. У дівчат досліджених вікових груп у стані спокою відмічалось підвищення ЧСС на 10-14% від встановленої середньостатистичної норми.
3. У всіх дівчат та у хлопців віком 7-8 та 11-12 років під час статичного навантаження відмічали тенденцію до зниження ЧСС на 3-6% в порівнянні зі станом спокою.
4. У дітей обох статей з віком разом з систолічним підвищується і діастолічний артеріальний тиск.
5. У 21% дітей виявлена помірна синусова аритмія (16 дітей різних вікових груп), низьковольтна ЕКГ була у 33,3% дітей. Також спостерігалось у стані спокою відхилення від норми показника j у 46% дівчаток і 42% хлопчиків 7-8 років, 58% дівчат та 46% хлопців 11-12 років й 46% та 50% підлітків.
6. У 11% дітей відмічали відхилення електричної вісі серця.
7. Статичне навантаження на відміну від динамічного підвищує як максимальний, так і мінімальний артеріальний тиск.

Список літератури

1. Безруких М.М. Возрастная физиология: Физиология развития ребенка: Учеб. пособ. для вузов / Безруких М.М., Соньки В.Д., Фарбер Д.А. – М.: Академия, 2002. – 416с.
2. Виноградов К.В. Врожденные пороки сердца у детей: распространенность и современное состояние проблемы / К.В. Виноградов // Российский кардиологический журнал. – 2003. – №2 – С.5–7.
3. Хрипкова А.Г. Возрастная физиология и школьная гигиена: Пособие для студентов пед. ин-тов. / Хрипкова А.Г., Антропова М.В., Фарбер Д.А. – М.: Просвещение, 1990. – 319с.
4. Лукина О.Ф. Современные методы функциональной диагностики в педиатрии / О.Ф. Лукина, О.О. Куприянова, О.В. Кожевникова // Русский Медицинский том. – 1999. – №7. Интернет-страница: http://sdi_101.htm
5. Макаров Л.М. Нормативные параметры суточной ЭКГ у детей от 0 до 15 лет. / Л.М. Макаров, Л.А. Кравцова, В.Н. Комолятова, М.А. Школьников // Конгресс "Детская кардиология 2000" – Интернет-страница: http://www.ecg.ru/conf/childcardio2000/mak_2.html
6. Кнышов Г.В. Феномен золотого сечения в системе кровообращения / Г.В. Кнышов, Е.А. Настенко, Б.Л. Палец // Медична газета «Здоров'я України». – 2003, № 64. // www.health-ua.com/articles/52.html.

Севериновская Е.В. Влияние кратковременной физической нагрузки на сердечно-сосудистую систему у детей разных возрастных групп / Е.В. Севериновская, К.В. Абрамова, А.Л. Севериновская // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 158-166.

В результате исследований было установлено, что у девочек 7-15 лет в состоянии покоя отмечалось увеличение ЧСС. У детей обоих полов с возрастом вместе с систолическим повышается и диастолическое артериальное давление. У значительного количества детей наблюдается умеренная синусовая аритмия. Также наблюдали в состоянии покоя отклонения от нормы показателя j (золотого сечения) у девочек и мальчиков 7-15 лет. Кратковременная физическая нагрузка благотворно влияла на показатели сердечно-сосудистой системы.

Ключевые слова: сердечнососудистая система, частота сердечного сокращения, статическая нагрузка, динамическая нагрузка, артериальное давление, ЭКГ, золотая пропорция сердца.

Severynovs'ka O.V. Influence short-term physical load on cardiovascular system at children different ag / O.V. Severynovs'ka, K.V. Abramova, A.L. Severynovs'ka // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 158-166.

It has been established as a result of our researches, that the girls 7-15 years old in a condition of rest exercise heart rate increased. At children of both sexes with the ages systolic diastolic arterial pressure raises. Moderate sinus arrhythmia observed at a significant amount of children. Also we observed a departure from the norm of a parameter j (gold proportion) at girls and boys of 7-15 years in a condition of rest. The short-term physical load influence positive on parameters of cardiovascular system.

Keywords: cardiovascular system, frequency of intimate reduction, static loading, dynamic loading, arterial pressure, an electrocardiogram, a gold proportion of heart.

Поступила в редакцію 04.12.2009 з.

УДК 612.82:615.214.22

ФОРМУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ ГІПОКАМПА ЗА УМОВ ДОВГОТРИВАЛОГО СТРЕСУ І МОДУЛЮЮЧОЇ ДІЇ НЕЙРОФАРМАКОЛОГІЧНИХ ЛІГАНДІВ

Сидоренко Г.Г.¹, Чаус Т.Г.¹, Ляшенко В.П.¹, Мельникова О.З.²

¹ *Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпропетровськ, Україна,
e-mail: annuschka_@mail.ru*

² *Запорізький державний медичний університет, Запоріжжя, Україна*

Встановлено, що дія довготривалого стресу призводила до змін показників електрогіпокампोगрамі, пов'язаних зі стадіями стресу. Отримані дані про динаміку електричної активності гіпокампа на фоні стресу і модулювання синаптичної передачі нейрофармакологічними лігандами вказують на те, що не зважаючи на механізми дії препаратів, спостерігалися синхронізуючі впливи, які є наслідком протікання процесів саморегуляції за умов стресу.

Ключові слова: електрична активність, гіпокамп, довготривалий стрес, карбамазепін, амітриптилін.

ВСТУП

Просторово-часова організація частотних діапазонів електричної активності головного мозку дає можливість визначити зміни стану мозку в співвідношенні з перебігом того чи іншого виду пристосувальної діяльності [1]. Реакції організму в процесі взаємодії з чинниками середовища мають різний перебіг залежно від сили чинника, який діє, часу впливу й адаптаційних можливостей організму, що визначають наявність функціональних резервів. На вплив несприятливих факторів організм відповідає стрес-реакцією, яка направлена на відновлення гомеостазу та нормальної життєдіяльності [2]. За допомогою розгортання стрес-реакції можна дослідити механізми саморегуляції адаптивних реакцій, які давно привертають до себе увагу й на сьогодні ще залишаються нез'ясованими. Гіпокамп за своєю природою є відділом мозку, який полегшує розгортання стресової відповіді, володіє регулюючим впливом на баланс гальмівних та збуджуючих систем мозку, особливо в різні стадії стресу [3]. Стрес-лімітуюча система, яка проявляє свою активність з перших хвилин захисної реакції є одним із механізмів, що регулює активність і реактивність стрес-системи [4]. Залишаються нез'ясованими питання щодо пускових механізмів активації стрес-лімітуючої системи. Нейрофармакологічні ліганди можуть слугувати сильним модулятором електричної активності головному мозку. Відомо, що фармакологічні препарати не однаково впливають на ЦНС за рахунок вибіркової дії на синаптичну передачу [5], отже й механізми, які лежать в

основі нейрофізіологічних корелятивів реактивних станів можуть відрізнятись. Тобто, за участі різних фармакологічних речовин як стрес-активуюча так і стрес-лімітуюча системи будуть працювати по-різному. Визначення ролі рівня активності нейрохімічних систем гіпокампа за умов довготривалого стресу допоможе розкрити нейрофізіологічні механізми, за допомогою яких існує саморегуляція, а також дозволить прослідити перебіг стрес-реакції, що може бути основою формування нового стійкого адаптивного системогенеза.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Усі дослідження проведені відповідно до існуючих міжнародних вимог і норм гуманного відношення до тварин. Експерименти були проведені на нелінійних білих щурах-самцях масою 200 – 230 г на початку експерименту. Тварин було поділено на 4 групи. В першу групу ввійшли контрольні тварини (n=35). Друга група (n=33) була представлена тваринами, яким створювали стресову зооконфліктну ситуацію шляхом обмеження життєвого простору до 80-100 см² на одну тварину [6, 7]. Усі наступні групи були представлені тваринами, які паралельно зі створеною зооконфліктною ситуацією отримували речовини, що певним чином модулювали синаптичну передачу. До тварин третьої групи (n=21) застосовували карбамазепін (50 мг/кг/добу), який сприяє підвищенню концентрації в центральній нервовій системі ГАМК, інгібує токи кальцію, потенціалзалежні натрієві канали і вихід із клітини калію, тобто модулює баланс гальмівних та збуджуючих процесів в ЦНС [8, 9]. Тварини четвертої групи (n=21) отримували амітриптилін (5 мг/кг/добу), механізм дії якого пов'язаний з пригніченням зворотного нейронального захоплення катехоламінів в ЦНС [8, 10]. Усі фармакологічні речовини щурам досліджуваних груп вводили перорально вранці (о 8⁰⁰ - 10⁰⁰), натще. Об'єм фізіологічного розчину (для тварин 1 та 2 груп) чи розчинених препаратів складав 1 мл. З метою оцінки електричної активності (ЕА) гіпокампа щурів електрогіпокампограму (ЕГГ) відводили за умов гострого експерименту через 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 тиждень дослідження. В електрогіпокампограмі визначали відсоткову представленість хвиль в частотному діапазоні від 0,5 до 35 Гц. Статистичну обробку результатів дослідження проводили методом парних порівнянь. Достовірність різниць між контрольними та досліджуваними показниками визначали за t-критерієм Стьюдента (P<0,05) [11].

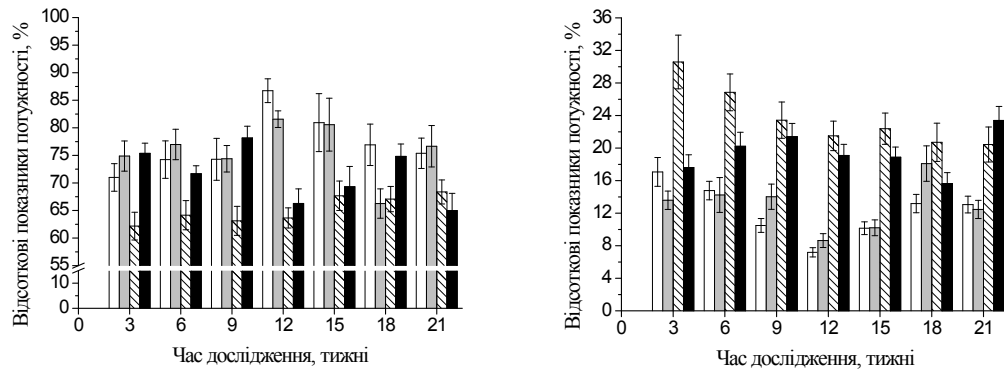
РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Відсоткові показники потужності хвиль електричної активності гіпокампа щурів в частотному діапазоні від 0,5 до 4 Гц свідчать, що значення дельта-активності тварин контрольної групи у відсотковому співвідношенні протягом експерименту коливались в межах 71-87 % (рис. 1, А).

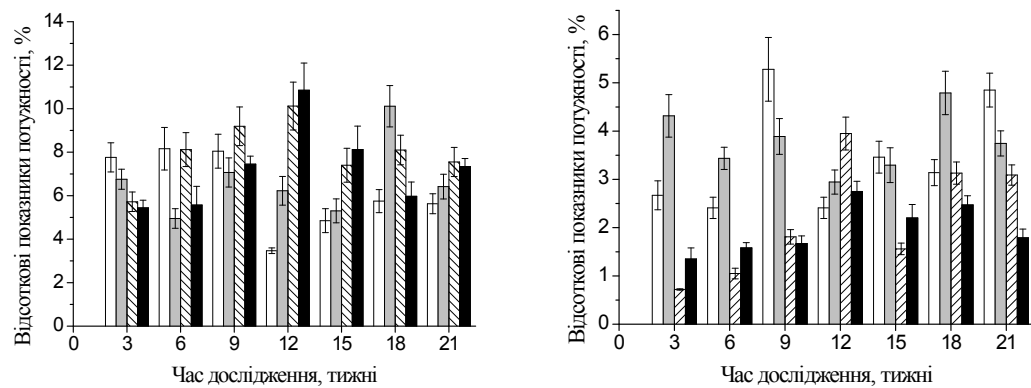
Превалювання дельта-активності електрогіпокампограми щурів контрольної групи у відсотковому співвідношенні, може бути, обумовлене видоспецифічними особливостями нейропередачі у тварин даного виду та, можливо, пов'язане з протіканням раннього постнаркозного періоду.

Щодо тета-ритму гіпокампа тварин контрольної групи, то він коливався в межах 7-17 % з максимальними значеннями через 3, 6 та 18 тижнів експерименту

(рис. 1, Б). Значення відносних показників потужності гіпокампа у діапазоні 8-13 Гц та 14-35 Гц у тварин контрольної групи були значно меншими по відношенню до показників низькочастотних діапазонів біоелектричної активності і коливались в межах 3,5-8 % (рис. 2 - А) та 2-5 % відповідно (рис. 2, Б).



А **Б**
Рис. 1. Динаміка відносних значень потужності гіпокампа у дельта-діапазоні (А) та тета-діапазоні (Б) тварин контрольної (білі стовпчики) групи, за умов стресу (сірі стовпчики), на фоні застосування карбамазепіну (посмуговані стовпчики) та амітриптиліну (чорні стовпчики) протягом експерименту. По вісі абсцис – час від початку дослідження, тижні; по вісі ординат – відсоткові значення потужності, %



А **Б**
Рис. 2. Динаміка відносних значень потужності гіпокампа у альфа-діапазоні (А) та бета-діапазоні (Б) тварин контрольної (білі стовпчики) групи, за умов стресу (сірі стовпчики), на фоні застосування карбамазепіну (посмуговані стовпчики) та амітриптиліну (чорні стовпчики) протягом експерименту. По вісі абсцис – час від початку дослідження, тижні; по вісі ординат – відсоткові значення потужності, %

Результати експериментальних даних свідчать про те, що динаміка відсотків потужностей ритмів ЕГГ тварин контрольної групи є фізіологічною і пов'язана з тривалістю експерименту.

На початку експерименту (через 3-6 тижнів) у тварин, що підлягали дії стресового чинника (II група) відсоткові показники потужності дельта-активності були достовірно більшими за аналогічні показники тварин, що жили за фізіологічних умов (рис. 1, А). А вже через 12-18 тижнів дослідження відсоткові показники потужності дельта-активності тварин, що підлягали дії стресового чинника були нижчими за показники потужності гіпокампограми тварин контрольної групи ($P<0,05$). Тобто, динаміка дельта-активності ЕГГ тварин контрольної групи та тих, що підлягали дії стресового чинника була схожою.

Динаміка відсоткових показників потужності тета-ритму ЕГГ щурів II групи була протилежною аналогічним значенням дельта-ритму (рис. 1, Б). Показники потужності тета-ритму електричної активності гіпокампа тварин, що підлягали дії довготривалого стресу були нижчими за відповідні показники тета-ритму тварин контрольної групи на початку (через 3-6 тижнів) та наприкінці (через 21 тиждень) дослідження ($P<0,05$) з максимальними значеннями через 6, 9 та 18 тижнів дослідження. Стосовно динаміки тета-ритму ЕГГ тварин I та II груп, то вони також були схожими, тільки дещо відрізнялись у кількісних показниках.

Відсоткові показники потужності високочастотної альфа-подібної активності тварин, що підлягали дії стресового чинника через 3, 6 та 9 тижнів дослідження були нижчими за аналогічні показники тварин контрольної групи, а починаючи з 12 тижня і до кінця експерименту – вищими ($P<0,05$) (рис. 2, А). Відсоткові показники потужності бета-подібної активності тварин, що підлягали дії стресу достовірно перевищували відповідні показники тварин, що жили за фізіологічних умов через 3, 6, 12 та 18 тижнів дослідження (рис. 2, Б). А через 9, 15 та 21 тижні експерименту показники потужності бета-подібної активності ЕГГ у відсотковому співвідношенні тварин, що підлягали дії стресового чинника були достовірно меншими за відповідні значення ЕГГ щурів контрольної групи.

Таким чином, дія довготривалого стресу зумовила стійкі зміни в електричній активності гіпокампа щурів. Вже на ранній стадії дії стресового чинника (через 3-9 тижнів), характеризувались дифузною реакцією активації у вигляді синхронізації фонові електричної активності гіпокампа, що свідчить про зміни процесів взаємодії між складовими нейротрансмітерів гіпокампа і, відображає протікання фази тривоги стресу [4]. Через 9-15 тижнів експерименту синхронізація електричної активності в гіпокампі змінювалась десинхронізацією ритмів, яка є відображенням активної участі гіпокампа в процесі утворення стрес-реакції та характерною для вираженого емоційного напруження [12] і, можливо, є відображенням другої стадії стресу – стадії резистентності. Подальша дія стресової ситуації (через 15-21 тижні) викликала у тварин синхронізацію ЕА в гіпокампі. Можливо, такі зміни ЕЕГ щурів свідчать про зсуви в механізмах регуляції стрес-реакції і є нейрогенною основою стресу. Отже, здобуті дані дають підстави вважати, що стрес-реакція реалізується за допомогою зміни (переважно збільшення) продукції медіаторів і гормонів компонентами стрес-системи та відповідними структурами стрес-лімітуючих систем

й дозволяють припустити, що отримані електричні прояви в гіпокампі є наслідком його функціональної активації за умов протікання стадій стресу.

Протягом майже всього часу дослідження відсоткові показники потужності дельта-активності тварин, що на фоні розвитку стрес-реакції отримували карбамазепін (III група), були достовірно нижчими за аналогічні показники ЕГГ щурів II групи (рис. 1, А). Стосовно показників потужності тета-ритму у відсотковому співвідношенні тварин III групи, то вони були вищими за відповідні показники тварин, що підлягали дії стресового чинника протягом усього експерименту ($P<0,05$) (рис. 1, Б). Аналізуючи відсоткові показники потужності альфа-подібної активності тварин, що на фоні розвитку стрес-реакції отримували карбамазепін бачимо, що через 6, 9, 12, 15 та 21 тижні дослідження вони були достовірно вищими за показники ЕГГ тварин, що підлягали дії стресового фактору (рис. 2, А), а через 3 та 18 тижні експерименту – меншими ($P<0,05$). Максимальні значення відсоткових показників потужності альфа-подібної активності тварин, що на фоні розвитку стрес-реакції отримували карбамазепін спостерігались через 9 (9%) та 12 (10%) тижнів дослідження, а мінімальні – через 3 (5,7%), 15 (7,4%) та 21 (7,6%) тижні. Високочастотна бета-подібна активність гіпокампограми щурів III групи у відсотковому співвідношенні була достовірно нижчою через 3-9 та 15-21 тижні дослідження за аналогічні значення тварин, що підлягали дії стресового чинника з мінімальними показниками через 3 (0,7%), 6 (1%) та 15 (1,5%) тижнів експерименту (рис. 2 - Б). І лише через 12 тижнів дослідження значення відсоткових показників потужності бета-подібної активності тварин, що на фоні розвитку стрес-реакції отримували карбамазепін перевищували аналогічні показники ЕГГ щурів II групи ($P<0,05$) з максимальним значенням 4%. Слід зазначити, що на початку експерименту (через 3-6 тижнів) у тварин, які на фоні розвитку стрес-реакції отримували карбамазепін спостерігалася синхронізація ЕГГ, яка змінювалась десинхронною активністю (через 9-21 тижні).

Тобто, при застосуванні карбамазепіну, підвищення вмісту ГАМК відбувається не як компенсаторна реакція на збільшення синтезу медіатора, а як відповідь на блокування натрієвих каналів та синтезу ГАМК-декарбоксилази. Так як ГАМК гіперполяризує постсинаптичну мембрану, то для її збудження необхідно підвищення квантової ємності медіатора, що, на наш погляд, ми спостерігали під час дослідження і в результаті чого відбувалась синхронізація електричної активності досліджуваних структур головного мозку щурів.

Відсоткова представленість дельта-активності гіпокампа щурів, що на фоні розвитку стрес-реакції отримували амітриптилін (IV група) серед сумарних показників електрогіпокампограми коливалася в межах 64-78 %, причому мінімальні значення були зареєстровані наприкінці спостереження (через 21 тиждень), а максимальні – через 9 тижнів (рис. 1, А). До того ж, у більшості випадків (окрім 3, 9 та 18 тижнів) відсоткові показники потужності дельта-діапазону гіпокампа щурів, до яких застосовували амітриптилін, були меншими ($P<0,05$) за аналогічний результат щурів, що підлягали впливу стресової програми.

У динаміці відносної представленості тета-діапазону гіпокампа щурів, до яких застосовували амітриптилін, можна відмітити дві фази змін: через 3-9 тижнів та через

12-21 тиждень (рис. 1, Б). Загалом, відсоткова частка тета-ритму гіпокампограми щурів IV групи коливалась в межах 15-23 % та майже завжди (окрім 3 та 18 тижнів) достовірно була більшою за відповідні значення тварин II групи. Стосовно відсоткової частки альфа-подібної активності, то через 3-12 тижнів спостереження відмічалось поступове зростання показників ЕГГ щурів IV групи з 5% до 11 % (рис. 2, А). Надалі відмічалось поступове зменшення даних показників до 6 % (через 18 тижнів), які вже наприкінці дослідження (через 21 тиждень) відновлювались до 7 %. Зміни відсоткової представленості бета-діапазону гіпокампа щурів, до яких застосовували амітриптилін були найменшими та коливались в межах 1-2 % (рис. 2, Б). На початку експерименту (через 3 тижні) відсоткова частка бета-подібної активності гіпокампа щурів даної групи були найменшими і становили 1,3 %.

До того ж, на початку дослідження для гіпокампа тварин, що на фоні розвитку стрес-реакції отримували амітриптилін були характерними явища десинхронізації. Що можливо, пов'язано із зменшенням кількості медіатора у зв'язку з початковим розгортанням стрес-реакції. Проте вже наприкінці спостереження для ЕГГ були характерними явища синхронізації. Дані процеси, на нашу думку, пов'язані з пригніченням зворотного нейронального захоплення катехоламінів в досліджуваній структурі головного мозку. У зв'язку з цим наростає квантова активність, тобто спостерігається гіпермедіація. Як компенсаторна відповідь на це явище збільшується активність ГАМК-ергічної системи.

Таким чином, препарати, що застосовувались під час дослідження, в більшій чи меншій мірі впливали на синаптичну передачу, що певним чином відобразилось у модуляції електричної активності гіпокампа за умов довготривалого стресу. На основі отриманих нами результатів можна припустити, що найбільш імовірним ультраструктурним механізмом компенсації довготривалого стресу є створення умов для підвищення концентрації медіатора в синаптичній щілині шляхом стимулювання синтетичної активності пресинаптичного нейрону, блокади зворотного захвату медіатора (амітриптилін), чи блокади його поглинання (карбамазепін).

ВИСНОВКИ

1. Формування електричної активності гіпокампа під час дії довготривалого стресу на початку експерименту супроводжувалось синхронізацією ритмів електрогіпокампограми, яка через 9-15 тижнів дослідження змінювалась десинхронізацією. Наприкінці експерименту десинхронізація електричної активності в гіпокампі знову змінювалась на синхронізацію.
2. При застосуванні карбамазепіну на початку експерименту (через 3-6 тижнів) спостерігалася синхронізація ЕГГ, яка змінювалась десинхронізацією (через 9-21 тиждень). Механізми, що лежать в основі цих явищ, на нашу думку, пов'язані з нейромодуляторною дією карбамазепіну.
3. Застосування амітриптиліну формувало двофазний характер ЕГГ у вигляді явищ десинхронізації (протягом перших 6 тижнів) та синхронізації (протягом 9-21 тижня) ритмів електричної активності в наслідок блокади зворотного захоплення медіатора, підвищення його поглинання та вторинної активації ГАМК-ергічного впливу на постсинаптичне збудження.

Список літератури

1. Степанова С.И. Биоритмологические аспекты проблемы адаптации / С.И.Степанова – М.: Наука, 1990. – №4 – С. 31.
2. Аркелов Г.Г. Стресс и его механизмы / Г.Г. Аркелов // Вест. Моск. Ун-та. Психология. – 1995. – №2 – С. 45–47.
3. Степанов С.С. Изменения ангиоархитектоники гиппокампа белых крыс при экспериментальном стресс-синдроме и их коррекция методом биорезонансной терапии / С.С. Степанов, Е.В. Кудинова // Омский научный вестник. – 2003. – №1 – С. 110–112.
4. Пшенникова М.Г. Феномен стресса / М.Г. Пшенникова // Пат. физиология и экспериментальная терапия. – 2000. – № 2. – С. 24–31.
5. Харкевич Д.А. Фармакология / Харкевич Д.А. – М.: ГЭОТАР-МЕД, 2001. – 544 с.
6. Ляшенко В.П. Модуляція параметрів ЕМГ щурів за умов зооконфліктної ситуації та застосування ніфедипіну / В.П. Ляшенко, О.З. Мельникова // Вісник ЗДУ, Серія Біол. Науки. – 2004. – № 2. – С. 188–192.
7. Ляшенко В.П. Влияние стрессового фактора на динамику изменения уровня тиреоидных гормонов в сыворотке крови крыс / В.П. Ляшенко, Е.А. Никифорова, М.А. Бойко // Вісник ДНУ, Серія Біологія, Екологія. – 2002. – Вип. 10, №2. – С. 32–36.
8. Лекарственные препараты в России: справочник Видаль / Ю.Ф. Исаков, Ф.И. Комаров, В.Г. Кулес [и др.] – М.: АстраФарм Сервис, 2001 – №2 – С. 35–245.
9. Wiffen P. Carbamazepine for acute and chronic pain / P. Wiffen, R. Moore // Fortschr Neurol Psychiatr. – 2005. – Vol.20, № 3. – P. 451–468.
10. Вайнштейн А.Э. Антидепрессанты в лечении стрессовых расстройств / А.Э. Вайнштейн // Психиатрия и психофармакотерапия. – 2005. – Т. 7, № 2. – С. 120–127.
11. Лакин Г.В. Биометрия / Лакин Г.В. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
12. Ведяев Ф.П. Модели и механизмы эмоциональных стрессов / Ф.П. Ведяев, Т.М. Воробьева. – К.: Здоров'я, 1983. – 136 с.

Сидоренко А. Г. Формирование электрической активности гиппокампа при условиях длительного стресса и модулирующего действия нейрофармакологических лигандов / А. Г. Сидоренко, Т. Г. Чаус, В. П. Ляшенко, О. З. Мельникова // Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 167–173.

Выявлено, что действие длительного стресса приводило к изменениям показателей электрогиппокампограммы, связанных со стадиями стресса. Полученные данные о динамике электрической активности гиппокампа на фоне стресса и модулирования синаптической передачи нейрофармакологическими лигандами указывают на то, что не зависимо от механизма действия препаратов, отмечались синхронизирующие влияния, которые являются следствием протекания процессов саморегуляции при условиях стресса.

Ключевые слова: электрическая активность, гиппокамп, длительный стресс, карбамазепин, амитриптилин.

Sydorenko A.G. Formation of electric activity hippocamp under conditions of long stress and modulating action neyropharmacological ligand / A.G. Sydorenko, T.G. Chaus, V.P. Lyashenko, O.Z. Melnikova // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. - Series: Biology, chemistry. - 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 167–173.

It was proved that the effect of long stress lead to changing in indices of electrohippocampogram, which are connected with stress stages. The obtained data about dynamics of electric activity hippocamp against stress and modulation synaptical transmission neyropharmacological ligand specifies that is not dependent on the mechanism of action of preparations, synchronising influences which are a consequence of course of processes of self-control under stress conditions were marked.

Keywords: electric activity, hippocampus, long stress, carbamazepin, amitriptylinum.

Поступила в редакцию 04.12.2009 г.

УДК 577.4+575.17

ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ТРОФИЧЕСКИХ НИШ ПАРАЗИТОВ ЗЕЛЕННОЙ ДУБОВОЙ ЛИСТОВЕРТКИ В МИКРОСООБЩЕСТВАХ ДУБРАВ КРЫМА

Симчук А.П.

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

Для групп особей двух видов паразитов зеленой дубовой листовертки (*Tortrix viridana* L.), несущих различные фены, отмечена внутривидовая дифференциация трофических ниш. Полученные данные указывают на то, что в микросообществе различные генотипические классы особей одного вида по-разному взаимодействуют как в целом с особями других видов, так и с разными их генотипическими классами.

Ключевые слова: трофическая ниша, конкуренция, структура сообщества

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время внимание исследователей все больше привлекают локальные микросообщества, поскольку именно на этом уровне в наиболее чистом виде проявляются закономерности взаимодействия организмов, их слагающих. В лесных экосистемах такие микросообщества формируются в пределах отдельных деревьев [1 – 3].

Ранее было показано, что в пределах микросообществ насекомых-филлофагов на отдельных деревьях дуба происходит дифференциация ниш обитания как разных видов, так и внутривидовых группировок, в частности, генотипических классов особей [4]. Анализ внутри- и межвидовой дифференциации ниш насекомых-филлофагов указывает на существенную роль генетической компоненты во взаимодействии видов, составляющих микросообщество. Образуется своеобразная иерархическая система, где трофическая ниша (листва кормового растения) сначала подразделяется между микропопуляциями разных видов, а затем уже эти «популяционные» ниши «делят» между собой генотипические классы особей внутри микропопуляций. Эти результаты наглядно демонстрируют «упаковку» видов насекомых-филлофагов в микросообществе, а также могут послужить отправной точкой для поиска механизмов регуляции перераспределения потоков вещества и энергии в экосистеме.

Дальнейшим логическим шагом должно быть аналогичное исследование следующего звена трофической цепи, представителями которого являются, например, паразитические организмы, использующие для своего питания личинок

или куколок насекомых – вредителей дуба. Предварительные исследования показали, что в индивидуальных микросообществах дуба формируется различный состав кукольных паразитов зеленой дубовой листовертки (*Tortrix viridana* L.) [3].

Как и в каком направлении происходит перераспределение видов паразитов по классам размера куколок зеленой дубовой листовертки, а также какие фенотипические классы особей паразитов встречаются в тех или иных размерных классах зеленой дубовой листовертки – предмет обсуждения в данной статье.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводили на пробной площади «Дубки», расположенной в 1,5 км к Юго-западу от г. Симферополь весной 2003 и 2004 гг. На этой территории произрастает дуб пушистый (*Quercus pubescens* Willd.). В качестве объекта исследования послужили три дерева дуба пушистого с соответствующими группировками зеленой дубовой листовертки и ее паразитов.

Сборы куколок зеленой дубовой листовертки проводили в середине-конце мая. С каждого из деревьев было собрано более 1000 куколок. В тот же день материал доставляли в лабораторию. Куколок взвешивали на торсионных весах, помещали в отдельные пробирки и ежедневно проверяли их на предмет выхода имаго или паразитов. Для определения последних использовали определительные таблицы из коллективной монографии [5]. Все вышедшие из куколок паразиты относились к отряду Hymenoptera. Наиболее массовыми из них были четыре вида, относящиеся к двум надсемействам. Надсемейство Ichneumonidea представлено тремя видами – *Itopectis maculator* F., *I. alternans* F. и *Phaeogenes invisor* Thunb. Надсемейство Chalcidoidea включало два массовых вида *Brachimeria intermedia* Nees и *Cyclogastrella deplanata* Nees, а также представителей вида *Monodontomerus aureus* Walk, встречающихся несколько реже.

В 2003 г. из куколок, собранных с модельных деревьев 1, 2 и 3 вышло соответственно 55, 64 и 74 паразита. В 2004 г. репрезентативная выборка паразитов общей численностью 123 особи была получена только с дерева 3.

Два из перечисленных видов (*I. maculator* и *Ph. invisor*) обладали легко выявляемой фенотипической изменчивостью, описанной ранее [3]. Это позволяло в пределах популяций этих двух видов паразитов выделить классы особей, несущих разные фены. Таким образом, маркерами генетической изменчивости паразитов служили альтернативные признаки – фены. Каждую из особей зеленой дубовой листовертки характеризовали только одним показателем – весом куколки, а вышедших из куколок паразитов определяли до вида, а в случае с *I. maculator* и *Ph. invisor* до фенотипических классов по фенам.

Для характеристик особей *I. maculator* использовали следующие фены [3]:

Фен № 1 – окраска боковых краев тергитов брюшка;

варианты: 1 – красно-коричневая; 2 – черная.

Фен № 2 – окраска дорсальной стороны заднего бедра;

варианты: 1- широкая продольная черная полоса от проксимального до дистального конца бедра; 2 – широкая продольная полоса не доходит до дистального конца бедра; 3 – два черных пятна неправильно-овальной формы вдоль

оси бедра ближе к проксимальной части; 4 – одно пятно неправильной формы расположено ближе проксимальной части бедра; 5 – желтая окраска.

Фен № 3 – окраска дистальной части боковой стороны голени;

варианты: 1 – светлое «окошко» трапецевидной формы ограничено сверху и снизу черными полосами; 2 – «окошко» темно-коричневого цвета; 3 – отсутствие «окошка».

Для характеристик особей *Ph. invisor* использовали следующие фены [3]:

Фен № 1 – окраска задних тазиков;

варианты: 1 – полностью черная; 2 – черная со светлыми пятнами.

Фен № 2 – окраска головы (только у самцов);

варианты: 1 – «лицо» с двумя светлыми пятнами в районе усиковых ямок; 2 – полностью черная окраска «лица».

Фен № 3 – окраска заднего бедра;

варианты: 1 – полностью красно-коричневая; 2 – дистальная часть бедра черная.

Данные были обработаны с использованием стандартных статистических процедур [6] и возможностей программы Microsoft Excel-98.

Обычно неслучайный характер распределения представителей сообщества организмов по локальным местообитаниям оценивают с помощью специальных рандомизирующих процедур. При этом эмпирическое распределение видов по местообитаниям сравнивают с порядка 1000 случайных распределений с аналогичными исходными параметрами, рассчитанными по той или иной процедуре [7, 8]. Однако в данном случае распределение видов рассматривалось не в случайно выбранных локальностях, а в классах известного распределения куколок по их весу, которое было близким к нормальному. При этом априори известно, что зеленая дубовая листовертка является хозяином для всех исследуемых видов. Поэтому исходной нулевой гипотезой служило предположение о том, что ниши этих видов по показателю веса куколок хозяина не дифференцированы, каждый вид в равновероятной степени может паразитировать на любых куколках хозяина, и, следовательно, частоты встречаемости представителей каждого вида одинаковы во всех классах распределения данного признака. Значимость нулевой гипотезы проверяли тестом на гомогенность частот [9].

Количественную оценку степени подразделенности ниш в сообществе организмов, как правило, определяют с помощью того или иного индекса перекрытия ниш. В данной работе использовали индекс Чекановского [10]. Как известно, он характеризует степень перекрытия ниш пары сравниваемых видов, и изменяется от 0 (при отсутствии перекрытия) до 1 (при полном перекрытии ниш).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В опубликованной ранее работе [4], посвященной анализу дифференциации трофических ниш фитофагов, было показано, что наряду с межвидовой дифференциацией трофической ниши наблюдается и внутривидовая, субпопуляционная подразделенность пищевого ресурса между генотипическими классами особей. Еще в 60-70 гг. прошлого века стали выделять две основные составные части ширины ниши «межфенотипическую» и «внутрифенотипическую»

компоненты [11 – 13]. Если популяция состоит только из неспециализированных особей, и каждая из них использует весь диапазон потребляемых ресурсов, то межфенотипический компонент ниши равен нулю, а внутрифенотипический достигает максимального размера. Популяция, ширина ниши которой определяется целиком межфенотипическим компонентом, состоит из специализированных особей, ниши которых перекрываются незначительно.

В этой связи, для выяснения вопросов, касающихся внутривидовой дифференциации трофических предпочтений, провели исследование фенотипического полиморфизма популяций наиболее частых видов паразитов зеленой дубовой листовертки – *I. maculator* и *Ph. invisor*. Оба вида характеризуются наличием полиморфизма по фенам окраски и рисунка ног имаго, а также по фенам окраски брюшка (*I. maculator*) и головы (самцы *Ph. invisor*) [3]. Как правило, подобного рода фены контролируются одним или небольшим числом локусов и могут служить надежными маркерами для исследования генетического полиморфизма [14].

Тест на гомогенность частот показал, что в ряде случаев распределения фенотипических классов паразитов вдоль градиента веса куколок насекомого-хозяина носят неслучайный характер. Как оказалось, представители паразита *Ph. invisor* в целом предпочитали более крупных особей хозяина. Тем не менее, на дереве 1 и в этом суженном диапазоне наблюдается дифференциация трофической ниши между группами паразитов, несущих альтернативные варианты фенов окраски головы. По результатам вычисления теста на гомогенность частот, самцы с вариантом 2 окраски головы преимущественно выходили из крупных куколок хозяина, а самцы с вариантом 1 – чаще встречались в средних классах распределения признака (рис. 1).

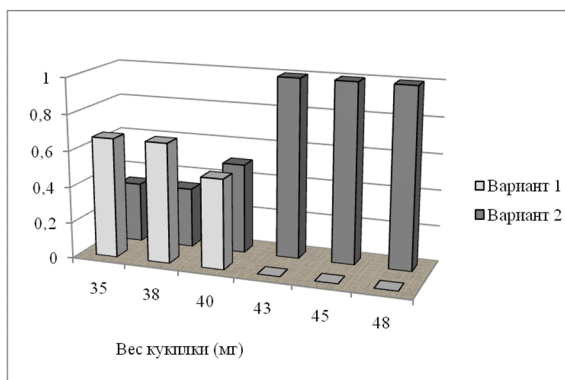


Рис. 1. Распределение фенов окраски заднего бедра *ph. Invisor* вдоль градиента веса куколок хозяина на дереве № 1 на площадке «дубки» в 2003 г.; значения χ^2 -теста на гомогенность частот: $\chi^2 = 16,7$; $df = 6$; $p < 0,02$.

Корреляционный анализ подтвердил полученные результаты. Частота встречаемости особей несущих вариант 3 окраски бедра у *I. maculator* коррелировала отрицательно, а частота самцов с вариантом 2 окраски головы у *ph.*

Invisor коррелировала положительно с весом куколок хозяина ($r = -0,96$; d.f. = 4; $p < 0,01$ и $r = 0,92$ d.f. = 4; $p < 0,05$, соответственно).

На дереве 2 яркая картина дифференциации наблюдалась для фена 1 паразита *I. maculator* (рис. 2, А). Смещение соотношения полов в сторону самок на этом дереве не позволило провести анализ фена окраски головы самцов *Ph. invisor*. В то же время по вариантам фена окраски бедра этого вида обнаруживается достоверное отклонение от случайного характера распределения частот в градациях веса куколок хозяина (рис. 2, Б).

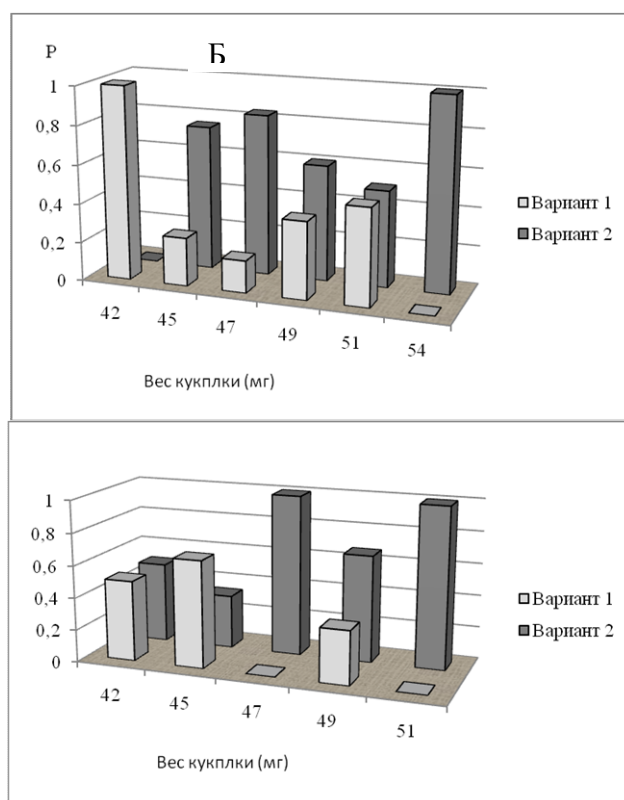


Рис. 2. Распределение фенов окраски боковых краев тергитов брюшка (фен № 1) *I. maculator* (А) и окраски заднего бедра (фен № 3) *Ph. invisor* (Б) вдоль градиента веса куколок хозяина на дереве № 2 на площадке «Дубки» в 2003 г.; значения χ^2 -теста на гомогенность частот: фен № 1 *I. maculator*, $\chi^2 = 15,1$; df = 5; $P < 0,01$; фен № 3 *Ph. invisor*, $\chi^2 = 15,8$; df = 5; $P < 0,01$.

На дереве 3 статистически достоверные отклонения от случайного характера распределения частот встречаемости были обнаружены только в 2004 г. Дифференциация ниш затронула группы особей *I. maculator*, различающихся по фенам окраски бедра. Для варианта 5 окраски было характерно U-образное распределение (рис. 3, А), но и для других вариантов можно отметить некоторую дифференциацию ниши (рис. 3, А). В этом же году было обнаружено, что группы

особей *I. maculator* с разными вариантами окраски брюшка предпочитали разных по весу куколок хозяина: вариант 1 – крупных, а вариант 2 – мелких (рис. 3, Б). Для варианта 2 окраски брюшка отрицательная связь с весом куколок хозяина была статистически значимой ($R = -0,80$; d.f. = 6; $P < 0,05$).

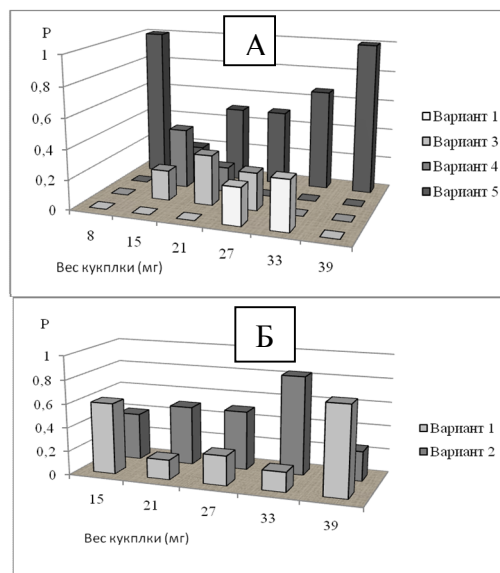


Рис. 3. Распределение фенотипов окраски дорсальной стороны заднего бедра (фен № 2) (А) и окраски боковых краев тергитов брюшка (фен № 1) (Б) *I. maculator* вдоль градиента веса куколок хозяина на дереве № 3 на площадке «Дубки» в 2004 г.; значения χ^2 -теста на гомогенность частот: фен № 2, $\chi^2 = 33,7$; df = 21; $P < 0,05$; фен № 1, $\chi^2 = 15,7$; df = 7; $P < 0,05$.

В работе, опубликованной ранее [4], было показано, что подразделенность трофических ниш комплекса насекомых фитофагов, питающихся листьями дуба, носит характер иерархической организации. Весь имеющийся диапазон ресурса «делится» между популяциями разных видов, а на внутривидовом уровне вновь происходит «раздел» имеющегося диапазона, – но уже между генотипическими классами особей. Согласно последним данным, аналогичная картина наблюдается и на следующем уровне трофической цепи. Паразитические организмы, использующие для питания особей фитофага – зеленой дубовой листовёртки, также подразделяют свой пищевой ресурс, и эта подразделенность носит иерархический характер.

Качественные фенотипические различия паразитов, использованные в работе, имеют под собой генетическую основу и потому выводы, сформулированные при анализе подразделенности ниш фитофагов, могут быть распространены и на их паразитов.

ВЫВОДЫ

1. Полученные результаты свидетельствуют, что в конкурентных взаимоотношениях двух видов участвует далеко не все население популяции, а лишь определенные генотипы, и наибольшее конкурентное давление будут испытывать те генотипы, которые потребляют ресурсы, находящиеся в зоне перекрывания экологических ниш взаимодействующих популяций. Аналогичные процессы характерны и для внутривидовой конкуренции.
2. Вопросы как межвидовой, так и внутривидовой конкуренции достаточно хорошо разработаны в экологии. Однако здесь хотелось бы обратить внимание на еще один аспект освещаемой проблемы. Очевидно, что внутривидовая подразделенность ниши достаточно широко распространена и, по-видимому, представляет собой универсальный механизм освоения жизненного пространства. Действительно, экологические потребности организма зависят от его генетической конституции. Чем ближе в генетическом отношении два организма, тем более схожи их экологические потребности и наоборот. Популяция складывается из организмов и ее ниша, ее место в экосистеме определяется ее генофондом, а ширина ниши – уровнем генетического разнообразия популяции.

Список литературы

1. Whitham T.G. Individual trees as heterogenous environments: adaptation to herbivore or epigenetic noise / T.G. Whitham // *Insect Life History Patterns Habitat and Geogr. Var.* New York e.a. – 1981. – P. 9–27.
2. Ивашов А.В. Биогеоценотические системы и их атрибуты / А.В. Ивашов // *Журн. общ. биол.* – 1991. – Т. 52, № 1. – С. 115–128.
3. Ивашов А.В. Консортивные связи зеленой дубовой листовертки (*Tortrix viridana* L.): теоретические и прикладные аспекты : Дисс... докт. биол. наук. / А.В. Ивашов– Днепропетровск: ДНУ, 2001. – 410 с.
4. Симчук А.П. Эколого-генетические аспекты дифференциации трофических предпочтений некоторых насекомых-филлофагов в микросообществах дуба / А.П. Симчук, А.В. Ивашов // *Журнал общей биологии* – 2005. – Т. 66, № 6. – С. 191–199
5. Зеров М.Д. Энтомофаги зеленой дубовой листовертки и непарного шелкопряда юго-запада европейской части СССР / Зеров М.Д., Котенко А.Г., Серегина Л.Я. – Киев: Наук. думка, 1989. – 200 с.
6. Лакин Г.Ф. Биометрия. / Лакин Г.Ф. – М.: Высш. шк., 1980. – 293 с.
7. Winemiller K.O. Organization in natural assemblages of desert lizards and tropical fishes / K.O. Winemiller, E.R. Pianka // *Ecol Monogr.* – 1990. – V. 60. – P.27–56.
8. Albrecht M. Spatial and temporal niche partitioning in grassland ants / M. Albrecht, N.J. Gotelli // *Oecologia.* – 2001. – V. 126. – P. 134–141.
9. Алтухов Ю.П. Генетические процессы в популяциях. / Алтухов Ю.П. – М.: Наука, 1983. – 279 с.
10. Feinsinger P. A simple measure of niche breadth / P. Feinsinger, E.E. Spears, R.W. Poole // *Ecology.* – 1981. – V. 62. – P. 27–32.
11. Orians G.H. Ecological aspects of behavior. Chapter 11 / G.H. Orians, D.S. Farner, J.R. King // *Avian Biology.* – V. 1. N. Y.: Acad. Press. – 1971. – P. 513–546.
12. Roughgarden J. Evolution of niche width / J. Roughgarden // *Amer. Natur.* – 1972. – V. 106. – P. 683–718.
13. Van Valen L. Morphological variation and width of the ecological niche / L. Van Valen // *Amer. Natur.* – 1965. – V.94. – P. 377–390.

14. Simchuk A.P. Genetic patterns as possible factors causing population cycles in oak leafroller moth, *Tortrix viridana* L. / A.P. Simchuk, A.V. Ivashov, V.A. Companiytsev // Forest Ecology and Management. – 1999. – V. 113. – P. 35–49

Сімчук А.П. Диференціація трофічних ніш паразитів зеленої дубової листовійки в мікроугрупованнях дібров криму / А.П. Сімчук // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 174-181.

Для груп особин двох видів паразитів зеленої дубової листовійки (*Tortrix viridana* L.), які несуть різні фени, відмічено внутривидову диференціацію трофічних ніш. Отримані дані вказують на те, що в мікроугрупованнях різні генотипні класи особин одного виду розрізняються щодо взаємодії у цілому з особинами інших видів та різними їх генотипними класами.

Ключові слова: трофічна ніша, конкуренція, структура угруповання.

Simchuk A.P. Partitioning of trophic niches in parasitoids of oak leafroller moth in microcommunities of the Crimean oak forests / A.P. Simchuk // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 174-181.

Intraspecific partitioning of trophic niches was documented in two parasitoids of oak leafroller moth, which differ in their phenes. The data obtained show that alternative genotypes of one species in different manner interact with both the specimens of different species on the whole and their different genotypes.

Keywords: trophic niche, competition, community structure.

Поступила в редакцію 18.11.2009 г.

УДК 612.821

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ РАЗЛИЧНОГО ДИАПАЗОНА НА ПРОЦЕССЫ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ

Трибрат Н.С., Чуян Е.Н., Раваева М.Ю.

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

В статье приведен обзор литературных данных о влиянии электромагнитных излучений различных диапазонов на процессы микроциркуляции крови.

Ключевые слова: электромагнитные излучения, микроциркуляция крови.

В настоящее время к изучению вопросов системы микроциркуляции крови, а также к проблемам влияния на процессы микрогемодинамики факторов различной природы и интенсивности проявляется большой интерес. Это обусловлено тем, что система микроциркуляции крови принимает непосредственное участие в поддержании местного гомеостаза, обеспечении оптимального функционирования тканей и органов, как в норме, так и при патологии и в связи с этим может являться одним из основных звеньев в цепи ответных реакций организма на действие различных факторов. Среди таких факторов наиболее интенсивно изучаются электромагнитные излучения (ЭМИ) различных диапазонов, поскольку известно, что они обладают выраженной биологической активностью, а эффекты их действия могут быть обусловлены, в том числе, и изменением функционального состояния системы микроциркуляции крови.

Предпринималось множество попыток исследовать изменения параметров микрогемодинамики, когда ткань и/или кровеносные сосуды подвергались экспериментальному влиянию ЭМИ [1 – 9]. Такие экспериментальные данные имеют важное значение, поскольку могут привнести свой вклад в более глубокое понимание механизмов действия ЭМИ на процессы микроциркуляции и, соответственно, на течение многих процессов в целом организме. Следовательно, выявление закономерностей действия ЭМИ на периферическое кровообращение должно послужить основой эффективного применения этого физического фактора для профилактики и лечения функциональных и органических нарушений различного генеза.

Несмотря на многочисленные исследования, изучающие действие ЭМИ на тканевой кровоток, до сих пор нет единого мнения по этому вопросу. Так, некоторые авторы указывают на то, что действие ЭМИ приводит к вазорелаксации [1, 10, 11] и увеличению потока крови [12 – 15], другие источники сообщают, что ЭМИ оказывают, напротив, вазоконстрикторное действие [2, 16] и снижению

потока крови [17, 18], третьи констатируют отсутствие эффекта ЭМИ [3, 4, 8, 19, 20 – 22]. Следовательно, необходимо исследовать возможные причины этих противоречий. Поэтому целью данной работы является систематизация существующих данных и выявление закономерностей действия ЭМИ на микроциркуляторные процессы.

В настоящее время под объектив исследователей попадают важнейшие функции системы микроциркуляции, к которым относят, во-первых, стабилизацию кровяного давления при развитии местных регуляторных приспособлений [23 – 27], что требует изучения влияния ЭМИ на кровяное давление. Однако давление крови невозможно изучать без рассмотрения динамики потока крови, поэтому немалая толика исследований посвящена изучению сосудодвигательных функций ЭМИ [28 – 31].

Во-вторых, микроциркуляторная система призвана обеспечивать гематотканевой обмен, согласно изменяющимся метаболическим потребностям тканей, следовательно, необходимо также рассматривать возможность действия ЭМИ и на этот аспект [21, 32, 33].

В виду того, что в системе микроциркуляции кровь представлена в виде гетерогенной системы, следовательно, клетки крови и их взаимоотношения с сосудистой стенкой также могут модулировать микроциркуляторные процессы, а ЭМИ, оказывая влияния не клетки крови, могут опосредовать через них свое действие на микрогемодинамику [34 – 35].

Известно, что характер взаимодействия электромагнитной волны с биологическими объектами во многом определяется параметрами излучения: частотой или длиной волны, скоростью распространения, когерентностью колебаний, работой в импульсном или непрерывном режиме, частотой модуляции, поляризацией волны. Поэтому естественно, что при сравнении данных о действии ЭМИ на процессы микроциркуляции эти показатели должны учитываться.

1. Влияние постоянных магнитных полей на процессы микроциркуляции

Большинство исследований, посвященных изучению влияния ЭМИ на периферическое кровообращение, связано с действием статических или постоянных магнитных полей (ПМП).

S. Хи с соавторами [12] выявили пороговый эффект действия ПМП. В частности, было показано, что порогом действия ПМП, вызывающего изменения в микрогемодинамике, является индукция 1 мТл. После 10-минутного воздействия на область большеберцовой кости анестезированных мышей наблюдалось увеличение перфузии на 20-45%. Вероятно, именно этим можно объяснить отсутствие эффекта при воздействии ПМП с магнитной индукцией 0,1 мТл на кожный капиллярный кровоток человека [3] и 0,3 мТл [12] на микрососуды большеберцовой области крыс, поскольку такие интенсивности являются подпороговыми.

Некоторые исследователи обнаружили, что ПМП способствуют увеличению потока крови. Так, при действии ПМП 10 мТл скорость кровотока в большеберцовой кости крыс увеличивалась на 15% во время воздействия и на 45% после окончания воздействия [12]. В исследовании кровотока в ткани мочки уха у кроликов, предварительно подвергавшихся обезболиванию, при действии ПМП индукцией 0,25 Тл в течение 40 минут методом микрофотоэлектрической

плетизмографии зарегистрировано увеличение потока крови на 20–40 %, начиная с 10-ой минуты воздействия [15]. Несколько позже, вазодилатирующий эффект был подтвержден для ПМП индукцией 0,35 Тл в результате увеличения чувствительности барорецепторов, модулирующих периферическую гемодинамику [36]. Увеличение потока крови также было зафиксировано для ПМП 180 мТл при непрерывном воздействии на протяжении 4-х недель на кожный кровоток ушной раковины предварительно анестезированных кроликов [13], а также для ПМП 8 Тл с экспозицией 20 минут на микрокровоток дорсальной складки крыс, предварительно подвергнутых обезболиванию. Однако в последнем случае увеличение кровотока было очень кратковременным – в течение 5-ти минут после воздействия ПМП и, по мнению авторов [14], явилось компенсаторной реакцией на снижение кровотока, зарегистрированное во время облучения.

Ряд исследований, наоборот, указывает на снижение интенсивности кровотока при действии ПМП. Так, 45-минутное воздействие ПМП 400 мТл на тканевой кровоток человека, исследуемый методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ), способствовало снижению его интенсивности. S. Ichioka (14), изучая воздействие ПМП высоких интенсивностей, исследовал действие ПМП 8 Тл на периферическую гемодинамику в микрососудах кожи спины крыс методом витальной микроскопии. Было показано, что при действии ПМП наблюдалось угнетение кожной микроциркуляции как при 5-тиминутном [18], так и при 20-тиминутной экспозиции [17]. Наряду со снижением потока крови, было зарегистрировано и снижение температуры тела, что, по мнению авторов, явилось причиной применения анестезии. Кроме того, ПМП 8 Тл вызывало испарение влаги с поверхности тела, что также могло быть причиной снижения температуры во время воздействия. Однако в другом исследовании на грызунах было показано, что действие ПМП 1,5 Тл с градиентом 60 м^{-1} в течение 3-х часов не изменяло температуру тела [37].

Некоторые авторы указывают на отсутствие эффекта при действии ПМП на сосудодвигательные реакции. Так, воздействие ПМП как с низкой индукцией 50 мТл в течение 15-ти минут [38] и 60 мТл в течение 1 часа [39], так и высокой индукцией 8 Тл на протяжении 1 часа у человека [40] не изменяло параметров кровяного давления. Изменения в интенсивности потока крови также не были зарегистрированы при действии ПМП индукцией 27 мТл в течение 48 часов [41], 20-тиминутной экспозиции 85 мТл [4] получасового воздействия 80 мТл [42] и 100 мТл на протяжении 36 минут [3]. При изучении эффекта действия ПМП (10000 мкТл в течение 36 минут) на ограниченные участки рук здоровых добровольцев не было показано никаких видимых изменений в кожном кровообращении [3]. По мнению некоторых авторов [3, 28], отсутствие эффекта при действии ПМП, вероятно, связано с тем, что воздействие проводилось на здоровых людей с нормальным сосудистым тонусом.

Выявлена обратно пропорциональная зависимость между геомагнитной активностью и сосудодвигательными реакциями со стороны капиллярного русла. В частности, J. Gmitrov (2005) методом микрофотоэлектрической плетизмографии выявил, что у кроликов в дни интенсивной геомагнитной активности происходило снижение чувствительности барорецепторов и, как следствие, интенсивности тканевого кровотока.

Вопрос о влиянии полюса магнита (0,4 Тл в области ладонной части пальца, 87,9 мТл на дорсальной стороне пальца) на кожную гемодинамику изучали Н. Mayarovitz и Е. Groseclose (3), в исследованиях которых было показано, что полярность магнита не оказывает влияние на гемодинамический эффект.

В некоторых исследованиях показано, что эффекты действия ПМП зависят не только от параметров поля, а во многом могут определяться свойствами биологического объекта. В частности, Н. Okano и С. Ohkubo было проведено несколько серий экспериментов с применением различных параметров ПМП, результаты которой свидетельствуют о том, что направленность сосудодвигательной реакции определяется исходным состоянием сосудистого тонуса [29, 30, 31, 46 – 48]. Также, методом микрофотоэлектрической плетизмографии было выявлено, что ПМП (1,5 и 10 мТл) [36, 44] способствовало нормализации сосудистого тонуса в мочке уха кролика, приводя к его увеличению в случае исходно сниженного тонуса и, наоборот, к снижению в случае первоначально повышенного. Аналогичные изменения были зафиксированы и при более высоких значениях индукции ПМП (70 мТл) в области микрососудов скелетных мышц крыс методом витальной микроскопии [26].

Разнонаправленное действие ПМП обнаружено и в экспериментальных работах с применением препаратов, оказывающих действие на сосудистый тонус, методами витальной микроскопии и окклюзионной плетизмографии. Так, при экспериментальном моделировании высокого тонуса в микрососудах кожи у кроликов введение вазоконстрикторов (норадреналина или ингибитора NO-синтазы) ПМП 1 мТл вызывало расширение сосудов и, как следствие, увеличение потока крови и снижение давления, в то время как при введении вазодилататоров, в частности, ацетилхолина или блокаторов кальциевых каналов, под действием ПМП тех же параметров наблюдалось сужение сосудов и увеличение кровяного давления и, соответственно, снижение потока крови [29, 47].

Аналогичные изменения были зарегистрированы и в периферических сосудах мочки уха [29] и области шеи кроликов [26] при введении норпинефрина, когда действие ПМП индукцией 5,5 мТл приводило к снижению давления крови, зарегистрированного методом микрофотоэлектрической плетизмографии. При таких же параметрах ПМП введение нитроглицерина (ингибитора кальциевых каналов) вызывало увеличение сосудистого тонуса в области шеи кроликов, в то время как в области таза при действии ПМП подобного эффекта не наблюдалось. Авторы отметили, что ПМП с локализацией в области шеи, способствует повышению чувствительности барорецепторов через 40-60 мин после воздействия.

Гомеостатическое действие ПМП было подтверждено и Н. Okano [30] в экспериментах с использованием резерпина, вызывающего гипотонию. Воздействие ПМП 25 мТл в течение 12-ти недель существенно сократило действие резерпина, нормализуя кровяное давление, в то время как ПМП 10 мТл не оказывало воздействия на периферический кровоток.

Серия экспериментов, проведенная на крысах-гипертониках, также продемонстрировала гомеостатический эффект ПМП различных параметров, оказывающего гипотензивное действие [29 – 31, 45, 46, 48]. Интересны результаты

исследования, проведенного на крысах с наследственной гипертонией, подвергавшихся действию ПМП индукцией 10 и 25 мТл в течение 12-ти недель. Гормональный анализ выявил снижение уровня ангиотензина II и альдостерона до 65,3% и 39,6% соответственно при действии ПМП 10 мТл; при 25 мТл наблюдалось снижение уровня ангиотензина II до 63,8%, альдостерона – до 36,6% [35].

Некоторые литературные данные свидетельствуют о влиянии ПМП на транскапиллярный обмен, изучаемый на модели гемато-энцефалического барьера (ГЭБ). Так, было показано, что ПМП высоких интенсивностей увеличивало проницаемость ГЭБ. Например, воздействие ПМП (0,15 Тл; 23,2 минуты) [33], ПМП (0,15 Тл двукратно по 23,2 минуты) [49] и ПМП (1,5 Тл и 1,89 Тл двукратно по 22,5 минуты) [32] приводило к значительному увеличению проницаемости ГЭБ.

Таким образом, большинство исследований, представленных в доступной, в основном зарубежной, литературе свидетельствуют о том, что действие ПМП в диапазоне от 1 мТл до 8 Тл длительностью от 10 минут до 12 недель оказывает влияние на различные аспекты микрогемодинамики, в частности на кровное давление, поток крови, особенности транскапиллярного обмена. Эффекты действия ПМП определяются как параметрами поля, причем максимальное модулирующее действие на сосудодвигательные функции оказывают умеренные интенсивности ПМП (высокие уровни интенсивности ПМП способствуют угнетению микроциркуляции и увеличению проницаемости ГЭБ), так и свойствами биологического объекта, в частности, исходным состоянием сосудистого тонуса. ПМП различных параметров оказывают гомеостатическое действие, как на сосудодвигательные реакции, так и на поток крови. Возможно, именно с этим зачастую и связаны разнонаправленные реакции микроциркуляторных процессов на действие ПМП, зарегистрированные различными исследователями.

2. Влияние переменных электромагнитных полей на процессы микроциркуляции крови

2.1. Влияние ЭМИ экстремальнонизких, сверхнизких и низких частот на процессы микроциркуляции

Было предпринято несколько попыток исследовать действие ЭМИ экстремальнонизких, сверхнизких и низких частот (ЭНЧ, СНЧ, НЧ) на процессы микрогемодинамики. При этом, большинство экспериментальных исследований свидетельствуют об отсутствии выраженных эффектов при действии ЭМИ указанных диапазонов на кровяное давление [22]. Так, методом ЛДФ не выявлено влияния на кожную микроциркуляцию и температуру кожи стопы человека при использовании сочетанного действия ЭНЧ высокоинтенсивного (10 Гц; 8,4 мТл) и низкоинтенсивного (30 Гц; 0,1 мТл) ЭМИ в течение 30-ти минут. Авторы предположили, что отсутствие эффекта, возможно, связано с кратковременным и однократным воздействием этого физического фактора [19]. При действии ЭМИ ЭНЧ (50 Гц, 96 мТл) также не было зарегистрировано изменение кровотока в мозге крыс [20].

В эксперименте с имплантированной в мозг крыс опухолью исследовали влияние ЭМИ ЭНЧ (50 Гц; 03 мТл и 3 мТл, курсовое воздействие в течение 18 дней) на процессы микроциркуляции. На 15-е сутки экспериментального воздействия ЭМИ зарегистрировано, что микроциркуляторные параметры, включая сосудистую

плотность, средний диаметр сосудов оставались неизменными при сравнении с группой плацебо [35].

Интересно, что ЭМИ ЭНЧ (225 мкТл, экспозиция 30 и 60 минут) не изменяют амплитудно-частотных параметров колебаний тканевого кровотока, измеренного методом ЛДФ с ацетилхолиновой пробой [8].

Некоторые экспериментальные данные демонстрируют наличие выраженных эффектов действия ЭМИ ЭНЧ на взаимодействие клеток крови с микроваскулярным эндотелием. Так, было показано, что однократное воздействие ЭМИ ЭНЧ (50 Гц; 30 мТл) приводит к значительному увеличению взаимодействия лейкоцитов с клетками эндотелия [34]. Аналогичные результаты получены у мышей при однократном и курсовом (в течение 15 дней) воздействии ЭМИ ЭНЧ (50 Гц) [50]. А. Ushiyama, С. Ohkubo показано, что пороговым уровнем для увеличения адгезии лейкоцитов к эндотелиальной выстилке для 50 Гц ЭМИ ЭНЧ при однократном воздействии составляет индукция - 3 мТл, в то время как при курсовом воздействии – 1 мТл.

Изучению действия низкочастотного ЭМИ (32 и 48 мТл; 3,8 кГц) посвящено исследование S. Ueno (2), которым было описано снижение потока крови в коже человека, зарегистрированное методом ЛДФ. Автор предположил, что уменьшение потока крови, зафиксированное уже через 6-8 с после начала воздействия обусловлено «защитной» вазоконстрикторной реакцией организма в ответ на действие ЭМИ и высказал мнение, что в механизмах действия МП на процессы микроциркуляции большое значение принадлежит нервной, в частности кортико-гипоталамо-бульбарной системе.

Таким образом, в доступной литературе имеются сведения о том, что ЭМИ ЭНЧ не оказывают воздействие на сосудодвигательную функцию микрососудов. В то же время, точкой приложения действия ЭМИ ЭНЧ, СНЧ и НЧ в системе микроциркуляции может быть функциональное состояние клеток крови, что позволяет рассматривать действие этого фактора в качестве вероятного триггера, модулирующего лейкоцитарно-эндотелиальные взаимодействия.

2.2 Влияние ЭМИ высокочастотного диапазона на процессы микроциркуляции

Большое количество исследований, проведенных в последние десятилетия, посвящено изучению ЭМИ высокочастотного диапазона (ВЧ) на процессы микроциркуляции.

Существуют весьма разноречивые данные о влиянии ЭМИ ВЧ на микроциркуляторные процессы. Так, некоторые источники сообщают о том, что ЭМИ ВЧ способствует увеличению потока крови [51, 52], причем большинство из них было получено при тепловом воздействии ЭМИ ВЧ высокой интенсивности [53, 54].

Однако показано, что нетепловое действие ЭМП ВЧ также влияет на показатели тканевого кровотока и способствует изменению проницаемости ГЭБ [55, 56]. В частности, ЭМП ВЧ (915 МГц) способствовало увеличению проницаемости сосудистой стенки для альбуминов в мозге у крыс [57]. Необходимо отметить, что воспроизвести цитируемые результаты многим исследователям не удалось [5 – 7, 58], в связи с чем, авторами было сделано заключение, что отсутствие эффекта,

возможно, обусловлено низкими уровнями среднего удельного поглощения излучения тканями мозга (ниже, чем 2,0 Вт/кг).

Большинство исследований, посвященных рассмотрению влияния ЭМИ ВЧ на сосудодвигательные реакции, выявили четкую зависимость вазодилаторного эффекта от времени и частоты воздействия. Так, М. Miura, J. Okada (10), подвергая область перепонки лягушки воздействию ЭМИ ВЧ разных параметров, выявили, что наибольшим вазодилаторным действием обладают ЭМИ с частотами в диапазоне от 10 до 100 МГц с частотой модуляции 10 кГц, при этом дилатация сосудов происходила медленно, выходя на плато через 60 минут.

Н. Mayarovitz и Р. Larsen [59] описали эффекты действия ЭМИ ВЧ (27,12 МГц, 600 имп/с) на микроциркуляцию кожи человека. Методом ЛДФ было выявлено, что 45-минутное воздействие ЭМИ ВЧ увеличивает капиллярный кровоток в коже руки, находящейся под воздействием указанного фактора, на 29%, в то время как кровоток в коже руки, не подвергавшейся действию поля, оставался без изменений. Позже (60) теми же авторами было показано, что при действии ЭМИ ВЧ (27,12 МГц, 600 имп/с, 0,1 мТл), капиллярный кровоток в большей степени увеличивался на участке кожи вокруг язвы у больных сахарным диабетом.

Р. Huber [61] сообщил, что воздействие ЭМИ (900 МГц) с экспозицией 30 минут приводило к увеличению кровотока в мозге испытуемых, выявленного позитронно-эмиссионным сканированием. В то же время, некоторые исследования сообщают о вазоконстрикторном эффекте действия ЭМИ ВЧ у людей при аналогичной частоте ЭМИ (900 МГц; 2 Вт) с экспозицией 35 минут, однако в данном случае применялась модуляция ЭМИ с частотой 217 Гц. По мнению авторов, такая ответная реакция на действие ЭМИ ВЧ обусловлена увеличением активности симпатических афферентов [16].

Наряду с этим, существуют данные [62], свидетельствующие об отсутствии влияния ЭМИ ВЧ (902 МГц, 217 Гц, экспозиция - 45 минут) на регионарный церебральный кровоток испытуемых. Другие исследования также подтверждают отсутствие эффекта при длительном облучении биообъектов ЭМИ ВЧ. В частности, проводилось изучение воздействия ЭМИ ВЧ 1,439 МГц и 1439 МГц на микрогемодинамику в мозге крыс с различными показателями коэффициента среднего удельного поглощения излучения тканями мозга - 0,6, 2,4 и 4,8 Вт/кг для острого воздействия в течение 10-ти минут и 2,4 Вт/кг для хронического экспериментального воздействия с экспозицией 1 час на протяжении 5-ти дней в течение 4-х недель. Среди показателей микроциркуляции рассматривались скорость потока крови, диаметр сосудов, лейкоцитарная активность и функционирование ГЭБ. Методом интравитальной микроскопии было выявлено, что все указанные выше показатели микроциркуляции, исследуемые в этих экспериментах, не изменялись как при остром, так и при хроническом воздействии ЭМП ВЧ [21, 63, 64].

Таким образом, данные о влиянии ЭМИ ВЧ на параметры микроциркуляции весьма неоднозначны. Влияние ЭМИ ВЧ на проницаемость ГЭБ в значительной степени определяется интенсивностью действующего поля, в то время как зависимость эффекта действия ЭМИ на сосудодвигательную активность от параметров поля не является столь определенной, приводя к различным

вазоактивным реакциям при сходных частотных параметрах, поэтому требует дальнейшего изучения.

2.3. Влияние ЭМИ сверхвысокочастотного и крайневысокочастотного диапазонов на процессы микроциркуляции крови

ЭМИ сверхвысокочастотного (СВЧ) и крайневысокочастотного (КВЧ) в настоящее время широко применяется в медицинской практике для лечения различных заболеваний, в патогенезе которых, в том числе, присутствуют и изменения процессов микроциркуляции.

Исследованиям эффектов влияния ЭМИ СВЧ и КВЧ диапазонов на систему микроциркуляции крови посвящены в основном клинические исследования. В частности, ответная реакция со стороны сосудов на действие дециметрового (ДМВ)-воздействия заключалась в увеличении кровотока за счет расширения сосудов и сопровождалось повышением капиллярного давления, проницаемости сосудов и, как следствие, интенсификацией обмена веществ [65, 66] и усилением регенерации поврежденных тканей [66, 67].

Представлены результаты изменения гемодинамических показателей у больных гипертонической болезнью в процессе ДМВ-терапии с воздействием на воротниковую область и область проекции почек [68, 69] и сделан вывод о гипотензивном действии изучавшегося фактора.

В работе Е.И. Сорокиной и А.И. Крупенникова [70] было показано улучшение периферического кровообращения по результатам капилляроскопии и реовазографии при воздействии ДМВ на грудной отдел позвоночника у больных остеохондрозом и стабильной стенокардией.

Экспериментальными исследованиями на крысах с моделированным инфарктом миокарда показано, что ДМВ-воздействие на область сердца повышает кровенаполнение сосудов микроциркуляторного русла миокарда и скорость кровотока в них, увеличивает количество функционирующих сосудов [67].

Отчетливо проявилась однонаправленность вазодилатирующих реакций при воздействии ДМВ разной локализации: на область сердца и рефлекторно-сегментарную зону C_v-Th_{iv} , что свидетельствует не о местном, а о генерализованном характере ответной реакции всего организма. Генерализованная вазодилатация, вызванная ДМВ, по-видимому, является одним из механизмов снижения периферического сосудистого сопротивления, обычно компенсаторно повышенного при сердечной недостаточности даже в начальных стадиях [71]. По мнению авторов, определенная роль в перестройке периферической и регионарной гемодинамики под влиянием воздействий ДМВ принадлежит изменениям вегетативной регуляции — ослаблению симпатических влияний и усилению парасимпатических, приводя к снижению тонуса артериоларных и веноулярных отделов микроциркуляторного русла.

Применение в медицинской практике ЭМИ сантиметрового диапазона приводит к усилению регионарной гемо- и лимфодинамики за счет увеличения скорости кровотока, количества функционирующих капилляров и расширения микрососудов [72].

Ряд исследователей [73 – 75] описывают положительное влияние КВЧ-терапии

на микроциркуляцию, в частности, снижение "конъюнктивного индекса", уменьшение диаметра венул, ускорение кровотока [76]. По данным инфракрасной термографии, мм-терапия улучшает состояние микроциркуляции в тканях в патологическом очаге [77]. В процессе КВЧ-терапии наблюдалось увеличение кровотока в зоне поражения, начиная с первых минут сеанса лечения, которое сохранялось длительное время. В других экспериментальных и клинических исследованиях показано, что под влиянием ЭМИ КВЧ происходит нормализация процессов микроциркуляции, выражающаяся в уменьшении периваскулярных нарушений и неравномерности диаметра венул и артериол, исчезновении отека, увеличении функциональных капилляров [78, 79].

Расстройства микроциркуляции лежат в основе патогенеза сердечно-сосудистых заболеваний, для лечения которых давно и успешно применяется КВЧ-терапия. М.А. Ронкин и др. [75] выявили выраженный положительный вазотропный эффект КВЧ-терапии в экспериментальном исследовании и рекомендовали ее применение при заболеваниях, в патогенезе которых имеют место гемодинамические расстройства [80].

В.А. Люсовым с соавторами [81] было отмечено улучшение микроциркуляции в сердечной мышце у больных нестабильной стенокардией, получавших курс КВЧ-терапии. Методом бульбарной биомикроскопии глаза у больных ишемической болезнью сердца, острым инфарктом миокарда было выявлено, что на фоне мм-терапии наблюдалось значительное снижение общего конъюнктивного индекса, индекса сосудистых и внутрисосудистых изменений, увеличение калибра артериол, числа функционирующих петель лимба, на фоне чего происходило уменьшение извитости и неравномерности сосудов различного калибра и, как следствие, значительное улучшение тканевой перфузии [82, 83]. У больных гипертонической болезнью оценка состояния мозгового кровотока на фоне мм-терапии методом динамической сцинтиграфии выявила улучшение кровотока в бассейнах пораженных артерий, перераспределение объема крови в сторону наиболее ишемизированных участков [80, 84]. В другом исследовании у больных гипертонической болезнью при лечении нарушений центральной и периферической гемодинамики, ЭМИ КВЧ способствовало снижению периферического сопротивления [85].

Методом реографии исследовали микроциркуляцию у больных некоторыми нейрососудистыми расстройствами — ангиоветтодистонией, гипертонией, синдромом Рейно, получавших курс мм терапии. Авторами [86] было отмечено, что КВЧ-терапия оказывала нормализующее воздействие на нарушенную микроциркуляцию независимо от конкретной патологии. В частности, зарегистрировано увеличение числа функционирующих капилляров и увеличение наполнения их кровью.

ЭМИ КВЧ оказывает выраженное влияние на функциональные расстройства кровообращения в сосудистом бассейне органов малого таза. В пользу этого свидетельствует существенная динамика реографических показателей, характеризующих тонус сосудов и венозный отток при КВЧ-терапии [87].

Интересны результаты о влиянии КВЧ-терапии на тканевую гемодинамику, выявленные в репрезентативной точке поджелудочной железы у больных с острым панкреатитом методом ЛДФ. Было показано, что включение мм-терапии в лечение больных привело к раннему восстановлению системной микроциркуляции и ее реституции к моменту клинического выздоровления, что выразилось в исчезновении компенсаторных механизмов гемомикроциркуляции на системном уровне и снижении степени микроциркуляторной недостаточности до первой степени в сигнальной точке поджелудочной железы [88].

Одним из наиболее методологически эффективных является применение ЭМИ КВЧ на рефлексогенные зоны заинтересованных органов, точки акупунктуры, соответствующие им, или зоны проекции этих органов. КВЧ-пунктура улучшает микроциркуляцию в заинтересованном суставе, происходит выравнивание градиента глубинной интегральной температуры больной и здоровой конечности, что подтверждается данными радиотермометрического исследования [89].

Как правило, в проводимых исследованиях по изучению биологического действия ЭМИ КВЧ используется облучение целого организма или изолированных органов, тканей, клеток. Поэтому уникальные эксперименты проведены А.А. Яшиным и Т.И. Субботиной [79] по исследованию процесса прямого воздействия ЭМИ КВЧ на открытый орган – печень. В опытной группе животных преобладали изменения в микроциркуляторном русле, выражающиеся в прогрессирующем усилении микроциркуляции с компенсированным оттоком крови.

Обращает на себя внимание тот факт, что ЭМИ КВЧ, также как и некоторые ЭМИ других диапазонов оказывает модулирующее действие на сосудистый тонус, в частности, понижает исходно повышенный сосудистый тонус и способствует облегчению затрудненного венозного оттока [90, 91]. Так, при КВЧ-терапии снижается тонус мелких артерий и артериол, что приводит к возрастанию количества функционирующих капилляров и увеличению их диаметра [92]. Увеличение кровенаполнения капилляров создает условия для адекватного транкапиллярного обмена [93]. Кроме того, в процессе КВЧ-терапии повышается исходно сниженный тонус вен, что приводит к сокращению их диаметра и, как следствие, к облегчению венозного оттока [94].

Таким образом, модулирующий сосудодвигательный эффект КВЧ-воздействия выражен в большей степени, вероятно, при исходно измененном состоянии сосудистого тонуса [87, 95].

2.4. Влияние ЭМИ оптического диапазона на процессы микроциркуляции крови

Известно нормализующее действие лазерного излучения на лимфо- и гемомикроциркуляцию в зоне воздействия [96, 97]. Различными методами исследования (фотоплетизмография, реовазография, осциллография и др.) было определено повышение скорости кровотока при воздействии на ткани низкоинтенсивным лазерным излучением (НИЛИ), а витальная микроскопия позволила точно установить реализацию эффекта лазерного воздействия в различных отделах микроциркуляторного русла. Было показано, что в процессе облучения в патологической ткани увеличивается число функционирующих

капилляров. Воздействие лазерным излучением на поврежденную ткань приводит к уменьшению интерстициального и внутриклеточного отека, что связано с повышением кровотока в тканях, активации транспорта веществ через сосудистую стенку, а также с интенсивным формированием сосудов, особенно капилляров. Таким образом, механизм активации регионарных микроциркуляторных процессов при действии НИЛИ заключается в увеличении количества функционирующих капилляров, ранее находившихся в резервном состоянии и/или активации ангиогенеза [98].

Методом высокочастотной ультразвуковой доплерографии было обнаружено, что воздействие видимого (385-750 нм), а также сочетанного видимого и инфракрасного (385-1700 нм) поляризованного света с интенсивностью 40 мВт/см² уже через 2 минуты после облучения пояснично-крестцовой зоны приводило к увеличению объемной скорости кровотока на 20-29%, а через 30 минут - на 35% в удаленных от места облучения тканях – коже кистей рук, что свидетельствует об улучшении микроциркуляции на системном уровне у больных сахарным диабетом 2-го типа с полинейропатией. Авторы предполагают, что световое воздействие инициирует появление в циркуляции эндогенных вазодилататоров, прежде всего, оксида азота [99].

При воздействии на открытый орган – печень непрерывным лазерным излучением с длиной волны 0,63 мкм и импульсным НИЛИ с длиной волны 0,89 мкм наблюдалось значительное увеличение кровотока в микроциркуляторном русле печени с компенсированным оттоком крови [100].

Использование в комплексном лечении нетяжелой внебольничной пневмонии НИЛИ 0,02—0,2 мДж/см² при гиперемическом типе нарушений микроциркуляции оказывало корригирующее действие на эндотелий-зависимый и нейрогенный механизмы вазорегуляции, что позволяет рекомендовать его добавление к стандартной фармакотерапии. В то же время, как применение лазерного излучения более высоких интенсивностей при аналогичной патологии, в частности 0,3—9,5 мДж/см² приводило к формированию стазического типа нарушений [101].

Можно сделать вывод, что излучение оптического диапазона, в частности НИЛИ, обладает вазотропным эффектом, причем биологический эффект определяется как интенсивностью, так и временем воздействия излучения на ткани.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время не вызывает сомнения тот факт, что ЭМИ различных диапазонов обладают выраженной биологической активностью, в том числе способствуют изменению процессов микроциркуляции. Однако сведения, касающиеся действия ЭМИ на процессы микроциркуляции крови крайне противоречивы. Так, ряд работ свидетельствует о вазодилататорном эффекте влияния ЭМИ [1, 10, 11], другие сообщают о вазоконстрикторном действии [2, 16, 17] и, наконец, третьи вообще констатируют отсутствие каких-либо эффектов [4, 8, 19 – 22].

Анализ литературных данных отечественных и зарубежных авторов позволяет утверждать, что невоспроизводимость результатов исследования может быть связана с рядом факторов.

Во-первых, известно, что величина биологического эффекта, или биотропность, связана с параметрами ЭМИ (частота, интенсивность, экспозиция, модуляция). Для решения вопроса о биологической значимости того или иного фактора важное значение имеют данные о минимальных значениях его интенсивности, при которой фиксируется биологический ответ. Однако вопрос о пороговом характере ответной реакции микроциркуляторных процессов на ЭМИ остается открытым. Вместе с тем, как показали результаты проведенных исследований, зарегистрирована биологическая активность в отношении изменения показателей микроциркуляции ЭМИ различных диапазонов достаточно низкой интенсивности [82]. Эти данные соответствуют современным представлениям о биологической эффективности сверхмалых или микродоз [102]. Выяснено также, что биологический эффект далеко не всегда возрастает с увеличением интенсивности ЭМИ, более того, применение ЭМИ высоких интенсивностей чаще вызывает негативные реакции со стороны микрососудистого русла [17]. Обращает на себя внимание также тот факт, что биологический эффект переменного ЭМИ зависит от частоты: действие ЭМИ только определенных частот вызывает биологический эффект, а на разных частотах эффект может иметь различный знак, то есть существуют «частотные окна», однако для каждой выделенной биоактивной частоты существует своя оптимальная интенсивность, при которой фиксируется максимальный биологический эффект [82]. Продолжительность воздействия также является важным фактором, определяющим величину и характер ответной реакции, развивающейся на действие ЭМИ.

Следовательно, полученные в ряде работ отрицательные эффекты действия ЭМИ на процессы микроциркуляции или вообще отсутствие статистически значимых результатов, могут быть связаны со сложной зависимостью биоэффективности поля от его параметров.

Во-вторых, биологическая эффективность ЭМИ зависит от свойств биологического объекта. Многочисленные исследования свидетельствуют о том, что изменение микроциркуляторных процессов под влиянием ЭМИ существенно зависят от особенностей биологического объекта. В экспериментальных исследованиях воздействовали на различные биообъекты: ткани и органы человека и животных (кожа конечностей [3, 4], мышцы [28] хвостовые сосуды [12] и др.), целостный организм. При этом, следует отметить, что в полной мере чувствительность к ЭМИ проявляется только у целостных организмов и значительно снижается у изолированных органов и тканей [103].

Анализ литературных данных убедительно демонстрирует зависимость изменений показателей микроциркуляции крови под влиянием ЭМИ от исходного функционального состояния биологического объекта. Большинство исследований, посвященных действию ЭМИ на периферическое кровообращение, свидетельствуют о гомеостатическом эффекте этого фактора, т.е. эффективность действия ЭМИ зависит от исходного сосудистого тонуса, приводя к его снижению

или повышению в случае исходно повышенного или сниженного соответственно. В связи с этим, у некоторых исследователей [28] сформировалось представление об отсутствии действия ЭМИ, если исходный сосудистый тонус находится в норме. Доказательством этому служат исследования, в которых не было отмечено изменения перфузии у здоровых людей при действии ПМП [4].

Кроме того, в доступной литературе нам не встретились исследования, демонстрирующие зависимость изменений процессов микроциркуляции от индивидуальной чувствительности человека и животных к ЭМИ. Однако вопрос о неодинаковой чувствительности различных биообъектов к ЭМИ перешел из теоретической в чисто практическую плоскость в связи с описанием феномена гиперчувствительности к электрическим и магнитным полям [104].

Таким образом, вполне понятно, что невоспроизводимость результатов исследования во многом определяется неодинаковой чувствительностью к действию ЭМИ человека и животных с различными индивидуально-типологическими особенностями.

В третьих, указанные противоречия могут быть вызваны использованием различной измерительной аппаратуры, различных методов для оценки показателей микроциркуляции и, как следствие, разными исследуемыми параметрами капиллярного кровотока.

Невоспроизводимость результатов исследований может быть связана и с другими причинами. В реальных условиях редко наблюдается изолированное действие одного какого-то фактора, как правило имеет место комбинированное воздействие различных факторов, суммарный эффект воздействия которых может быть различным.

В большинстве приведенных исследований, в связи с методическими особенностями исследования параметров микрокровоотока на животных, использовались различные виды анестетиков, оказывающие влияние на микроциркуляторную систему [105]. Так, например, в экспериментах на животных часто использовались кетамин, пенобарбитал, уретан, пропофол, известные своим действием на сосудистую систему. Однако вопрос о воздействии ЭМИ на механизм действия анестетиков, и как следствие, суммарное действие на сосудистую систему остается открытым в настоящее время.

Следует указать еще одну возможную причину противоречивости результатов экспериментальных и клинических исследований. В большинстве исследований, в связи с методическими трудностями, измерения показателей микроциркуляции проводят после воздействия ЭМИ, однако регистрация изменения изучаемых показателей во время действия ЭМИ позволит вскрыть механизмы биологического действия этого физического фактора.

Результаты настоящего литературного обзора свидетельствуют об эффективном использовании ЭМИ КВЧ для лечения заболеваний, в патогенезе которых отмечаются выраженные нарушения процессов микроциркуляции крови, однако они носят в основном описательный характер, в то время как экспериментальный материал практически отсутствует. В связи с этим, невозможно установить механизмы действия низкоинтенсивного мм-излучения на процессы

микрогемодинамики. Поэтому необходимы дополнительные исследования влияния ЭМИ КВЧ как на процессы микроциркуляции, так и на механизмы управления микрокровотоком, так как это предполагает большие перспективы для понимания механизмов биологического действия этого физического фактора, с одной стороны, а, с другой, более эффективного использования мм-терапии как с лечебной целью, так и для профилактики микроциркуляторных нарушений.

ВЫВОДЫ

1. Исследования воздействия ЭМИ разных диапазонов на показатели микроциркуляции являются относительно новыми и недостаточными, а результаты исследований весьма противоречивыми и плохо воспроизводимыми.
2. Действие ЭМИ на процессы микроциркуляции зависит от параметров воздействия (длина волны, интенсивность, частота, наличие или отсутствие поляризации, модуляции, экспозиция, локализация).
3. Микроциркуляторные эффекты действия ЭМИ зависят от свойств биологического объекта и определяются исходным состоянием сосудистого тонуса, оказывая гомеостатическое действие.
4. В большинстве исследований, в связи с методическими трудностями, измерения показателей микроциркуляции проводятся после воздействия ЭМИ, однако регистрация изменений изучаемых показателей во время действия ЭМИ позволит вскрыть механизмы биологического действия этого физического фактора.
5. Результаты литературного обзора свидетельствуют об эффективности использования ЭМИ КВЧ для лечения заболеваний, в патогенезе которых отмечаются выраженные нарушения процессов микроциркуляции.
6. Необходимы дополнительные исследования влияния ЭМИ КВЧ как на процессы микроциркуляции, так и на механизмы управления микрокровотоком, так как это предполагает большие перспективы для понимания механизмов биологического действия этого физического фактора.

Список литературы

1. Smith T. Microcirculatory effects of pulsed electromagnetic fields / T. Smith, D. Wong-Gibbons, J. Maultsby // Orthop. Res. – 2004. – №22. – P. 80–84.
2. Ueno S. Effects of alternating magnetic fields and low-frequency electric currents on human skin blood flow / S. Ueno, P. Lövsund, P. Oberg // Med. Biol. Eng. Comput. – 1986. – №24. – P. 57–61.
3. Effects of permanent magnet on resting skin blood perfusion unhealthy persons assessed by laser Doppler flowmetry and imaging / H. Mayrovitz, E. Groseclose, M. Markov [et al.] // Bioelectromagnetics. – 2001. – №22. – P. 494–502.
4. Mayrovitz H. No effect of 85 mT permanent magnets on laser-Doppler measured blood flow response to inspiratory gasps / H. Mayrovitz, E. Groseclose, D. King // Bioelectromagnetics. – 2005. – №26. – P. 331–335.
5. Effects of universal mobile telecommunications system (UMTS) electromagnetic fields on the blood-brain barrier in vitro / H. Franke, J. Streckert, A. Bitz [et al.] // Radiation Research. – 2005. – №164. – P. 258–269.

6. Lack of effects of 1439 MHz electromagnetic near field exposure on the bloodbrain barrier in immature and young rats / M. Kuribayashi, J. Wang, O. Fujiwara [et al.] // (Bioelectromagnetics. – 2005. – №26. – P. 578–588.
7. Permeability of the blood-brain barrier induced by 915 MHz electromagnetic radiation, continuous wave and modulated at 8, 16, 50, and 200 Hz / L.G. Salford, A. Brun, K. Sturesson [et al.] // Microscopy Research and Technique. – 1994. – №27. – P. 535–542.
8. Extremely low frequency pulsed electromagnetic field designed for antinociception does not affect microvascular responsiveness to the vasodilator acetylcholine / C.J. McKay, M. Corbacio, K. Tyml [et al.] // Bioelectromagnetics. – 2009. – №16 – P. 138–145.
9. Role of blood flow on RF exposure induced skin temperature elevations in rabbit ears / F. Jia, A. Ushiyama, H. Masuda [et al.] // Bioelectromagnetics. – 2006. – №26. – P. 163–172.
10. Miura M. Non-thermal vasodilatation by radio frequency burst-type electromagnetic field radiation in the frog / M. Miura, J. Okada // J. Physiol. – 1991. – №435. – P. 257–273.
11. Alteration of diurnal rhythms of blood pressure and heart rate to workers exposed to radiofrequency electromagnetic fields / S. Szmigielski, A. Bortkiewicz, E. Gadzicka [et al.] // Blood Press. Monit. – 1998. – №3(6). – P. 323–330.
12. Xu S. Acute effects of whole-body exposure to static magnetic fields and 50-Hz electromagnetic fields on muscle microcirculation in anesthetized mice / S. Xu, H. Okano, C. Ohkubo // Bioelectrochemistry. – 2001. – №53. – P. 127–135.
13. Xu S. Subchronic effects of static magnetic fields on cutaneous microcirculation in rabbits /S. Xu, H. Okano, C. Ohkubo // In Vivo. – 1998. – №12. – P. 383–389.
14. Biological effects of static magnetic fields on the microcirculatory blood flow in vivo: a preliminary report / S. Ichioka, M. Iwasaka, M. Shibata [et al.] // Med. Biol. Eng. Comput. – 1998. – №36(1). – P. 91–95.
15. Gmitrov J. Effect of 0.25 T static magnetic field on microcirculation in rabbits / J. Gmitrov, C. Ohkubo, H. Okano // Bioelectromagnetics. – 2002. – №23. – P. 224–249.
16. Resting blood pressure increase during exposure to a radio-frequency electromagnetic field / S. Braune, C. Wrocklage, C. Wrocklage [et al.] // Lancet. – 1998. – №351(9119). – P. 1857–1858.
17. High-intensity static magnetic fields modulate skin microcirculation and temperature in vivo /S. Ichioka, M. Minegishi, M. Iwasaka [et al.] // Bioelectromagnetics. – 2000. – №21. – P.183–188.
18. Skin temperature changes induced by strong static magnetic field exposure / S. Ichioka, M. Minegishi, M. Iwasaka [et al.] // Bioelectromagnetics. – 2003. – №24. – P. 380–386.
19. The effects of low-dosed and high-dosed low-frequency electromagnetic fields on microcirculation and skin temperature in healthy subjects / O. Schuhfried, G. Vacariu, H. Rochowanski [et al.] // Int. J. Sports Med. – 2005. – №26. – P. 886–890.
20. Wenzel F. Cutaneous Microcirculation is not altered by a Weak 50 Hz Magnetic Field / F. Wenzel, J. Reißweber, E. David // Biomedical Engineering. – 2006. – №50(1-2). – P. 14–18.
21. Effects of acute exposure to a 1439 MHz electromagnetic field on the microcirculatory parameters in rat brain / H. Masuda, A. Ushiyama, S. Hirota [et al.] // In Vivo. – 2007. – Vol. 21. – №4. – P. 555–562.
22. Jauchem J.R. Exposure to extremely-low-frequency electromagnetic fields and radiofrequency radiation: cardiovascular effects in humans / J.R. Jauchem // Int. Arch. Occup. Environ. Health. – 1997. – №70(1). – P. 9–21.
23. Neeman M. Structural, functional, and molecular MR imaging of the microvasculature / M. Neeman, H. Dafni // Ann. Rev. Biomed. Eng. – 2003. – №5. – P. 29–56.
24. Pittman R. Oxygen transport and exchange in the microcirculation / R. Pittman // Microcirculation. – 2005. – №2. – P. 59–70.
25. Popel A. Microcirculation and hemorheology /A. Popel, P. Johnson //Ann. Rev. Fluid Mech. – 2005. – №37. – P. 43–69.
26. Segal S. Regulation of blood flow in the microcirculation / S. Segal // Microcirculation. 2005. – №12. – P. 33–45.
27. Verdant C. How monitoring of the microcirculation may help us at the bedside / C. Verdant, D. De Backer // Curr. Opin. Crit. Care. – 2005. – №11. – P. 240–244.
28. Morris C. Static magnetic fields alter arteriolar tone in vivo / C. Morris, T. Skalak // Bioelectromagnetics. – 2005. – №26. – P. 1–9.

29. Okano H. Anti-pressor effects of whole-body exposure to static magnetic field on pharmacologically induced hypertension in conscious rabbits / H. Okano, C. Ohkubo // *Bioelectromagnetics*. – 2003. – №24. – P. 139–147.
30. Okano H. Effects of 25 mT static magnetic field on blood pressure in reserpine-induced hypotensive wistar-kyoto rats / H. Okano, H. Masuda, C. Ohkubo // *Bioelectromagnetics*. – 2005. – №26. – P. 36–48.
31. Okano H. Effects of 12 mT static magnetic field on sympathetic agonist-induced hypertension and hemodynamic changes in wistar rats. / H. Okano, C. Ohkubo // *Bioelectromagnetics*. – 2007. – № 28. – P. 369–378.
32. Blood-brain barrier permeability in rats is altered by exposure to magnetic fields associated with magnetic resonance imaging at 1.5 T / F. Prato, J. Wills, R. Frappier [et al.] // *Microsc. Res. Tech.* – 1994. – №27. – P. 528–534.
33. Magnetic resonance imaging temporarily alters blood-brain barrier permeability in the rat / R.R. Shivers M. Kavaliers, G.C. Teskey [et al.] // *Neurosci Lett.* – 1987. – №76(1). – P. 25–31.
34. Ushiyama A. Acute effects of low-frequency electromagnetic fields on leukocyte-endothelial interactions in vivo / A. Ushiyama, C. Ohkubo // *In Vivo*. – 2004. – №18. – P. 125–132.
35. Ushiyama A. Effects of subchronic exposure to extremely low frequency electromagnetic fields on tumor growth and angiogenesis in the mouse cranial window / A. Ushiyama, H. Masuda, C. Ohkubo // *Microcirculation annual*. – 2003. – P. 101–102.
36. Gmitrov J. Static magnetic field and verapamil effect on baroreflex stimulus-induced microcirculatory responses / J. Gmitrov // *Electromagn. Biol. Med.* – 2004. – №23. – P. 141–155.
37. Tenforde T.S. Magnetically induced electric fields and currents in the circulatory system / T.S. Tenforde // *Progress in Biophysics and Molecular Biology*. – 2005. – №87. – P 279–288.
38. Hinman M.R. Comparative effect of positive and negative static magnetic fields on heart rate and blood pressure in healthy adults / M.R. Hinman // *Clinical Rehabilitation*. – 2002. – №16. – P. 669–674.
39. Kuipers N.T. Influence of static magnetic fields on pain perception and sympathetic nerve activity in humans / N.T. Kuipers, C.L. Sauder, C.A. Ray // *Journal of Applied Physiology*. – 2006. – №102. – P. 1410–1415.
40. Cognitive, cardiac, and physiological safety studies in ultra high field magnetic resonance imaging / A. Kangarlou, R.E. Burgess, H. Zhu [et al.] // *Magnetic Resonance Imaging*. – 1999. – №17. – P. 1407–1416.
41. Effect of a static magnetic field on blood flow to the metacarpus in horses / P.F. Steyn, D.W. Ramey, J. Kirschvink [et al.] // *Journal of the American Veterinary Medical Association*. – 2000. – №217. – P. 874–877.
42. Martel G.F. Comparison of static and placebo magnets on resting forearm blood flow in young, healthy men / G.F. Martel, S.C. Andrews, C.G. Roseboom // *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. – 2002. – №32. – P. 518–524.
43. Gmitrov J. Geomagnetic disturbance worsen microcirculation impairing arterial baroreflex vascular regulatory mechanism / J. Gmitrov // *Electromagn Biol Med.* – 2005. – №24. – P. 31–37.
44. Ohkubo C. Acute effects of static magnetic fields on cutaneous microcirculation in rabbits / C. Ohkubo, S. Xu // *In Vivo*. – 1997. – №11. – P. 221–225.
45. Okano H. Decreased plasma levels of nitric oxide metabolites, angiotensin II and aldosterone in spontaneously hypertensive rats exposed to 5 mT static magnetic field / H. Okano, H. Masuda, C. Ohkubo // *Bioelectromagnetics*. – 2005b. – №26. – P. 161–172.
46. Okano H. Elevated plasma nitric oxide metabolites in hypertension: Synergistic vasodepressor effects of a static magnetic field and nicardipine in spontaneously hypertensive rats / H. Okano, C. Ohkubo // *Clinical Hemorheology and Microcirculation*. – 2006. – №34. – P. 303–308.
47. Okano H. Exposure to a moderate-intensity static magnetic field enhances the hypotensive effect of a calcium channel blocker in spontaneously hypertensive rats / H. Okano, C. Ohkubo // *Bioelectromagnetics*. – 2005. – №26. – P. 611–623.
48. Okano H. Effects of static magnetic fields on plasma levels of angiotensin II and aldosterone associated with arterial blood pressure in genetically hypertensive rats / H. Okano, C. Ohkubo // *Bioelectromagnetics*. – 2003. – №24. – P. 403–412.
49. Magnetic resonance imaging increases the blood-brain barrier permeability to 153-gadolinium Odiethylenetriamine-pentaacetic acid in rats / F. Prato, R. Frappier, R. Shivers [et al.] // *Brain Res.* – 1990. – №523. – P. 301–304.

50. Subchronic effects on leukocyte-endothelial interactions in mice by whole body exposure to extremely low frequency electromagnetic fields / A. Ushiyama, H. Masuda, S. Hirota [et al.] // *In Vivo*. – 2004. – №18. – P. 425–432.
51. Microwave hyperthermia and its effect on tumor blood flow in rats / S. Shrivastav, W. Kaelin, G.Jr. Joines [et al.] // *Cancer Research*. – 1983. – №43. – P. 4665–4669.
52. Sharma H.S. Hyperthermia induced pathophysiology of the central nervous system / H.S. Sharma, P.J. Hoopes // *International Journal of Hyperthermia* – 2003. – №19. – P. 325–354.
53. Sequential changes in cerebral blood flow, early neuropathological consequences and BBB disruption, following RF-induced localized hyperthermia in the rat. / Y. Ohmoto, H. Fujisawa, T. Ishikawa [et al.] // *Int. J. Hyperthermia*. – 1996. – №12(3). – P. 321–334.
54. Role of blood flow on RF exposure induced skin temperature elevations in rabbit ears / F. Jia, A. Ushiyama, H. Masuda [et al.] // *Bioelectromagnetics*. – 2006. – №26.
55. Aubineau P. Head exposure to 900 MHz microwaves induces plasma protein extravasation in the rat brain and dura mater at non-thermal SAR levels. In *Monografie Workshops: Influences of RF- and electromagnetic field interaction* / P. Aubineau, F. Tore // *Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik*. – 2005. – P. 82–83.
56. Electromagnetic fields (1.8 GHz) increase the permeability to sucrose of the blood-brain barrier in vitro / A. Schirmacher, S. Winters, S. Fischer [et al.] // *Bioelectromagnetics*. – 2000. – №21. – P. 338–345.
57. Nerve cell damage in mammalian brain after exposure to microwaves from GSM mobile phones / L.G. Salford, A.E. Brun, J.L. Eberhardt [et al.] // *Nviron. Health Perspect.* – 2003. – T.408. – №111. – P. 881–883.
58. Biological and morphological effects on the brain after exposure of rats to a 1439 MHz TDMA field / G. Tsurita, H. Nagawa, S. Ueno [et al.] // *Bioelectromagnetics*. – 2000. – №21. – P. 364–371.
59. Mayrovitz H.N. Effects of pulsed electromagnetic fields on skin microvascular blood perfusion / H.N. Mayrovitz, P.B. Larsen // *Wounds*. – 1992. – №4. – P. 197–202.
60. Mayrovitz H.N. A preliminary study to evaluate the effect of pulsed radio frequency field treatment on lower extremity peri-ulcer skin microcirculation of diabetic patients / H.N. Mayrovitz, P.B. Larsen // *Wounds*. – 1995. – №7. – P. 90–93.
61. Electromagnetic fields, such as those from mobile phones, alter regional cerebral blood flow and sleep and waking EEG / R. Huber, V. Treyer, A. Borbély [et al.] // *J. Sleep Res.* – 2002. – №11. – P. 289–295.
62. Effects of a 902 MHz mobile phone on cerebral blood flow in humans: A PET study / C. Haarala, S. Aalto, H. Hautzel [et al.] // *Neuroreport*. – 2003. – №14. – P. 2019–2023.
63. Acute effects of local exposure to radio-frequency electromagnetic fields on the cerebral microcirculation in rats / H. Masuda, A. Ushiyama, K. Wake [et al.] // *The 23rd Annual Meeting of Bioelectromagnetic Society Abstract Book*. – 2001. – P. 139–140.
64. Chronic effects of local exposure to radiofrequency electromagnetic fields on the cerebral microcirculation in rats / [H. Masuda, A. Ushiyama, K. Wake et al.]. – *Asia-Pacific Radio Science Conference Digest*, 2001. – 410 p.
65. Кудряшов Ю.Б. Биофизические основы действия микроволн / Кудряшов Ю. Б., Исмаилов Э. Ш., Зубкова С. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 160 с.
66. Adair E.R. Microwaves modify thermoregulatory behaviour in squirrel monkey / E.R. Adair B.W. Adems // *Bioelectromagnetic*. – 1980. – №1. – P. 1–20.
67. Королев Ю.Н. Роль локализации воздействия дециметровыми волнами на течение процессов регенерации / Ю.Н. Королев, Ю.К. Королев, П.З. Загорская // *Вопросы курортологии*. – 1985. – № 2. – С. 37–42.
68. Мкртчян Р.И. Санаторно-курортное лечение в медицинской и трудовой реабилитации больных с различными формами ишемической болезни сердца / Р.И. Мкртчян // *Физические методы восстановительного лечения больных ишемической болезнью сердца в курортных и во внекурортных условиях*. – М., 1980. – С. 23–25.
69. Оржешковский В.В. Магнитотерапия / В.В. Оржешковский, Н.Г. Гусев // *Клиническая физиотерапия*. – К., 1984 – С. 79–86.
70. Сорокина Е.И. Применение физических факторов в отдаленном послеоперационном периоде после хирургического лечения ишемической болезни сердца / Е.И.Сорокина, Отто М.П. // *Вопросы курортологии*. – 1985. – №9 (3). – С. 8–12.

71. Мухарлямов Н. М. Ранние стадии недостаточности кровообращения и механизмы ее компенсации / Н. М. Мухарлямов, В. Ю. Мареев. – М.: Медицина, 1978. – 248 с.
72. Боголюбов В.М. Общая физиотерапия / В.М. Боголюбов, Г.Н. Пономаренко. – М.–С-Пб.: Правда, 1996. – 480 с.
73. Актуальные вопросы немедикаментозного лечения заболеваний органов дыхательной, сердечно-сосудистой и нервной систем / А.Я. Дзюблик, Г.В. Капетан, Н.Н. Нодлинская [и др.]; под ред. С. С. Солдатченко. – Ялта, 1996. – С. 30–31.
74. Жуков Б.Н. Положительное влияние миллиметрового излучения низкой интенсивности на микроциркуляцию у мышей с аллоксановым сахарным диабетом / Б.Н. Жуков, Н.А. Лысов // Всеросс. конгресс. "Миллиметровые волны в биологии и медицине": Материалы. – М., 1997. – С. 120–121.
75. Ронкин М.А. Реография в клинической практике. / М.А. Ронкин, Л.Б. Иванов– М.: МБН, – 1997. – 403 с.
76. Бабов К.Д. Влияние ЭМИ частотой 59-68 ГГц на больных инфарктом миокарда в подострой стадии / К.Д. Бабов, С.А. Новиков // Вопр. курортол., физиотер. и леч. физкульт. – 1993. – №6. – С. 10.
77. Ситько С.П. Аппаратурное обеспечение современных технологий квантовой медицины / под ред. Ситько С.П., Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф. – К.: ФАДА ЛТД, 1999. – 199 с.
78. Бессонов А.Е. Способ миллиметрово-волновой терапии / А.Е. Бессонов, М.В. Балакирев // Вестник новых медицинских технологий. – 1998. – Т. 5, № 2. – С. 105 – 108.
79. 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.
80. Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности / под ред. Н.Д. Девяткова, М.Б. Голанта, О.В. Бецкого. – М.: Радио и связь, 1991. – 168 с.
81. Некоторые механизмы влияния миллиметрового излучения на патогенез нестабильной стенокардии / В.А. Люсов, Н.А. Волов, А.Ю. Лебедева [и др.] // Сб. докл. 10-й Рос. симпозиум с междунар. участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине»: – М., 1995. – С. 26–27.
82. Миллиметровые волны и живые системы / под ред. О.В. Бецкого, В.В. Кислова, Н. Н. Лебедевой. – М.: САЙНС-ПРЕСС, 2004. – 107 с.
83. Смирнова М.Ю. Состояние микроциркуляторного русла у больных инфарктом миокарда на фоне мм-терапии ЭМИ ММД: 13-й Рос. симпозиум с междунар. участием «Миллиметровые волны в медицине и биологии»: 1–3 декабря, 2003 г. / М.Ю. Смирнова, Н.Л. Волов, А.Ю. Лебедева. – М., 2003. – С. 72.
84. Сравнительное изучение клинической эффективности электромагнитных волн миллиметрового диапазона при облучении различных рефлекторных зон у больных с гастродуоденальными язвами / П.Я. Гапонюк, Т.Ю. Шерковина, Е.А. Юркова [и др.] // Миллиметровые волны в медицине: Сб. статей / под ред. Н.Д. Девяткова, О.В. Бецкого: том 1. – М., 1991. – С. 32–36.
85. Электромагнитное излучение миллиметрового диапазона как метод патогенетической терапии заболеваний сердечно-сосудистой системы / Т.В. Головачева, В.Д. Петрова, С.С. Паршина, [и др.] // "Миллиметровые волны в биологии и медицине". – 2000. – №1(17). – С.18–25.
86. Коррекция нейрососудистых расстройств электромагнитным полем ММ диапазона / И. Детлавс, Ю. Лавенделс, М. Мурниеце [и др.] // 11-й Российский симпозиум с международным участием "Миллиметровые волны в квантовой медицине" – М.: ИРЭ РАН, 1997. – С. 78–79.
87. Силантьева Е.С. Лечение хронического воспаления придатков матки (гемодинамические аспекты КВЧ-терапии): дисс. на соиск. уч. Ст. канд. мед. наук: спец. 14.00.01 "Акушерство и гинекология" / Е.С. Силантьева – М., 2000. – 20 с.
88. 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. – N 4(36). – С. 28–39.
89. 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.

90. Куницына Л.А. Сравнительная характеристика клинико-физиологического действия электромагнитного излучения миллиметрового и нанометрового диапазона при гипертонической болезни / Л.А. Куницына, С.В. Безрученко, Н.Н. Богданова // *Вопр. курортолог., физиотер. и леч. физкульт.* – 1998. – Т. 5. – С. 5–7.
91. Локшина О.Д. Состояние гемодинамики и изменение сократительной функции миокарда у больных стенокардией в процессе лечения КВЧ / О.Д. Локшина, Т.Б. Реброва // *Сб.: «Миллиметровые волны в медицине и биологии».* – М., 1989. – С. 41–42.
92. Запускалов И.В. Роль венозных сосудов в регуляции периферического кровообращения в норме и патологии.: автореф. дисс. . . докт. мед. / И.В. Запускалов. – Томск, 1995. – 39 с.
93. Соколов Б.А. Сравнительная оценка влияния электромагнитного поля крайне высокой частоты на церебральную гемодинамику у больных гипертонической болезнью при воздействии на различные рефлексогенные зоны / Б.А. Соколов, С.В. Безрученко, Л.А. Куницына // *Вопр. курортолог., физиотер. и леч. физкульт.* – 1998. – Т. 1. – С. 16–18.
94. Теппоне М.В. КВЧ-пунктура (крайневысокочастотная пунктура) / МВ. Теппоне. – М. : Логос, 1997. – С. 10–11.
95. Голант М.Б. КВЧ-радио-физические подходы к проблеме ускорения лечения локальных нарушений в организме, ослабленном возрастными или иными изменениями / М.Б. Голант, Л.Е. Гедымин, Л.Н. Новикова // *Материалы 10-го Российского Симп. с междунаро. участием "Миллиметровые волны в биологии и медицине"*. – М., 1995. – С.91–94.
96. Жуков Б.Н. Экспериментальное обоснование применения инфракрасного лазерного излучения в гепатологии / Б.Н. Жуков, Н.А. Лысов, С.П. Котова // *Лазерная медицина.* – 1999. – № 3(1). – С. 29–32.
97. Клебанов Г.И. Мембранные механизмы фотобиологического действия низкоинтенсивного лазерного излучения / Г.И. Клебанов // *Мембраны. Критические технологии.* – №6. – М.: ВНИИТИ, 2000. – С. 26–44.
98. Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения на микроциркуляцию и систему антиперекисной защиты при экспериментальном панкреатите / Ю.С. Винник, Д.В. Черданцев, А.А. Вахрунин [и др.] // *Методология флюометрии.* – 1999. – С. 69–79.
99. 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.
100. Терман О.А. Состояние микроциркуляции в печени при воздействии на нее низкоэнергетического лазерного излучения в красном и ближнем инфракрасном диапазонах спектра: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. / О.А. Терман. – М., 1995. – 18 с.
101. Кораблин П.Н. Нарушения микроциркуляции у больных пневмонией и их коррекция с применением низкоинтенсивного лазерного излучения: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. мед. наук: спец. 14.00.05 "Внутренние болезни" / П.Н. Кораблин. – Иваново, 2008. – 22 с.
102. Бурлакова Е.Б. Особенности действия сверхмалых доз биологически активных веществ и физических факторов низкой интенсивности / Е.Б. Бурлакова // *Российский химический журнал.* – 1999. – Т. XLIII. – № 5. – С. 3–11.
103. Пресман А.С. Электромагнитные поля и живая природа. / Пресман А.С. – М.: Наука, 1968. – 288 с.
104. Knave B. Hypersensitivity to electricity – a workplace phenomenon related to low frequency electric and magnetic fields / B. Knave, U. Bergqvist, R. Wibon // *In. Worldwide Achievement in Public and Occupational Health Protection Association.* – 1992. – P. 1121–1124.
105. Longnecker D. Microcirculatory actions of general anaesthetics / D. Longnecker, P. Harris // *Fed. Proc.* – 1980. – №39. – P. 1580–1583

Трибрат Н.С. Вплив електромагнітних випромінювань різного діапазону / Н.С. Трибрат, О.М. Чуян, М.Ю. Равасва // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 182-201.

У статті наведено огляд літературних даних що до впливу електромагнітних випромінювань різного діапазону на процеси мікрокровообігу.

Ключові слова: електромагнітні випромінювання, мікрокровообіг.

Tribrat N.S. Influence electromagnetic fields different ranges on processes of mircocirculation / N.S. Tribrat, E. N. Chuyan, M. Yu. Ravaeva // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 182-201.

In the article is presented a literature review about influence electromagnetic fields of different ranges on the process of the microcirculation.

Keywords: mircocirculation, electromagnetic fields.

Поступила в редакцию 16.11.2009 г.

УДК 612.822

ХАРАКТЕРИСТИКА И МЕХАНИЗМЫ ИМПУЛЬСНОЙ АКТИВНОСТИ НЕЙРОНОВ ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ

Черетаев И.В., Хусаинов Д.Р., Коренюк И.И., Гамма Т.В.

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

В работе суммированы литературные данные о нейронах подглоточного нервного комплекса виноградной улитки *Helix pomatia*. Приведена характеристика наиболее известных нейронов, рассмотрены возможные механизмы генерации в них ритмической и пачечной электрической активности.

Ключевые слова: нейроны моллюсков, пачечная активность, ритмическая активность.

Известно, что нейроны моллюсков являются адекватным и широко используемым объектом для нейрофизиологических, биофизических и нейрофармакологических исследований. Ионные механизмы электрогенеза и закономерности функционирования нейронов моллюсков принципиально сходны с таковыми для нейронов млекопитающих [1]. Данная модель используется и для исследования ионных механизмов действия различных фармакологических препаратов [2 – 4]. Значительное количество работ посвящено изучению нейронов виноградной улитки *Helix pomatia*, их морфологии, особенностям электрической активности [5 – 27], накоплено большое количество разрозненных и противоречивых данных.

Исходя из вышеизложенного, целью данной работы явились систематизация и обобщение результатов научных исследований нейронов виноградной улитки и механизмов их импульсной активности.

Общая характеристика нервной системы *Helix Pomatia*

Нервная система улиток рода *Helix* представляет собой систему, состоящую из надглоточного и подглоточного комплексов ганглиев, соединенных между собой коннективами. Вместе надглоточные и подглоточные ганглии образуют окологлоточное кольцо, с которым тесно связаны лежащие у основания пищевода парные буккальные ганглии, управляющие движениями глотки [28]. Надглоточный комплекс, или мозг, включает в себя два церебральных ганглия. Подглоточный комплекс состоит из семи ганглиев: дорзальную часть комплекса образуют ганглии висцеральной дуги – два плевральных, два париетальных и непарный абдоминальный, а вентральную – парные pedalные ганглии. Одиннадцать названных ганглиев дают начало многочисленным нервам, идущим к разным частям тела улитки. В каждом из ганглиев расположены нейроны, часть из которых

идентифицированы и имеют свой номер, под которым эти клетки известны в литературе [6, 28]. Каждая клетка обозначена сокращенным названием ганглия и порядковым номером, например, ППа1, ППа2, В1, В8 и т.д. (рис. 1, а). Также исследователями выделены группы мелких нейронов, которые обладают сходными свойствами, однако они неидентифицированы. Скопления однородных нейронов обозначаются заглавными буквами латинского алфавита: А, В, С и т. д. (рис. 1, б).

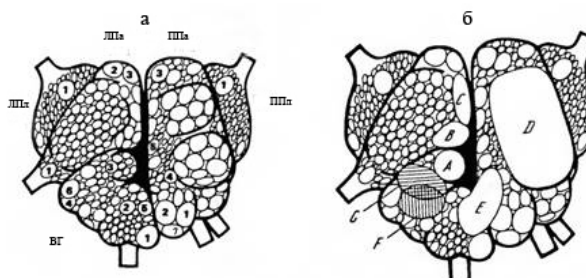


Рис. 1. Карты дорзальной поверхности париетальных, плевральных и висцерального ганглиев [28]. Цифрами отмечены идентифицированные нейроны (а), латинскими буквами обозначены группы нейронов (б). ЛПл, ППл – левый и правый плевральный ганглии; ЛПа и ППа – левый и правый париетальные ганглии, ВГ – висцеральный ганглий.

Характеристика идентифицированных нейронов

На основании данных литературы [2 – 4, 6 – 13, 18 – 20, 22 – 27] и наших собственных [14 – 17, 29 – 30] мы составили характеристику наиболее изученных нейронов правого париетального (ППаГ) и висцерального ганглиев (ВГ) *Helix pomatia*.

Нейрон ППа1 является самым крупным (достигает 300 мкм) в заднемедиальной доле ППаГ (рис. 1), всегда примыкает к правой границе доли, к складке, отделяющей долю от латеральной области ганглия. Эта клетка обычно более бледная и прозрачная, чем другие гигантские нейроны. Основная масса разветвлений её аксодендритного дерева находится в ВГ, а небольшая часть расположена в правом париетальном ганглии (ППаГ) [2, 28].

Нейрон ППа1 легко идентифицировать не только по локализации, но и по электрофизиологическим показателям: залповому (пачечному) типу активности, мембранному потенциалу (МП) в пределах -45 – -60 мВ, потенциалу действия (ПД) с амплитудой до 100 мВ и выше, большим овершотом и задержкой на нисходящей фазе (рис. 2). Для данного нейрона характерен богатый синаптический приток, проявляющийся как в возбуждающих постсинаптических потенциалах (ВПСП), так и в тормозных постсинаптических потенциалах (ТПСП). По современным представлениям ППа1 – пептидергическая нейросекреторная клетка, для которой предсердие служит местом выделения особого, синтезируемого только этим нейроном нейрогормона в кровоток [12]. Необходимо отметить, что нейрон ППа1 не всегда работает в пачечном режиме: в период зимней и летней спячки улиток медленные волны МП не наблюдаются, а возникают лишь при переходе моллюска к активному образу жизни или при добавлении во внеклеточный раствор Са-

ионофора или серотонина [2]. Пачечная его активность подвержена влияниям солнечных и лунных ритмов. Кроме того, нейрон ППа1 иногда может генерировать одиночные импульсы, либо совсем не проявлять импульсной активности, даже после прокола микроэлектродом его мембраны.

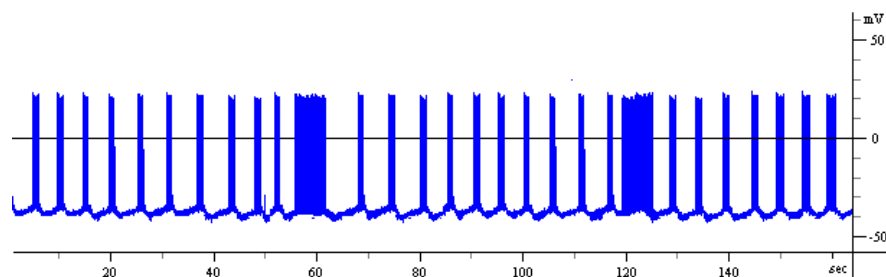


Рис. 2. Импульсная активность нейрона ППа1.

Существует несколько гипотез нейрофизиологов, объясняющих механизм возникновения пачечной активности нейрона ППа1.

Первая гипотеза предполагает [17, 31], что пачечный ритм имеет эндогенное происхождение. Пачечные нейроны ППа1 имеют два специфичных тока: медленный натриевый и медленный калиевый. Установлено, что фаза деполяризации волн МП в пачечном нейроне ППа1 связана с повышенной натриевой стационарной потенциалозависимой проводимостью мембраны. Эта проводимость создаёт постоянную тенденцию мембраны нейрона к деполяризации. Высокая проводимость для ионов натрия в покое и медленный натриевый ток взаимодействуют таким образом, что обеспечивают развитие деполяризационного межзальпового пейсмекерного потенциала, который сдвигает мембранный потенциал к порогу и запускает пачку ПД [17]. В свою очередь, эти процессы способствуют возрастающей активации медленного калиевого тока, который вызывает гиперполяризацию мембраны клетки и прекращает залповый разряд. Искусственная деполяризация нейрона ППа1 не приводит к появлению пачечной активности. Это служит подтверждением наличия в клетке эндогенного осциллятора для генерации пачечного ритма [31].

Согласно второй гипотезе [11, 18 – 19], пачечная активность нейронов ППа1 имеет экзогенное происхождение и связана с постоянной активацией пептидэргических входов клетки в нейроне ППа1 нейропептидом, который обнаружен в гомогенате мозга *Helix pomatia* и секретируется неидентифицированным интернейроном, расположенном вблизи нейрона ППа1. Ионы кальция при этом не играют существенной роли в генерации волн медленной деполяризации, но принимают участие в секреции модулирующего фактора из пресинаптических терминалей пептидэргического интернейрона, расположенных на соме или на аксодендритном дереве нейрона ППа1. Модулирующий фактор, воздействуя на соответствующие рецепторы, стимулирует аденилат- и гуанилатциклазу, локализованную в его мембране. Вызванное этим повышение уровня циклического аденозинмонофосфата (цАМФ) и циклического

гуанозинмонофосфата (цГМФ) в цитоплазме нейрона ППа1 через систему протеинкиназ активирует стационарные натриевые ионные каналы и каналы, зависящие от потенциала и времени, которые и являются ответственными за генерацию пачечной активности. При этом допускается, что пептидэргический нейрон не может быть ответственным за постоянную генерацию нейроном ППа1 пачечной активности, так как в большинстве препаратов он не имеет собственной активности. Высказано предположение [18] о существовании интернейрона(ов) с аналогичными свойствами, непрерывно генерирующего(их) ПД. Гиперполяризация такого (таких) интернейрона(ов) предотвращает генерацию ПД и должна приводить к ослаблению пачечной активности в нейронах ППа1. Установлено также, что в центральном пространстве ВГ расположена неидентифицированная клетка, которая осуществляет тормозное влияние на ППа1 [14, 29]. Следствием внутриклеточной стимуляции данной клетки оказалось развитие угнетения генерации импульсной активности ППа1 (рис. 3). Выраженное угнетающее влияние наиболее четко наблюдалось в том случае, когда моменты стимуляции нейрона ВГ по времени совпадали с развитием межпачечной гиперполяризации. При этом, продолжительность последней увеличивалась, за счет замедления восстановления исходного мембранного потенциала и ожидаемая генерация пачки ПД не наблюдалась. При совпадении моментов стимуляции нейрона ВГ с генерацией спонтанной пачки клеткой ППа1, угнетающий эффект, как правило, не проявлялся. Учитывая этот факт и то, что при стимуляции нейрона ВГ у ППа1 отсутствовала транссинаптическая гиперполяризация мембраны, выдвинуто предположение [29], что влияние нейрона ВГ на ППа1 не прямое, а опосредованное другими нейронами.

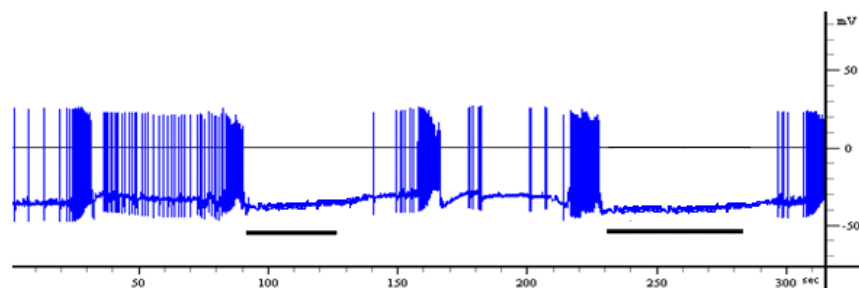


Рис. 3 Изменение активности нейрона ППа1 во время стимуляции нейрона ВГ [29]. Линией подчеркнут период стимуляции.

В экспериментах с гель-фильтрацией было показано, что модулирующий фактор имеет молекулярную массу между 700 и 5000 Д [19]. Из известных пептидов только вазопрессин и окситоцин имеют молекулярную массу в таких пределах. И они обладают сходным с иницирующим фактором воздействием на пачечные нейроны. Для доказательства экзогенного характера пачечной активности нейрона ППа1 использовали изоляцию нейрона [18]. Для того чтобы перерезка коннективы, а тем более механическая изоляция клетки не привели к необратимым нарушениям

механизма генерации пачек ПД, на этот нейрон кратковременно апплицировали окситоцин. Спустя 20-30 мин, по мере ретракции сохранившейся части аксодендритного дерева сомой, способность нейрона генерировать пачечную активность уменьшалась, и после этого аппликация окситоцина вызывала лишь деполяризацию клетки и генерацию не организованных в пачки ПД. Таким образом было доказано, что генерация пачечной активности в нейроне ППа1 имеет экзогенное происхождение [18].

Авторами третьей гипотезы показано участие гликолитического осциллятора в механизме генерации пачечной активности так же, как и для мономодальной ритмической активности [4]. Установлено, что воздействие на систему циклических нуклеотидов при внутриклеточных инъекциях производных цАМФ и внеклеточном приложении ингибиторов фосфодиэстеразы циклических нуклеотидов приводит к усилению пачечной активности нейронов ППа1 [4, 16], а приложение выделенного из ганглиев пептида вызывает возрастание уровня цАМФ в нервной системе моллюска. Например, теофеллин ингибирует как фосфодиэстеразу цАМФ, так и фосфодиэстеразу цГМФ, т. е. вызывает повышение уровня цАМФ и цГМФ в цитоплазме клетки [4]. В нашей лаборатории показано, что применение активатора фосфодиэстеразы цАМФ – имидазола вызывало подавление пачечной активности ППа1, блокируя фазу деполяризации [16], а использование активатора гуанилатциклазы – нитропрусида натрия вызывало существенное усиление фазы гиперполяризации [30].

Эти данные [4, 15, 16, 30] позволяют полагать, что генерация ритмоводящих потенциалов и возникновение пачек ПД у нейрона ППа1 в конечном счете отражают состояние системы: аденилатциклаза - цАМФ (гуанилатциклаза - цГМФ) и влияние на них соединений нейромедиаторной или нейрогормональной природы, секретируемых другими нейронами. При этом соответствующие рецепторы нейронов должны обладать необходимыми стационарными свойствами, либо секретирующие нейроны должны генерировать активность с большим постоянством [13].

Итак, вторичные посредники контролируют функциональное состояние клетки, а значит, от них в значительной мере зависит её исходная пластичность. И, более того, эффекты подавляющего большинства химических соединений реализуются через систему этих же вторичных посредников.

Нейрон ППа2 – гигантская, оранжево-прозрачная клетка. Она локализована возле щели, разделяющей ППаГ и ВГ (рис 1, а). Аксодендритное дерево нейрона ППа2, как и ППа1, имеется только в паллиальных нервах. Нейрон ППа2 является командным нейроном и вызывает сокращение ипсилатеральной половины тела, мантийного валика, дыхальца улитки [9].

Для данной клетки характерно спонтанное появление двухфазного возбуждающе-тормозящего постсинаптического потенциала (ПСП), который, кстати, коррелирует с развитием торможения в нейроне ППа1 [5]. Следует отметить, что у ППа2 наблюдаются колебания МП, однако их выраженность по сравнению с таковыми у нейрона ППа1, значительно меньшая (рис. 4) [35]. Уровень МП находится в пределах 35 – 45 мВ, ПД с аксонным и соматическим компонентами и в отличие от нейрона ППа1, на ПД отсутствует задержка на

нисходящей фазе. Следует указать на то, что для нейрона ППа2 типичной является ритмическая активность, представляющая собой последовательность одиночных ПД с мономодальным распределением межимпульсных интервалов (МИИ) [3], однако она изменчива. Длительность межспайковых интервалов у нейрона ППа2 зависит от номера ПД по параболическому закону, а амплитуда и частота осцилляций МП плавно изменяются при поляризации мембраны. Это свидетельствует в пользу ритмоводящего характера электрической активности данного нейрона [9]. Показано, однако, что иногда нейрон ППа2 спонтанно или в условиях приложения теофиллина способен генерировать так называемую медленную пачечную активность [3]. При этом теофиллин приводит к повышению концентрации цАМФ и цГМФ в нейроне, ингибируя соответствующие фосфодиэстеразы; цАМФ через цепь реакций активирует ионные каналы, ответственные за деполяризацию (возможно натриевые), а цГМФ – каналы, принимающие участие в фазе гиперполяризации (возможно, для ионов калия), что и обеспечивает генерацию медленной пачечной активности нейроном ППа2. После полной изоляции сомы этой клетки с остатком аксодендритного дерева данный нейрон длительное время продолжает генерировать спонтанную ритмическую активность, параметры которой близки к наблюдаемым в интактном ганглии. Таким образом, активность нейрона ППа2 считается пейсмекерной и имеет эндогенное происхождение/

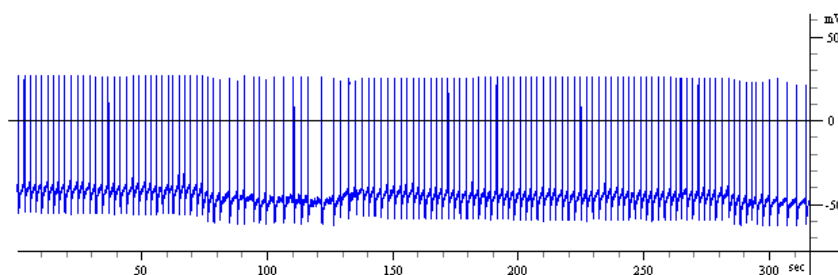


Рис. 4. Импульсная активность нейрона ППа2.

Известно [20, 31], что мембрана ритмически мономодальных нейронов моллюска генерирует шесть токов:

- ток, связанный с электрогенным натриевым насосом;
- стационарные потенциалуправляемые натриевый (и/или кальциевый) и калиевый токи;
- кальцийзависимый калиевый ток (ток задержанного выпрямления);
- ранний калиевый ток;
- относительно большой ток покоя по каналу g_{Na} (не зависящий от напряжения), который смещает МП в сторону деполяризации.

В спонтанном синаптическом притоке есть отдельные и залповые ВПСР, имеются также ТПСР, которые достаточно редко можно зарегистрировать в фоне [1].

При регистрации ритмической активности мономодальных нейронов иногда наблюдается генерация волн МП. В настоящее время физиологи выделяют три вполне приемлемые гипотезы, объясняющие механизм генерации волн МП:

- деполяризация МП вызывается ионами Na и/или Ca, а гиперполяризация - потенциалзависимой калиевой проводимостью, активируемой при деполяризации мембраны [1, 32];

- деполяризация МП вызывается ионами Na и Ca, а гиперполяризация - кальций активируемой калиевой проводимостью[33];

- деполяризация и гиперполяризация МП связаны с функционированием гликолитического осциллятора. При этом подкисление цитоплазмы вызывает деполяризацию мембраны, а уменьшение примембранного уровня АТФ активирует калиевую проводимость и приводит к гиперполяризации мембраны [27, 31, 34 – 35].

В отличие от молчащих клеток мембрана ритмически активных мономодальных нейронов ППа2 обладает повышенной стационарной или слабоинактивируемой натриевой проводимостью. В результате этого происходит постепенное снижение МП и при достижении порогового уровня возникают ПД. Но такая дополнительная натриевая проводимость препятствует инактивации входящего тока и в результате этого МП неуклонно растёт, амплитуда ПД уменьшается, пока импульсы не исчезают совсем. При этом не только на нейронах, но и на клетках других возбудимых тканей показано, что ионы натрия способны изменять процессы мембранного транспорта. Однако, в реальности такого не наблюдается, а значит, существуют процессы, конкурирующие либо прерывающие деполяризацию мембраны. И действительно был обнаружен ранний калиевый ток [32], который прекращает деполяризацию мембраны. Данный калиевый ток активируется вблизи потенциала покоя, но затем, он достаточно быстро инактивируется. Инактивация раннего калиевого тока и активация натриевого тока приводят к плавной деполяризации мембраны (пейсмекерный потенциал) и при достижении порога - к генерации ПД [32]. Значительную роль в пейсмекерной активности нейронов отводят ионам кальция, которые участвуют в регуляции ионной проницаемости клеточных мембран и запускают многочисленные внутриклеточные процессы. Ионы кальция задействованы в проведении сигналов от структур плазматической мембраны к внутриклеточным ферментам (Ca^{2+} -мессенджерная система), в контроле клеточной возбудимости, синаптической передачи и т. д. [5, 31].

Концентрация Ca^{2+} внутри нейрона ППа2 регулируется функциональной активностью многих структур как плазматической мембраны, так и мембран внутриклеточных органелл. Выделяют два основных способа повышения концентрации Ca^{2+} в нервных клетках: проникновение кальция из внеклеточной среды через кальциевые каналы плазмалеммы и его высвобождение из внутриклеточного депо [33, 39].

Входящий кальциевый ток передает сигнал от мембраны вглубь цитоплазмы, где Ca^{2+} связывается с различными органическими молекулами в том числе и со структурными элементами ионных каналов, обуславливая возбудимость клеточной мембраны.

Считается [28], что во время генерации ПД поток Ca^{2+} в цитоплазму клетки может активировать Ca^{2+} -активируемую калиевую проводимость или же ингибировать Ca^{2+} -ингибируемую стационарную калиевую проводимость и, таким образом, вызывать фазу гиперполяризации. Кроме того, предполагается, что стационарный кальциевый ток через низкопороговые кальциевые Т-каналы создает постоянную электродвижущую силу, вызывающую деполяризацию мембраны, и, соответственно, ритмоводящую активность.

Существует и другое представление о генерации ритмической активности [27, 33–35] согласно которому, центральная роль в генерации ритмической активности отводится функционированию гликолитического осциллятора. Известно, что ключевой фермент гликолитического цикла -фосфофруктокиназа (ФФК), который катализирует превращение фруктозо-6-фосфата во фруктозо-1,6-дифосфат (ФДФ), аллостерически регулируется различными метаболитами этого цикла. Аденозинмонофосфат и аденозиндифосфат, а также его собственный субстрат - фруктозо-6-фосфат активируют фермент, а аденозинтрифосфат - ингибирует. Если учесть, что конечным продуктом ФДФ является АТФ, а сам АТФ расходуется как клеткой, так и непосредственно ФФК, то можно представить, как возникают осцилляции концентраций метаболитов в такой системе. А именно: аллостерические эффекторы, которые активируют систему ФФК -ФДФ либо вызывают ритмические разряды, либо учащают ритмическую активность, тогда как тормозные эффекторы ослабляют ее [40, 41]. С циклом ФФК - ФДФ связаны медленные осцилляции МП. Наличие таких осцилляций в бесклеточной системе показано экспериментально в экстракте скелетной мышцы [27].

В качестве ритмоводителя особое внимание уделяется аксондендритному дереву нейронов улитки, а также протончувствительным ионным каналам [26, 37 – 38]. В зоне Е ВГ обнаружена нервная клетка, которая моносинаптически возбуждала нейрон ППа2 [17]. Стимуляция этой клетки одиночными толчками входящего тока вызывала у нейрона ППа2 генерацию одного-двух внеочередных импульсов (рис. 5, Б). При этом их частота увеличивалась в 2-3 раза. Выявлены также эффекты увеличения ритмической активности нейрона ППа2 в сериях стимуляции клетки ВГ, зависящие от частоты (рис. 5, А).

Справа от нейрона ППа1 располагается нейрон диаметром около 200 мкм, который обозначают как ППа7. Для нейрона ППа7 типичными считаются относительно высокочастотная электрическая активность и быстрое развитие ПД (продолжительность не более 10 мс), такая активность обусловлена интенсивным синаптическим притоком (рис.6). В большинстве препаратов нейрон ППа7 имеет крайне неустойчивую и нерегулярную активность. Один из отростков нейрона ППа7 проходит в составе анального нерва. Особенностью данной клетки, существенно отличающей ее практически от всех других клеток в исследуемом ганглии, является малая величина кадмийчувствительного кальциевого тока, в 30-50 раз меньшая, чем у остальных нейронов такого же размера. Это является основной причиной малой продолжительности его ПД. Установлено, что нейрон ППа7 является пейсмекерным, так как при искусственной стимуляции способен генерировать разряды с высокой для клеток виноградной улитки частотой (до

30 Гц), причем такие разряды практически не проявляют адаптации к поляризующему току [7]. К настоящему времени функция нейрона ППа7 пока неизвестна.

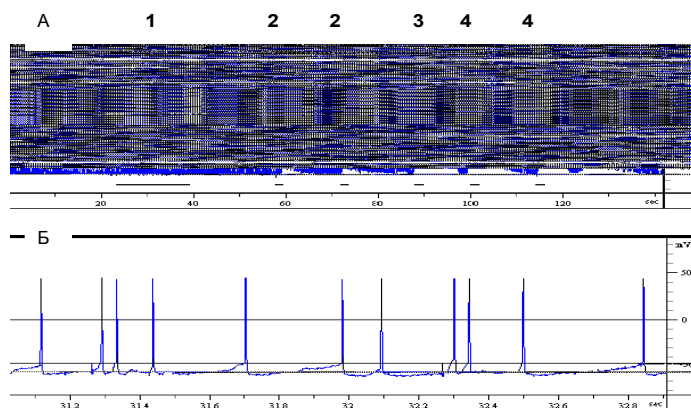


Рис. 5. Ответы нейрона ППа2 на стимуляцию пресинаптического нейрона ВГ одиночными стимулами [29]. А – общий вид, линией обозначен период стимуляции 1 – эффекты при раздражении клетки ВГ одиночными стимулами, 2 – сериями с частотой 11 Гц, 3 – 22 Гц, 4 – 30 Гц. Б – увеличенный фрагмент (А 1), артефакт – момент стимуляции.

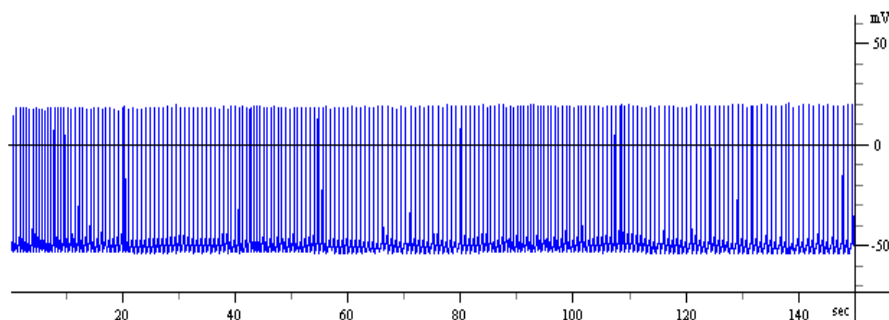


Рис.6. Импульсная активность нейрона ППа7.

При одновременной регистрации активности в нейронах ППа1 и ППа7 выявлена корреляция функционирования этих нейронов. Это выражается в синхронном развитии медленной деполяризации мембраны нейрона ППа7 и изменениями в активности нейрона ППа1 [12]. Исходя из того, что пачечная активность в нейроне ППа1 возникает при действии на его рецепторы специфического соединения, секретируемого интернейроном, можно предположить, что это же соединение действует и на рецепторы нейрона ППа7, вызывая в нем деполяризацию.

Среди нейронов ВГ идентифицированы **В1 - В8**, поэтому целесообразно их кратко охарактеризовать. Данные представлены по Сахарову Д.А. [28], Коваль Л.М., Кононенко Н.И. [7] и Иерусалимскому В.Н [2].

Крупная, прозрачная, умеренно пигментированная клетка **B1** занимает угловое положение заднеправой стороны висцерального ганглия (Рис.1, А). Клетка не проявляет спонтанной активности. Величина потенциала покоя (ПП) находится в пределах 45-50 мВ, ПД около 8 мВ и длительностью 15 мс.

Прозрачная, непигментированная клетка **B2** имеет средние размеры, находится поверх корешка интестинального нерва и окружена мелкими пигментированными нейронами (рис. 1, А). Проявляет частую спонтанную активность.

Крупная белая клетка **B3** (рис. 1, А) нерегулярно активна, имеет ВПСП и ТПСП, ПД двухкомпонентные с большим овершутом и задержкой на нисходящей фазе.

Нейроны B4 и B5 достаточно крупные по размеру (рис. 1, А). Клетка B4 хорошо пигментирована, но имеется не у всех особей. Для неё характерна довольно регулярная активность, которая определяется богатым притоком ВПСП, создающим постоянный фон деполяризации. ТПСП нет. ПД двухкомпонентные, не большие (до 50-70 мВ), с небольшим овершутом. Показано, что нейрон B5 по своим физиологическим характеристикам соответствует клетке ППа2, для него характерен МП около 35-45 мВ, ПД с аксонным и соматическим компонентами и без задержки на нисходящей фазе (амплитуда соматического потенциала близка к 70-80 мВ).

Клетка **B6** [2] расположена ближе к левому париетальному ганглию, на краю выпуклой доли в задней части висцерального ганглия (рис. 1, А). Для данного нейрона характерна меняющаяся активность и обилие синаптического притока, в котором выделяются крупные ВПСП и приходящие сериями крупные ТПСП. Этой клетке присуща изменчивость амплитуды потенциалов действия.

Нейрон B7 имеет значительные размеры, беловатый цвет, характерный для пептидергических клеток, главный отросток, направленный в интестинальный нерв, и специфическую пачечную активность. Нейрон B7, так же, как и нейрон ППа1, может демонстрировать пачечную или ритмическую активность, состоящую из одиночных ПД с мономодальным распределением МИИ; либо его собственная активность отсутствует. Считают, что ритмоводящая активность нейрона B7 не является эндогенной и связана с постоянной активацией пептидэргических входов данной клетки нейропептидом, который обнаружен в гомогенате мозга *Helix pomatia* и секретируется неидентифицированным интернейроном, расположенном вблизи нейрона ППа1 [15, 16].

Интернейрон **B8** имеет высокий уровень ПП ($\approx$ -70 мВ), высокий порог генерации ПД и является пептидергическим. По данным [25, 28] этот интернейрон имеет две аксонные ветви, одна из которых направлена в интестинальный нерв, а другая – в анальный и моносинаптически контактирует с нейроном ППа1. Обладает мономодальной ритмической активностью, которая тормозится при активации интернейрона.

Общая характеристика групп неидентифицированных нейронов

По данным литературы [28] известно семь групп неидентифицированных нейронов *Helix pomatia*: А, В, С, D, Е, F и G (рис 1, Б).

Группы нейронов А и В включают белые клетки, расположенные в области переднего конца висцерального ганглия так, что их часть (группа А) попадает в

состав висцерального, а часть (группа В) – в состав левого париетального ганглия (Рис. 1, Б). Клетки этих групп обычно имеют нерегулярную активность. При деполяризации ведут себя как мономодальные осцилляторы. Имеют ВПСП и отдельные небольшие ТПСП [28]. Это нейроны, имеющие потенциал действия с аксонным и соматическим компонентами, причем у последнего большой овершут и задержка на нисходящей фазе. Размеры клеток в разных препаратах изменчивы, но обычно небольшие (не более 50-60 мкм).

В состав **группы С** (рис. 1, Б) входит небольшое число крупных белых клеток, расположенных вдоль медиальной границы левого париетального ганглия. Исследованы слабо и соответствуют по своим характеристикам клеткам групп А и В.

Клетки **группы D** (рис. 1, Б) бледные, реже белые, размером до 150 мкм и образуют выпуклую долю в правом париетальном ганглии. Размеры и позиция доли изменчивы, иногда складка делит ее на две доли. Но при всей изменчивости эти клетки всегда лежат латеральнее области, занятой клетками ППа1, ППа2 и ППа4. Число клеток этой группы – около 30. Клетки группы D обладают отчетливо выраженной способностью генерировать потенциалы действия в безнатриевой среде [28]. Потенциал действия двухкомпонентный, соматический компонент может отсутствовать, но такое наблюдается редко. Соматический компонент имеет большой овершут и задержку на нисходящей фазе. Длительность потенциала не менее 30 сек. Клетки молчат или имеют редкую активность. После залпа активности может развиваться глубокая, до 70 мВ, гиперполяризация.

Некомпактное скопление относительно небольших, пигментированных клеток, лежащее в правом париетальном ганглии позади коннектива, связывающего этот ганглий с висцеральным, образуют **группу Е** (рис. 1, Б). Характерный признак – быстрая аккомодация к деполяризующему току.

К **группе F** относят крупные пигментированные нейроны, лежащие в заднелатеральной части висцерального ганглия (рис. 1, Б). Для нейронов этой группы характерна довольно регулярная активность, которая определяется богатым притоком ВПСП, создающим постоянный фон деполяризации. ТПСП нет. Потенциалы действия двухкомпонентные, не большие (до 50-70 мВ), с небольшим овершутом.

Для крупных или средних размеров клеток **группы G** часто характерна многокомпонентная спайковая активность. Генерация потенциалов действия имеет место в нескольких аксонных ветвях, тогда как сома неактивна. Характерный признак – тормозное действие серотонина (у зимних улиток). Клетки этой группы расположены на дорзальной поверхности висцерального ганглия и смешаны с другими нейронами, в частности, с относящимися к группе F (рис. 1, Б) [28].

ВЫВОДЫ

1. Для классификации нейронов используют целый набор индивидуальных признаков: визуальные, электрофизиологические, медиаторные, морфологические, функциональные. Большое значение для идентификации нейронов имеют такие электрические характеристики как величина ПП и ПД, длительность ПД, тип электрической активности, её цикличность, наличие

- ВПСП и ТПСР. Лучше остальных изучены нейроны правого париетального и висцерального ганглиев подглоточного комплекса *Helix pomatia*.
2. Для нейронов виноградной улитки характерны два вида импульсной активности – пачечная и ритмическая. Существуют различные гипотезы, объясняющие механизмы их возникновения в нейронах. Основные из них акцентируют внимание на вкладе ионных токов натрия, калия и кальция, системы вторичных посредников (участие гликолитического осциллятора), а также регуляции импульсной активности с помощью других нейронов (наличие синаптических связей). По-видимому, все вышеперечисленные факторы действительно играют значительную роль в формировании импульсной активности. Эти представления дополняют друг друга, создавая целостную картину функционирования нейронов. Необходимы экспериментальные данные для дальнейшей проверки достоверности всех вышеперечисленных гипотез.
 3. Механизмы функционирования нейронов виноградной улитки до конца не ясны, остаётся много белых пятен, и проблема требует дальнейшего всестороннего изучения.

Список литературы

1. Kononenko N.I. Dissection of a model for membrane potential oscillations in bursting neuron of snail, *Helix pomatia* / N.I. Kononenko // Comp. Biochem. Physiol. – 1994. – Vol. 107A. – P. 323–332.
2. Нервная система и картирование нейронов брюхоного моллюска *Helix lucorum* / В.Н. Иерусалимский, Е.С. Захарова, Т.А. Палихомова [и др.] // Журнал Высшей нервной деятельности. – 1992. – Т. 42, №6. – 1077–1086.
3. Кононенко Н.И. Влияние теofilлина на электрическую активность нейрона ППа2 виноградной улитки / Н.И. Кононенко // Нейрофизиология / Neurophysiology – 1981. – Т.13, №6. – С. 655–658.
4. Кононенко Н.И. Влияние теofilлина на электрическую активность пачечного типа в идентифицированном нейроне виноградной улитки / Н.И. Кононенко // Нейрофизиология / Neurophysiology – 1981. – Т.13, №1. – С. 75–79.
5. Дятлов В.А. Влияние ионов кальция на ацетилхолининдуцируемый ток в нейронах моллюска / В.А. Дятлов, А.В. Платонин // Нейрофизиология / Neurophysiology – 1990. – Т. 22, № 4. – С.553–556.
6. Карпенко Л.Д. Реакции идентифицированных нейронов улитки на действие медиаторных веществ / Карпенко Л.Д., Орлов В.И., Ароян Е.В. – Ростов-на-Дону, 1988. – 77 с.
7. Коваль Л.М. Новые идентифицированные клетки виноградной улитки, связанных с генерацией ритмоводящей активности / Л.М. Коваль, Н.И. Кононенко // Журнал высш. нерв. деят. – 1992. – Т.42, №6. – С.112–1131.
8. Кононенко Н.И. Изменчивость электрической активности нейрона ППа1 виноградной улитки / Н.И. Кононенко // Нейрофизиология / Neurophysiology – 1981. – Т. 13, № 4. – С. 398–405.
9. Кононенко Н.И. Изменчивость электрической активности нейрона ППа2 виноградной улитки / Н.И. Кононенко // Нейрофизиология / Neurophysiology – 1981. – Т. 13, № 4. – С. 406–412.
10. Кононенко Н.И. Исследование ионных механизмов пачечной активности в нейронах виноградной улитки / Н.И. Кононенко // Нейрофизиология / Neurophysiology – 1977. – Т. 9, № 6. – С. 606–612.
11. Кононенко Н.И. Электрическая связь между двумя пачечными нейронами виноградной улитки / Н.И. Кононенко // Нейрофизиология / Neurophysiology – 1983. – Т. 15, № 4. – С. 399–403.
12. Кононенко Н.И. Механизмы генерации ритмоводящей активности в идентифицированных нейронах виноградной улитки / Н.И. Кононенко, О.В. Костюченко // Нейрофизиология / Neurophysiology – 2001. – Т. 33, №1. С. 46–54.
13. Кононенко Н.И. Постсинаптические механизмы инициации пачечной активности в нейроне ППа1 виноградной улитки под влиянием интернейрона / Н.И. Кононенко, О.Н. Осипенко // Нейрофизиология / Neurophysiology – 1987. – Т. 19, № 1. – С. 28–36.

14. Кореньюк И.И. Организация связей между некоторыми нейронами висцерального ганглия и идентифицированными клетками правого париетального ганглия / И.И. Кореньюк, Д.Р. Хусаинов, Н.В. Дунаева // Таврический медико-биологический вестник. – 2004. – Т. 7, № 1. – С. 143–145.
15. Кореньюк И.И. Влияние салициловой кислоты и её солей на электрическую активность нейронов виноградной улитки / И.И. Кореньюк, Д.Р. Хусаинов, В.Ф. Шульгин // Нейрофизиология / Neurophysiology. – 2005. – Т. 37, № 2. – С. 142–150.
16. Кореньюк И.И. Салицилаты кобальта и цинка как функциональные аналоги инициирующего фактора в нервной системе моллюска / И.И. Кореньюк, Д.Р. Хусаинов, В.Ф. Шульгин // Нейрофизиология / Neurophysiology. – 2006. – Т. 38, № 1. – С. 11–18.
17. Костюченко О.В. Эндогенная пейсмекерная активность изолированных нейронов моллюска / О.В. Костюченко, И.И. Кореньюк // Учёные записки ТНУ, серия «Биология, химия». – 2000. – Т. 2. – № 13. – С. 34–41.
18. Осипенко О.Н. Влияние на изолированный «пачечный» нейрон улитки эндогенного пептида, инициирующего ритмоводящую активность / О.Н. Осипенко // Нейрофизиология / Neurophysiology – 1986. – Т.18, №4. – С.552–554.
19. Осипенко О.Н. Выделение пептида, инициирующего пачечную активность, у идентифицированного нейрона виноградной улитки / О.Н. Осипенко // Нейрофизиология / Neurophysiology – 1984. – Т. 16, № 4. – С. 488–492.
20. Осиповский С.А. Реакции идентифицированного нейрона виноградной улитки на аппликацию пептидов, медиаторов, простагландинов и циклических нуклеотидов / С.А. Осиповский, М.М. Полесская // Нейрофизиология / Neurophysiology – 1981. – Т.13, №1. – С. 80–87.
21. Fedida D. Gating of voltage-dependent potassium channels / D. Fedida, J. Hesketh // Prog. Biophys. Mol. Biol. – 2001. – Vol. 75. – P. 165–199.
22. Kononenko N.I. Modulation of the endogenous electrical activity of the bursting neuron in the snail *Helix pomatia*. I. The generator of a slow rhythms / N.I. Kononenko // Neurosci. – 1979. – Vol. 4, №5. – 2046–2054.
23. Kononenko N.I. Modulation of the endogenous electrical activity of the bursting neuron in the snail *Helix pomatia* II. The membrane characteristics related to modulation of the endogenous activity of the neuron / N.I. Kononenko // Neurosci. – 1979. – Vol.4, №5. – P.2046–2054.
24. Kononenko N.I. Modulation of the endogenous electrical activity of the bursting neuron in the snail *Helix pomatia*. III. A factor modulating the endogenous electrical activity of the bursting neuron / N.I. Kononenko // Neurosci. – 1979. – Vol. 4, №5. – 2055–2059.
25. Kononenko N.I. Role of cyclase system in generation of pacemaker activity in fast and slow bursters in snail *Helix pomatia* / N.I. Kononenko // Comp. Biochem. Physiol. – 1993. – Vol. 104C. – P. 175–180.
26. Kononenko N.I. Role of the axodendritic tree in the functioning of *Helix* bursting neurons: generation of pacemaker activity and propagation of action potentials along the axon / N.I. Kononenko // Neurosci. – 2000. – Vol. 96, №2. – P. 399–406.
27. Salanki G. Synaptic and metabolic modulation of the bimodal pacemaker activity in the RPa1 neuron of *Helix pomatia* L / G. Salanki, K. Rosca, I. Vadasz // Comp. Biochem. Physiol. – 1979. – Vol. 64A. – 265–271.
28. Сахаров Д.А. Генетология нейронов / Сахаров Д.А. – М. : Наука, 1974. – 184 с.
29. Хусаинов Д.Р. Меж- и внутриганглионарные синаптические связи, образуемые нейронами висцерального ганглия виноградной улитки / Д.Р. Хусаинов, И.И. Кореньюк, А.А. Чикунова // Нейрофизиология / Neurophysiology – 2007. – 39, № 1. – С. 32–36.
30. Зависимость электрической активности нейронов виноградной улитки от внутриклеточной концентрации циклического гуанозинмонофосфата / Д.Р.Хусаинов, О.В. Катюшина, К.Р. Хусаинова [и др.] // Учёные записки ТНУ, серия «Биология, химия». – 2008. – Т. 21. – № 1. – С. 117–121.
31. Both R. Model predictions of the ionic mechanism underlying the beating and bursting pacemaker characteristics of mollusca neurons / R. Both, W. Finger, R. Chaplain // Biol. Cybernetics. – 1976. – Vol. 23, №2. – P. 1–11.
32. Соколова Е.Н. Пейсмекерный потенциал нейрона / Соколова Е.Н. – Тбилиси : Мецниереба, 1975. – 216 с.
33. Berridge M.G. Neuronal calcium signaling / M.G. Berridge // Neuron. – 1998. – Vol. 21, №1. – P. 13–18.
34. Chaplain R.A. Metabolic control of neuronal pacemaker activity and the rhythmic organization of central nervous functions / R.A. Chaplain // Cellular Oscillations. – Cambridge: Cambridge University Press. – 1979. – P. 113–130.

35. Chaplain R.A. Metabolic regulation of the rhythmic activity in pacemaker neurons. II Metabolically induced conversions of beating to bursting pacemaker activity in isolated Aplysia neurons / R.A. Chaplain // Brain Res. – 1976. – Vol. 106, № 2. – P. 307–319.
36. Clapham D.E. Not so funny anymore: pacing channels are cloned / D.E. Clapham // Neuron. – 1998. – Vol. 21, № 1. – P. 5–7.
37. Horisberger G.D. Amiloride-sensitive Na channels / G.D. Horisberger // Curr. Opin. Cell. Biol. – 1998. – Vol. 10, № 6. – P. 443–449.
38. Ostrovskaya O.I. A component of the transmembrane current in molluscan neurons is gated by both protons and voltage / O.I. Ostrovskaya, O.V. Kostyuchenko, O.A. Krishtal // Neurophysiology. – 2000. – Vol. 32, № 3. – P. 171–172.
39. Heyer C.B. Properties of a facilitating calcium current in pacemaker neurones of the snail *Helix pomatia* / C.B. Heyer, H.D. Lux // Ibid. – 1976. – Vol. 262, № 2. – P. 319–348.
40. Rasmussen H. Relationships between calcium and cyclic nucleotides in cell activation / H. Rasmussen, D. Goodman // Physiol. Rev. – 1977. – Vol. 57, № 3. – P. 421–509.
41. Tornheim K. The purine nucleotide cycle. IV. Interactions with oscillations of the glycolytic pathway in muscle extracts / K. Tornheim, J. Lowenstein // J. Biol. Chem. – 1974. – Vol. 249, № 4. – P. 3241–3247.

Черетаєв І.В. Характеристика і механізми імпульсної активності нейронів виноградного равлика / І.В. Черетаєв, Д.Р. Хусаїнов, І.І. Коренюк // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 202–215.

У роботі підсумовані літературні дані про нейрони підглоткового нервового комплексу виноградного равлика *Helix pomatia*. Наведена характеристика найбільш відомих нейронів, розглянуті можливі в них механізми генерації ритмічної і пачкової електричної активності.

Ключові слова: нейрони молюсків, пачкова активність, ритмічна активність

Cheretayev I.V. Characteristic and mechanisms of impulsive activity of neurons of snail / I.V. Cheretayev, D.R. Husainov, I.I. Korenjuk // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 202–215.

Summarized literature data are present concerning about neurons of suboesophageal nerve in the snail *Helix pomatia*. The characteristic of the most known neurons is given. Are considered possible mechanisms of generation of rhythmic and pacemaker electric activity in the neurons.

Keywords: neurons of mollusc, pacemaker activity, rhythmic activity

Поступила в редакцію 14.11.2009 г.

УДК 57.042 : 612.821

ПЕРЕСТРОЙКИ ЦЕРЕБРАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОГЕНЕЗА ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ

**Черный С.В.¹, Моисеенко Е.В.², Павленко В.Б.¹, Семенюк В.П.², Лисинчук В.В.²,
Коваленко А.А.¹, Мадяр С.-А. И.², Ковалевская Е.Э.²**

¹*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина,
e-mail: neurolab@mail.ru*

²*Национальный антарктический научный центр МОН Украины, г. Киев*

Проведено исследование особенностей электрической активности головного мозга человека после годичной сенсорной депривации в экстремальных условиях Антарктики. В исследовании приняли участие кандидаты на участие в арктической экспедиции и зимовщики после возвращения из экспедиции на станцию Академик Вернадский.

Показано, что биоэлектрическая активность мозга человека после годичной сенсорной депривации в условиях Антарктики под влиянием эмоциональной стимуляции разной валентности демонстрирует депрессивность ответов с усилением мощности низкочастотного спектра на фоне генерализованной десинхронизации ритмов ЭЭГ. Дизрегуляторные процессы преобладали в проекциях зон коры мозга, имеющих отношение к регуляции психоэмоционального состояния человека.

Ключевые слова: адаптация, Антарктика, экспедиция, биоэлектрическая активность мозга, ЭЭГ.

ВЕДЕНИЕ

Профессиональная деятельность в Антарктике связана с пребыванием человека в условиях изоляции малого коллектива, социальной и сексуальной депривации, необычной активности региональных природных факторов, что может приводить к различным расстройствам его психофизиологического статуса. Известно также, что изменение биологического ритма нормального функционирования систем организма человека при его деятельности в Антарктике негативно отражается не только на состоянии здоровья, но и на его трудоспособности. При этом в организме возникают нарушения на системном, органном, клеточном и молекулярном уровнях, которые способны модифицировать реакции функциональных систем на внешние и внутренние возмущающие влияния, либо провоцировать развитие, например, гипоксических состояний и психоэмоциональных расстройств [1 – 3].

Проблема изменений психоэмоционального состояния человека при длительной изоляции в условиях малого коллектива является актуальной для подавляющего большинства антарктических станций. Длительное влияние на человека антарктических экстремальных факторов приводит к формированию хронического стресса и психоэмоционального утомления с возможным последующим развитием дизрегуляторных и патологических процессов в организме. Такие нарушения сохраняются в послеэкспедиционном периоде и могут осложнять процессы

реадаптации. В развитии дизрегуляции и дезадаптации ключевую роль играют центральные механизмы. Это, прежде всего, касается состояния регуляторной функции центральной нервной системы и ее биоритмического баланса [3, 4].

Выяснение закономерностей и механизмов перестроек электрической активности мозга, а также психоэмоционального состояния человека после длительной сенсорной депривации, может прояснить сущность дезадаптационных расстройств и позволить подойти к решению проблем реабилитации. Поэтому целью исследования было выяснить особенности изменений биоритмической активности головного мозга человека после годичной сенсорной депривации в экстремальных условиях Антарктики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях принимали участие 24 мужчины (возраст $35 \pm 4,6$ лет). Из них 12 человек составляли отобранную по медицинским показаниям команду для участия в антарктической экспедиции и были обследованы накануне отправки в Антарктику (контрольная группа - кандидаты для участия в антарктической экспедиции, будущие зимовщики). Вторая группа (12 человек – участники антарктической экспедиции) состояла из антарктических зимовщиков, которые были обследованы в начале реадаптации после возвращения из продолжительной экспедиции (13 месяцев) с антарктической станции «Академик Вернадский» (Украина).

Регистрация электроэнцефалограммы осуществлялась по общепринятой методике с помощью автоматизированного комплекса, состоящего из электроэнцефалографа, лабораторного интерфейса и компьютера. Рабочей программой была «EEG Mapping 3» (программист Е. Н. Зинченко). ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно во фронтальных (F3, F4, F7, F8), центральных (C3, C4), теменных (P3, P4), височных (T3, T4, T5, T6) и затылочных (O1, O2) зонах мозга согласно системе «10–20». Референтными служили объединенные вместе электроды за исключением электрода, используемого в каждом отведении. Частоты срезов фильтров высоких и низких частот составляли соответственно 1.5 и 35.0 Гц, частота оцифровки сигнала – 250 с^{-1} . ЭЭГ-сигналы обрабатывали с помощью быстрого преобразования Фурье с использованием сглаживания по методу Блекмена. Эпохи анализа для быстрых преобразований Фурье составляли 2,56 с. Исследование включало регистрацию ЭЭГ при закрытых и открытых глазах, а также при визуально-эмоциональной стимуляции нейтральной, позитивной и негативной валентности согласно международной системе аффективных стимулов IAPS. Предъявлялось по 30 стимулов каждой валентности. Длительность каждого стимула составляла 1000 мс, межстимульный период составлял от 3000 до 4000 мс. Определяли усредненные значения СМ в следующих диапазонах: θ -ритм (4–8 Гц), α -ритм (8–13 Гц), β_1 -ритм (16–20 Гц) и β_2 -ритм (21–30 Гц). Анализировали средние значения мощности (мкВ/Гц) ритмических компонентов ЭЭГ при фоновой регистрации, а также во время регистрации ЭЭГ при открытых глазах и во время предъявления зрительных стимулов. Кроме того, рассчитывали коэффициент десинхронизации ЭЭГ относительно фоновых значений при проведении функциональных проб. Коэффициент десинхронизации анализируемых ритмов ЭЭГ

для каждой из проб рассчитывали по формуле $(A/B) \cdot 100\%$, где А – показатели мощности ритмов ЭЭГ во время проведения функциональной пробы, В – значения мощности фоновой ЭЭГ. Данные обрабатывали с помощью стандартных методов вариационной статистики. Для анализа брались средние показатели мощности ЭЭГ (мкВ/Гц), а также стандартное отклонение средних значений.

Уровень статистической вероятности межгрупповых различий рассчитывали с помощью критерия однофакторного дисперсионного анализа ANOVA. Расчет данных проводили с помощью программы STATISTICA 6.0.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Характеристика церебральной ритмической электрической активности кандидатов и участников антарктической экспедиции в исходном состоянии

Результаты анализа ритмической электрической активности (ЭЭГ) головного мозга участников антарктической экспедиции свидетельствовали о том, что даже при фоновой регистрации ЭЭГ (в состоянии покоя при закрытых глазах) количественная характеристика основных ритмов имела определенные групповые особенности. Для зимовщиков, возвратившихся из экспедиции, это проявлялось общим снижением показателей мощности основных ритмов ЭЭГ по сравнению с уровнем ритмической активности мозга будущих зимовщиков.

На рис. 1 продемонстрированы различия обследуемых групп зимовщиков по показателям уровней мощности ритмов ЭЭГ в топографическом аспекте. У прибывших из Антарктики зимовщиков в диапазоне δ -ритма отмечалось снижение уровня его мощности, которое было статистически достоверным в проекциях медиальных лобных зон коры обоих полушарий (отведения F3, F4), а также в теменной (отведение P4) и задне-височной (отведение T6) областях правого полушария.

В диапазоне θ -ритма достоверные различия в показателях уровня мощности наблюдались также в медиальных лобных областях коры обоих полушарий (отведения F3, F4), в задне-височной (отведение T6) области правого полушария и центральной области левого полушария (отведение C3).

Наиболее показательные различия между обследуемыми группами зимовщиков были зарегистрированы в уровнях мощности α -ритма. Так, у возвратившихся из экспедиции зимовщиков уровни мощности α -ритма были снижены во всех регистрируемых областях коры головного мозга со статистической достоверностью различий в центральных областях коры обоих полушарий (отведения C3, C4), медиальной (отведение F3) и латеральной (отведение F7) области лобной зоны коры левого полушария, а также в передне-височной области коры левого полушария (отведение T3) и задне-височной области коры правого полушария (отведение T6). В диапазоне β_1 -ритма статистически достоверные различия наблюдались только в латеральной лобной области коры левого полушария (отведение F7) и задне-височной области коры правого полушария (отведение T6). В свою очередь, ЭЭГ возвратившихся из экспедиции зимовщиков характеризовалась более низкими показателями уровня мощности в диапазоне β_2 -ритма лишь в задне-височной области коры правого полушария (отведение T6).

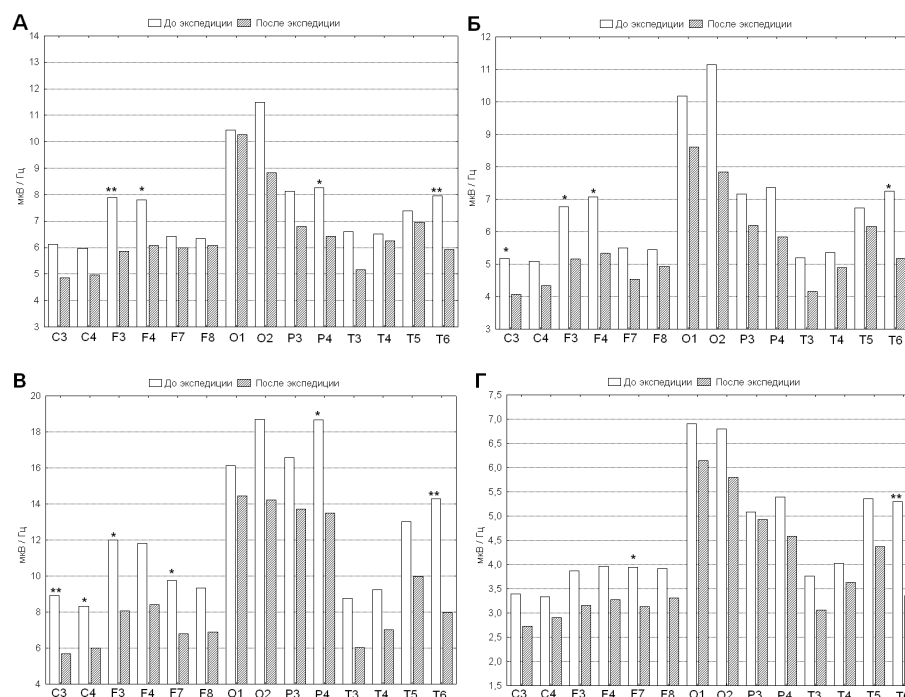


Рис.1. Сравнение уровней мощности ритмов ЭЭГ в различных зонах головного мозга кандидатов в экспедицию и антарктических зимовщиков (в покое при закрытых глазах). Примечание: По вертикали – отведения ЭЭГ, по горизонтали – уровень мощности ритмов ($\mu V^2/Гц$) в каждом из отведений. Светлые столбцы – показатели группы 1, штрихованные – показатели группы 2. Буквами обозначены диаграммы уровней мощности следующих ритмов ЭЭГ: А – δ -ритм, Б – θ -ритм, В – α -ритм, Г – β_1 -ритм. * – $p < 0,05$, ** – $p < 0,01$, *** – $p < 0,001$ - различия достоверны по критерию однофакторного дисперсионного анализа ANOVA.

Таким образом, у возвратившихся из экспедиции антарктических зимовщиков были зарегистрированы более низкие уровни мощности ритмов с наиболее значимыми различиями в спектре низко- и среднечастотных ритмов ЭЭГ, что может быть связано с особенностями функционального состояния системы неспецифической регуляции в ЦНС. При этом сниженные уровни мощности ритмов наблюдались практически во всех регистрируемых зонах головного мозга с наиболее четким проявлением в лобных, центральных и височных зонах коры мозга, что может быть результатом характерного взаимодействия активирующих систем. В частности, считается, что у лиц, находящихся в состоянии психоэмоционального напряжения, доминирует регуляторное влияние ретикулярной активирующей системы, а у лиц вне стрессового состояния – таламической [5]. Тесные структурные и функциональные взаимосвязи этих регуляторных неспецифических систем головного мозга при доминировании их активации не исключают характерных проявлений со стороны церебральной биоритмики. Для доминирования активации регуляторных влияний

ретикулярной системы характерно широкомасштабное вовлечение зон коры больших полушарий, а для системы неспецифических ядер таламуса могут быть характерными усиленные влияния в отдельных участках коры [6]. Подобные проявления регуляторных влияний могут зависеть и от воспроизведения субъективного опыта эмоциональных переживаний [7]. Кроме того, схожие изменения, связанные с негативным психоэмоциональным состоянием, могут быть опосредованы функциональным усилением активности стриатума и базальных ганглиев на фоне снижения активности системы нисходящего контроля [8]. Примером, подтверждающим связи фронтальных областей коры с контролем эмоционального поведения, может служить изменение психоэмоциональной сферы при органических процессах этих областей коры [9]. Это может быть проявлением гипоксии [10] либо дисфункции метаболических процессов в ЦНС [11].

Характеристика ритмической электрической активности кандидатов и участников антарктической экспедиции во время регистрации ЭЭГ при открытых глазах

Активация коры головного мозга стимуляцией зрительного анализатора при открытых глазах характеризовалась более низкими уровнями мощности ритмов ЭЭГ у антарктических зимовщиков, по сравнению с аналогичными показателями зарегистрированными у кандидатов в экспедицию (рис. 2).

Однако межгрупповые различия уровней мощности ритмов ЭЭГ были статистически достоверными далеко не во всех зонах головного мозга. Так, например, в диапазоне мощности δ -ритма статистически значимые различия наблюдались лишь в медиальной лобной области коры правого полушария (отведение F4), а в диапазоне α -ритма – в центральной области коры правого полушария (отведение C3). При этом межгрупповые особенности уровня мощности β_1 -ритма характеризовались более низкими показателями во всех отведениях ЭЭГ у антарктических зимовщиков. Статистически достоверные различия отмечались в центральных зонах коры обоих полушарий (отведения C3, C4), медиальных лобных (отведения F3, F4), теменных (отведения P3, P4), а также в задне-височной области коры правого полушария (отведение T6) и затылочной области коры левого полушария (отведение O1). В частотных диапазонах θ - и β_2 - ритмов различия были слабо выражены, неоднозначны и не имели статистической достоверности.

Таким образом, после экспедиции антарктических зимовщиков простая зрительная стимуляция сопровождалась более низкими уровнями мощности β_1 -ритма, по сравнению с показателями контрольной группы, что может свидетельствовать о возможном включении механизмов ограничивающих активацию нейронных цепей коры головного мозга [12]. Такое снижение уровня активации коры головного мозга зимовщиков может быть связано с дизрегуляторными процессами в ЦНС, развитием депрессивности, хронической психоэмоциональной усталости, может опосредоваться функциональными особенностями внимания к экстероцептивным стимулам [13]. Как известно, усиление мощности β_1 -ритма связано с усилением активации ретикулярной формации ствола мозга [14] и снижением порога активации релейных нейронов

таламуса с обеспечением избирательного притока информации к соответствующим областям коры в ситуации усиления процессов внимания [13]. Процессы активации внимания, сопровождающиеся усилением мощности бета1-ритма, могут быть также связаны с интенсивностью кровотока в лобных и височно-теменных зонах коры [15]. Таким образом, у антарктических зимовщиков возрастание уровня активации головного мозга при экстероцептивной стимуляции зрительного анализатора, не несущей объективно значимой информации, характеризуется гипореактивностью церебрального электрогенеза с вероятным угнетением характеристик внимания, что может быть связано с повышением чувствительности механизмов активации ретикулярной формации. Параллельно выполненное тестирование возвратившихся из экспедиции зимовщиков свидетельствовало о наличии у них признаков хронического утомления, депрессивности, повышенной тревожности, что наблюдалось и в ранее проведенных исследованиях [2, 16].

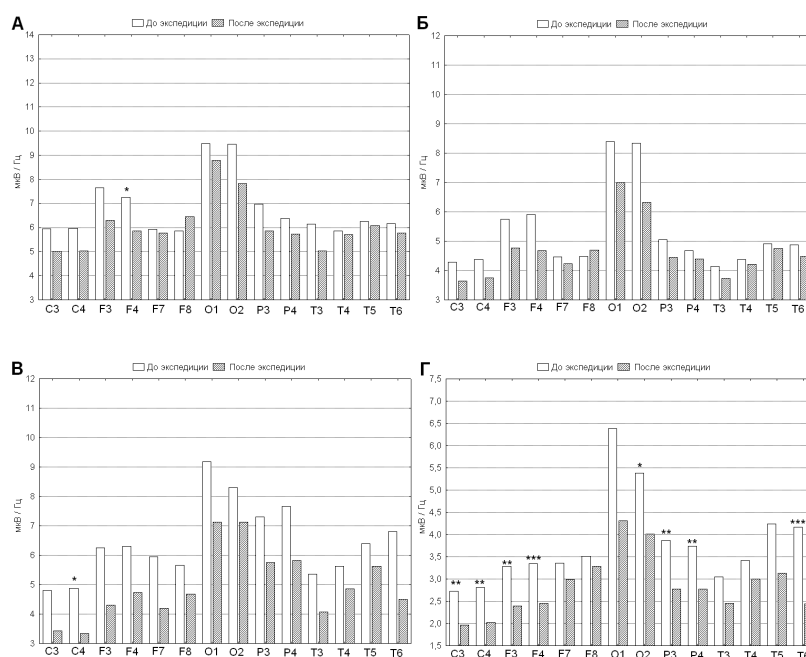


Рис. 2 Различия уровней мощности ритмов ЭЭГ кандидатов в экспедицию и антарктических зимовщиков при открытых глазах.
Примечание: обозначения такие же, как на рис. 1.

Различия показателей коэффициента десинхронизации ритмической электрической активности у кандидатов и участников экспедиции при открытых глазах

Углубленный анализ количественных параметров основных ритмов ЭЭГ засвидетельствовал наличие характерных межгрупповых особенностей коэффициента десинхронизации (КД). ЭЭГ обследование группы зимовщиков, возвратившихся из длительной экспедиции, показало, что изменения КД при открытых глазах, по

сравнению с показателями фоновых исследований, в некоторых зонах коры головного мозга у них были выражены в большей степени (рис. 3).

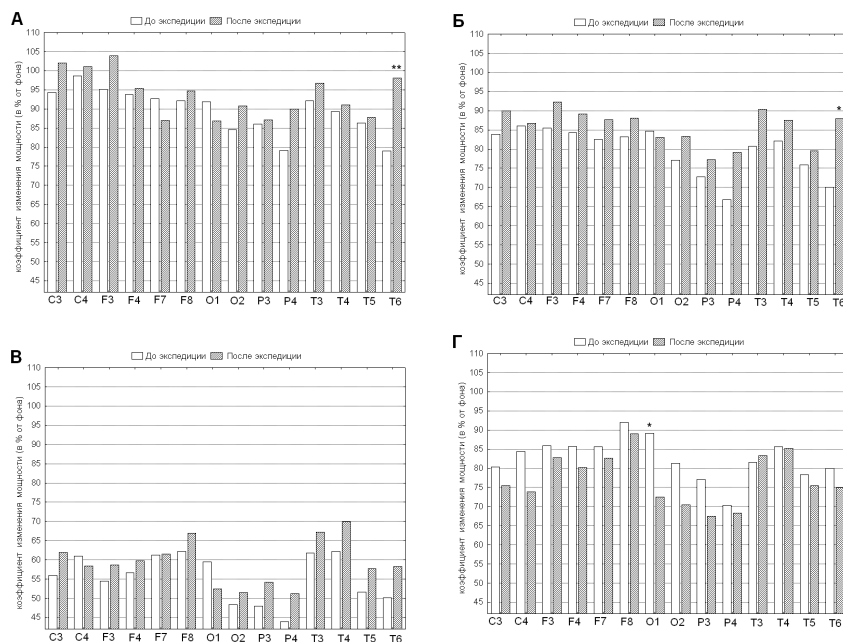


Рис. 3 Различия показателей коэффициента десинхронизации (КД) ритмов ЭЭГ кандидатов в экспедицию и антарктических зимовщиков.

Примечание: По вертикали – отведения ЭЭГ, по горизонтали – показатели КД (в %). Светлые столбцы – показатели группы 1, штрихованные – показатели группы 2. Буквами обозначены диаграммы показателей КД следующих ритмов ЭЭГ: А – δ -ритм, Б – θ -ритм, В – α -ритм, Г – β_1 -ритм. Остальные обозначения такие же, как на рис. 1.

Такие различия были статистически достоверны в диапазоне δ - и θ -ритмов в задне-височной области коры правого полушария (отведение Т6). Однако значения КД в диапазоне β_1 -ритма в затылочной области коры левого полушария (отведение О1) у антарктических зимовщиков были снижены. В частотных диапазонах α - и β_2 -ритмов межгрупповых различий в КД не наблюдалось.

Таким образом, у антарктических зимовщиков вероятно происходит усиление влияния подкорково-диэнцефальных структур на фоне возможной перестройки паттерна ЭЭГ в процессе возрастания уровня активации [14]. Возможно, изменения в структуре церебрального биоритма зимовщиков отражают большую, чем у кандидатов в экспедицию, выраженность когнитивного и эмоционального ответа [15, 18, 19] на возрастание уровня активации по сравнению с фоновыми значениями ЭЭГ.

Различия показателей ритмической электрической активности головного мозга кандидатов и участников экспедиции при зрительной стимуляции различной эмоциональной валентности

При дальнейшем увеличении уровня активации коры, в ситуации предъявления зрительных стимулов различной валентности, были отмечены статистически

достоверно более низкие показатели мощности α -ритма у антарктических зимовщиков по сравнению с аналогичными показателями кандидатов в экспедицию (рис. 4).

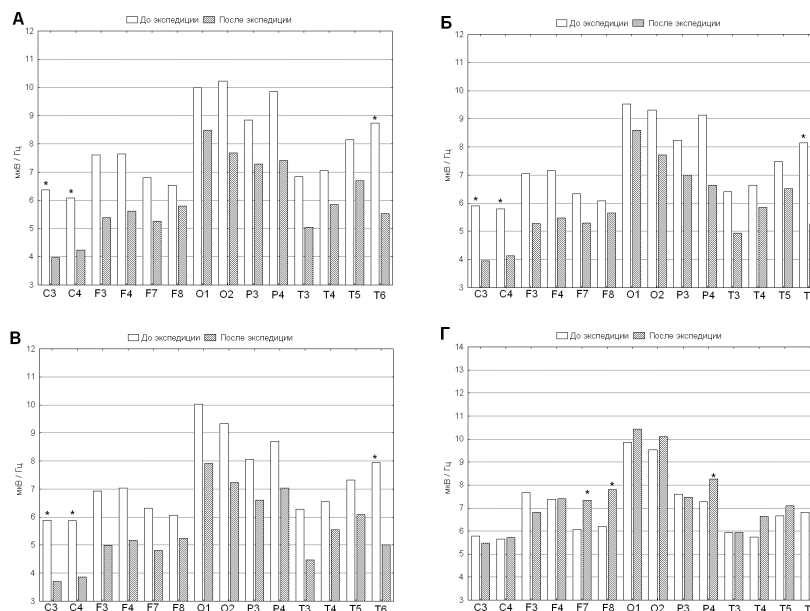


Рис. 4. Различия мощности ритмов ЭЭГ, зарегистрированной при зрительной стимуляции различной эмоциональной валентности у кандидатов в экспедицию и антарктических зимовщиков.

Примечание: Буквами обозначены диаграммы уровней мощности следующих ритмов ЭЭГ при действии зрительными стимулами различной валентности: А – α -ритм при предъявлении нейтральных стимулов, Б – α -ритм при предъявлении эмоционально позитивных стимулов, В – α -ритм при предъявлении эмоционально негативных стимулов, Г – δ -ритм при предъявлении эмоционально негативных стимулов. Остальные обозначения такие же, как на рис. 1

Такие изменения, независимо от валентности стимула, были локализованы лишь в центральных областях коры обоих полушарий (отведения С3, С4) и задневисочной области коры правого полушария (отведение Т6). В остальных зонах коры наблюдалась лишь тенденция к понижению. Кроме того, у антарктических зимовщиков были отмечены более высокие значения мощности δ -ритма, которые были локализованы в латеральных лобных областях коры обоих полушарий (отведения F6, F7), а также в теменной области правого полушария (отведение Р4). В остальных частотных диапазонах, вне зависимости от валентности стимула, во всех зонах регистрации не наблюдалось статистически достоверных различий мощности ритмов ЭЭГ.

Следует отметить, что у антарктических зимовщиков изменения биоритмики головного мозга при всех видах стимуляции была однонаправленной, что может свидетельствовать об универсальности механизмов реагирования на стимулы

различной эмоциональной валентности. Усиление десинхронизации в определенных зонах коры головного мозга (особенно правого полушария) в ответ на эмоциогенные стимулы характерно для доминирования механизмов эмоционального ответа, связанного с переживанием негативных эмоций [20, 21, 22]. Подобного рода изменения в структуре ритмов ЭЭГ могут быть связаны с личностными (интроверсия) характеристиками [23]. Кроме того, сопряженное усиление δ -ритма на фоне увеличения корковой активации является маркером состояния тревожного ожидания [24].

Исходя из этого, можно предположить, что у антарктических зимовщиков при восприятии эмоциогенной информации различной валентности проявляется склонность к стереотипным моделям реагирования, что выражается в готовности воспринимать любую эмоциональную информацию как негативную.

Изменения коэффициента десинхронизации ритмической электрической активности головного мозга кандидатов и участников экспедиции при предъявлении эмоционально нейтральных визуальных стимулов

При возрастании уровня активации, в ситуации подачи нейтральных эмоциональных стимулов, у зимовщиков значения КД ритмов ЭЭГ были выражены в большей степени (рис. 5). У антарктических зимовщиков статистически достоверное повышение уровня КД отмечалось в диапазоне δ -ритма в теменной области коры правого полушария (отведение P4), а также в задне-височной области коры правого полушария (отведение T6). Кроме того, КД ритмов ЭЭГ у них был выше в диапазоне β_2 -ритма в задне-височной области коры правого полушария (отведение T6).

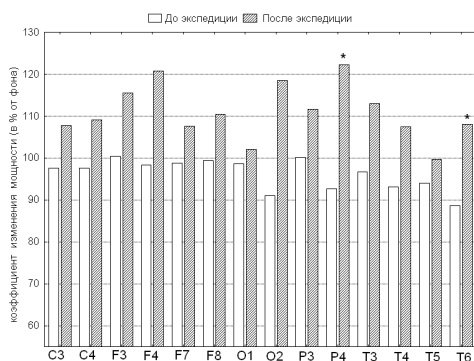


Рис. 5. Различия КД дельта-ритма ЭЭГ, зарегистрированной при подаче эмоционально нейтральных стимулов, у кандидатов в экспедицию и антарктических зимовщиков.

Примечание: Остальные обозначения такие же, как на рисунке 3.

Такие изменения показателей десинхронизации ритмов ЭЭГ, по сравнению с фоновыми значениями, могут быть связаны с усилением процессов осознания информации и усилением когнитивной составляющей в оценке стимулов по сравнению [25]. Учитывая, что эти процессы более характерны для зон коры мозга,

которые связаны с негативным эмоциональным реагированием, логично предположить, что после экспедиции у зимовщиков эмоционально нейтральная стимуляция может расцениваться в негативных тонах [21, 22, 24].

Изменения коэффициента десинхронизации ритмической электрической активности головного мозга кандидатов и участников экспедиции при предъявлении эмоционально позитивных и негативных визуальных стимулов

Обследование испытуемых при зрительной стимуляции позитивной эмоциональной валентности показало, что у зимовщиков показатели КД ритмов ЭЭГ увеличиваются больше по сравнению с аналогичными параметрами кандидатов в экспедицию (рис. 6).

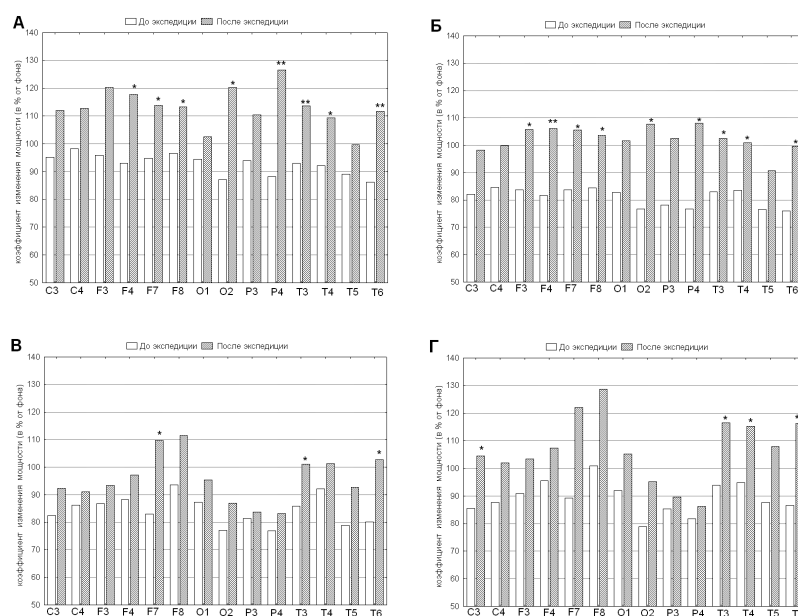


Рис. 6. Различия КД ритмов ЭЭГ, зарегистрированной при подаче эмоционально позитивных стимулов по отношению к фоновым значениям ЭЭГ у кандидатов в экспедицию и антарктических зимовщиков.

Примечание: Буквами обозначены диаграммы уровней мощности следующих ритмов ЭЭГ: А – КД δ -ритма, Б – КД θ -ритма, В – КД β_1 -ритма, Г – β_2 -ритма. Остальные обозначения такие же, как на рисунке 3.

При этом межгрупповые различия касаются большинства диапазонов ритмов ЭЭГ, за исключением диапазона α -ритма. У антарктических зимовщиков значения КД в диапазоне δ -ритма достигали уровня статистической достоверности в медиальной области лобной коры правого полушария (отведение F4), в латеральных областях лобной коры обоих полушарий (отведения F7, F8), затылочной (отведение O2) и теменной (отведение P4) зон правого полушария, в передне-височных зонах обоих полушарий (отведения T3, T4) и в задне-височной области коры правого полушария (отведение T6). Наибольшие уровни показателей КД в диапазоне θ -

ритма наблюдались в медиальных (отведения F3, F4) и латеральных (отведения F7, F8) областях лобной коры обоих полушарий, а также в затылочной (отведение O2) и теменной (отведение P4) зонах правого полушария, в передне-височных зонах обоих полушарий (отведения T3, T4) и в задне-височной области коры правого полушария (отведение T6).

В остальных зонах коры мозга различия в значениях КД находились на уровне тенденций. В диапазоне бета1-ритма межгрупповые различия в показателях КД были статистически достоверными в латеральной области лобной коры левого полушария (отведение F7), а также в передне-височной области левого полушария (отведение T3) и задне-височной области коры правого полушария (отведение T6). У зимовщиков уровни КД в диапазоне β_2 -ритма были больше в центральной области левого полушария (отведение C3), передне-височных областях обоих полушарий (отведения T3, T4) и в задне-височной области коры правого полушария (отведение T6).

Межгрупповые различия КД ритмов ЭЭГ при зрительной стимуляции негативной валентности отмечались в диапазонах δ - и θ -ритмов. При этом уровни показателей КД ритмов ЭЭГ у антарктических зимовщиков были выше (рис. 7). В диапазоне δ -ритма значения КД были выше в центральной (отведение C4) и медиальной лобной (отведение F4) областях коры правого полушария, латеральных областях лобной коры обоих полушарий (отведения F7, F8), в затылочной (отведение O2) и теменной (отведение P4) зонах правого полушария, а также в передне- височных областях коры обоих полушарий (отведения T3, T4) и в задне-височной области коры правого полушария (отведение T6). В остальных корковых зонах межгрупповые различия в значениях КД не были статистически достоверными. Кроме того, отмечены различия в значениях КД в диапазоне θ -ритма, и эти значения также были выше у зимовщиков. Так, статистически достоверные межгрупповые различия показателей КД наблюдались в медиальной зоне лобной коры правого полушария (отведение F4), латеральной зоне лобной коры левого полушария (отведение F7), а также в передне-височной области коры левого полушария (отведение T3) и в задне-височной области коры правого полушария (отведение T6).

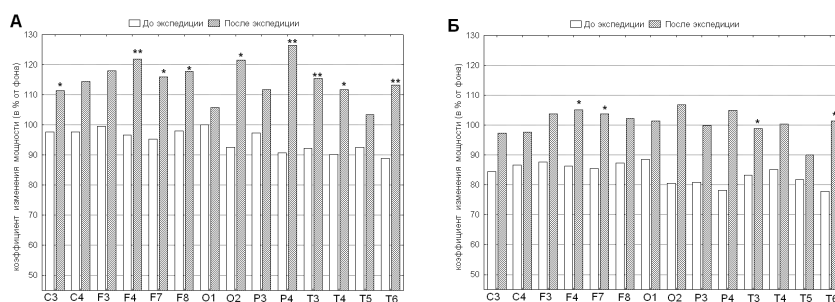


Рис. 7. Различия КД ритмов ЭЭГ, зарегистрированной при подаче эмоционально негативных стимулов по отношению к фоновым значениям ЭЭГ у кандидатов в экспедицию и антарктических зимовщиков.

Примечание: Буквами обозначены диаграммы уровней мощности следующих ритмов ЭЭГ: А – КД δ -ритма, Б – КД θ -ритма. Остальные обозначения такие же, как на рисунке 3.

Таким образом, среди особенностей реагирования ритмической электрической активности головного мозга испытуемых на эмоциогенные стимулы позитивной и негативной валентности обращает на себя внимание различия в показателях КД низкочастотных ритмов ЭЭГ. При этом у антарктических зимовщиков эти показатели были выше по сравнению с кандидатами в экспедицию. Характерной особенностью является то, что зрительная стимуляция зимовщиков демонстрирует депрессивность ответа церебральной биоритмики на фоне генерализованной десинхронизации ритмов ЭЭГ с превалированием дизрегуляторных проявлений в проекциях зон коры мозга, имеющих отношение к регуляции психоэмоционального статуса человека. Дополнительным подтверждением этому служит тот факт, что при воздействии визуальными стимулами позитивной и негативной валентности у антарктических зимовщиков наибольшие изменения КД именно низкочастотных ритмов (δ и θ) отмечаются в корковых областях именно правого полушария. Такие изменения в рисунке ЭЭГ характерны именно для негативного эмоционального реагирования с вовлечением когнитивной оценки эмоционально окрашенной информации [26, 27, 28]. Критерием общности реагирования ритмов ЭЭГ антарктических зимовщиков в данном случае могут служить повышенные показатели КД в проекциях лобных и височных зон коры мозга [29, 30]. Здесь вероятно объединение субъективного значимого семантического пространства [31]. О включении когнитивного компонента в анализ положительных эмоциональных стимулов говорит усиление высокочастотной активности [32]. Кроме того, подобного рода различия характеризуют состояние психоэмоционального напряжения на фоне использования стратегии мотивации избегания [20, 24].

ВЫВОДЫ

1. При регистрации ЭЭГ у возвратившихся из антарктической экспедиции зимовщиков в состоянии покоя (при закрытых глазах) выявлены более низкие уровни мощности биоритмов головного мозга (по сравнению с контролем) с наиболее значимыми различиями в низко- и среднечастотном спектре, что может быть связано с особенностями функционального состояния неспецифической регуляции в ЦНС.
2. У антарктических зимовщиков при экстрацептивной стимуляции зрительного анализатора (регистрации при открытых глазах) изменения в рисунке ЭЭГ характеризуются снижением реактивности, что может быть связано с развитием дизрегуляции механизмов активации ритмической деятельности головного мозга.
3. У зимовщиков реакция церебральной ритмической электрической активности в ситуации предъявления зрительных эмоциогенных стимулов позитивной и негативной модальности характеризуются более выраженной десинхронизацией ритмов ЭЭГ во всем диапазоне частот практически по всей поверхности коры.
4. Характерной особенностью изменений электрической активности головного мозга человека после годичной сенсорной депривации в экстремальных условиях Антарктики является характер изменения рисунка ЭЭГ с усилением ее низкочастотного спектра на фоне генерализованной десинхронизации с

превалированием дисрегуляционных проявлений в проекциях зон коры мозга, имеющих отношение к регуляции психоэмоционального статуса человека.

Список литературы

1. Казначеев В.П. "Синдром полярного напряжения" и некоторые вопросы экологии человека в высоких широтах / В.П. Казначеев // Вестник АН СССР. – 1980. – №1. – С. 74–83.
2. Моїсєєнко Є.В. Психофізіологічний супровід антарктичних експедицій / Є.В. Моїсєєнко, Сухоруков В.І., С.-А. Й. Мадяр [та ін.] // (методичні рекомендації). К., 2006. – 35 с.
3. Palinkas L.A. Subsyndromal seasonal affective disorder in Antarctica / L.A. Palinkas, M. Houseal, N.E. Rosenthal // Journal of Nervous and Mental Disease. – 1996. – V. 184. – P. 530–534.
4. Сороко С.И. Нейрофизиологические механизмы индивидуальной адаптации человека в Антарктиде / С.И. Сороко. – Л.: Наука, 1984. – 151 с.
5. Топчий И.В. Изучение индивидуально-типологических особенностей неспецифической регуляции межанализаторных взаимодействий у человека: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. / И.В. Топчий–Ростов н/Д., 1997. – 20 с
6. Адрианов О.С. О принципах организации интегративной деятельности мозга / О.С. Адрианов. – М.: Медицина, 1976. – 279 с.
7. Wittling W. Emotion-related hemisphere asymmetry: subjective emotional responses to laterally presented films / W. Wittling, R. Roschmann // Cortex. – 1993. – V. 29, № 3. – P. 431–448.
8. Reduced response-inhibition in obsessive-compulsive disorder measured with topographic evoked potential mapping / M.J. Herrmann, C. Jacob, S. Unterecker [et al.] // Psychiatry Res. – 2003. – V. 120, № 3. – P. 265–271.
9. Panic attack symptoms in a patient with left temporal lobe epilepsy / S. Saegusa, T. Takahashi, J. Moriya [et al.] // J. Int. Med. Res. – 2004. – V. 32, № 1. – P. 94–96.
10. Petruzzello S.J. State anxiety reduction and exercise: does hemispheric activation reflect such changes / S.J. Petruzzello, D.M. Landers // Med. Sci. Sports Exerc. – 1994. – V. 26, № 8. – P. 1028–1035.
11. Взаимосвязь активности нейронов аминергических систем головного мозга и ритмов ЭЭГ у кошки / О.И. Колотилова, В.Б. Павленко, И.И. Кореньюк [и др.] // Ученые записки ТНУ. – 2005. – Т. 18 (57), № 1. – С. 131–137.
12. Linkage and linkage disequilibrium mapping of ERP and EEG phenotypes / B. Porjesz, H. Begleiter, K. Wang [et al.] // Biological Psychology. – 2002. – V. 61, № 1-2. – P. 229–248.
13. Wrobel A. Beta activity: a carrier for visual attention / A. Wrobel // Acta Neurobiol. Exp. (Warsz). – 2000. – V. 60, № 2. – P. 247–260.
14. Гнездицкий В.В. Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография / Гнездицкий В.В. – Таганрог: ТРТУ, 2000. – 640 с.
15. Electroencephalographic signatures of attentional and cognitive default modes in spontaneous brain activity fluctuations at rest / H. Laufs, K. Krakow, P. Sterzer [et al.] // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. – 2003. – V. 100, № 19. – P. 11053–11058.
16. Кудієвський Я.В. Зміни біоелектричної активності головного мозку в учасників XI антарктичної експедиції після повернення з зимівлі / Я.В. Кудієвський, Є.В. Мойсєєнко // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 2007. – Т. 11., №1. – С. 57–59.
17. Корекція несприятливих психофізіологічних станів за допомогою кольорового зворотного зв'язку за електроенцефалограмою / А.Й. Мадяр, В.Б. Павленко, Е.В. Ейсмонт [и др.] // Медична інформатика та інженерія. – 2009, №1 – С. 27–37.
18. Klimesch W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis / W. Klimesch // Brain Res. Rev. – 1999. – V. 29, № 2-3. – P. 169–195.
19. Lengyel M. Computational theories on the function of theta oscillations / M. Lengyel, Z. Huhn, P. Erdi // Biol. Cybern. – 2005. – V. 92, № 6. – P. 393–408.
20. Neurophysiological correlates of induced discrete emotions in humans: an individually oriented analysis / L.I. Aftanas, N.V. Reva, L.N. Savotina [et al.] // Neurosci. Behav. Physiol. – 2006. – V. 36, № 2. – P. 119–130.

21. Jones N.A. Electroencephalogram asymmetry during emotionally evocative films and its relation to positive and negative affectivity / N.A. Jones, N.A. Fox // *Brain Cogn.* – 1992. – V. 20, № 2. – P. 280–299.
22. Sutton S.K. Prefrontal brain electrical asymmetry predicts the evaluation of affective stimuli / S.K. Sutton, R.J. Davidson // *Neuropsychologia.* – 2000. – V. 38, № 13. – P. 1723–1733.
23. Tran Y. Extraversion/introversion and 8-13 Hz waves in frontal cortical regions / Y. Tran, A. Craig, P. McIsaac // *Personality and Individual Differences.* – 2001. – V. 30. – P. 205–215.
24. Knyazev G.G. Anxious apprehension increases coupling of delta and beta oscillations / G.G. Knyazev, D.J. Schutter, J. van Honk // *Int. J. Psychophysiol.* – 2006. – V. 61, № 2. – P. 283–287.
25. High gamma power is phase-locked to theta oscillations in human neocortex / R.T. Canolty, E. Edwards, S.S. Dalal [et al.] // *Science.* – 2006 – V. 15, № 313 (5793). – P. 1626–1628.
26. Анализ вызванной ЭЭГ синхронизации и десинхронизации при эмоциональной активации: временные и топографические характеристики / Л.И. Афтанас, Н.В. Рева, А.А. Варламов [и др.] // *Ж. высш. нервн. деят-сти.* – 2003. – Т. 53, № 4. – С. 485–494.
27. Aftanas L.I. Trait anxiety impact on posterior activation asymmetries at rest and during evoked negative emotions: EEG investigation / L.I. Aftanas, S.V. Pavlov // *Int. J. Psychophysiol.* – 2005. – V. 55, № 1. – P. 85–94.
28. Джебраилова Т.Д. Спектральные характеристики ЭЭГ у студентов с различным уровнем тревожности во время экзаменов / Т.Д. Джебраилова // *Ж. высш. нервн. деят-сти.* – 2003. – Т. 53, № 4. – С. 495–502.
29. Афтанас Л.И. Характеристики межполушарного распределения мощности ЭЭГ у высокотревожных личностей в эмоционально нейтральных и авersive условиях / Л.И. Афтанас, С.В. Павлов // *Ж. высш. нервн. деят-сти.* – 2005. – Т. 55, № 3. – С. 322–328.
30. Quantitative characteristics of alpha and theta EEG activities during sensory deprivation / K. Iwata, M. Nakao, M. Yamamoto [et al.] // *Psychiatry Clin. Neurosci.* – 2001. – V. 55, № 3. – P. 191–192.
31. Strelets V.B. The EEG rhythms and psychological indices of emotions in reactive depression / V.B. Strelets, N.N. Danilova, I.V. Kornilova // *Zh. Vyssh. Nerv. Deiat. Im I. P. Pavlova.* – 1997. – V. 47, № 1. – P. 11–21.
32. Sidorova O.A. Electroencephalographic and vegetative correlates of the mental reproduction of emotional states / O.A. Sidorova, M.B. Kostyunina, M.A. Kulikov // *Neurosci. and Behav. Physiol.* – 1992. – V.22, №6. – P. 475–481.

Черный С.В. Перебудови церебрального електрогенезу людини після тривалої антарктичної експедиції / С.В. Черний, Є.В. Моїсєєнко, В.Б. Павленко, В.П. Семенюк, В.В. Лісінчук, Г.О. Коваленко, С.-А.І. Мадяр, О.Е. Ковалевська // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 216–230.

Проведені дослідження особливостей електричної активності головного мозку людини після річної сенсорної депривації в екстремальних умовах Антарктики. В дослідженні приймали участь кандидати до арктичної експедиції та зимовники після повернення з тривалої арктичної експедиції (13 місяців) на станцію Академік Вернадський. Характерною особливістю змін біоелектричної активності головного мозку людини після річної сенсорної депривації в екстремальних умовах Антарктики є те, що емоціональна стимуляція різної модальності демонструє депресивність відповіді церебральної біоритмики з посиленням її низькочастотного спектра на фоні генералізованої десинхронізації ритмів ЕЕГ. Дизрегуляторні процеси превалювали в проекціях зон кори мозку, маючих відношення к регуляції психоемоційного стану людини.

Ключові слова: адаптація, Антарктика, експедиція, біоелектрична активність мозку, ЕЕГ.

Cherniy S.V. Alterations of cerebral electrogenesis in human after long antarctic expedition / S.V. Cherniy, Y.V. Moiseyenko, V.B. Pavlenko, V.P. Semeniuk, V.V. Lisinchyuk, A.A. Kovalenko, S.-A.I. Madyar, Ye.E. Kovalevskaya // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 216–230.

Researches of features of electric activity of cerebrum of man are conducted after annual sensory deprivation in the extreme terms of Antarctic. In researches candidates in the Antarctic expedition (12 men) and winterers (12 men) took part after returning from a long expedition (13 months) at the station Vernadsky (65 14'43"S; 64 15'24"W). By the characteristic feature of changes biorhythm activity of cerebrum of human after annual sensory deprivation in the extreme terms of Antarctic there is that emotional stimulation of different modality

demonstrates depressed of answer of cerebral biorhytm with strengthening of its low frequency spectrum on a background universal desynchronisation of rhythms of EEG with predominating of dysregulation displays in the projections of areas of bark of brain, relating to adjusting psychoemochen status of human.

Keywords: adaptation, Antarctic, expedition, bioelectric brain activity , EEG.

Поступила в редакцию 04.12.2009 г.

УДК 591.51

ВАРИАЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОГО РИТМА У ДЕТЕНЫШЕЙ АФАЛИНЫ (*TURSIOPS TRUNCATUS*) В РАННЕМ ПОСТНАТАЛЬНОМ ПЕРИОДЕ

Чечина О.Н., Кондратьева Н.Л.

*НИЦ «Государственный океанариум», Украина, г. Севастополь,
e-mail: chechina0001@mail.ru*

Изучен дыхательный ритм у родившихся в Океанариуме 4 детенышей дельфина афалины (*Tursiops truncatus*) в процессе раннего постнатального развития путем визуальных наблюдений, регистрации этограмм и видеосъемки. Установлено резкое учащение дыхания детеныша при первых отходах от матери и активном передвижении по отсеку. По мере развития детенышей (возраст более 4 месяцев) различия по ЧД в ситуации синхронного плавания с матерью и одиночном передвижении по отсеку снижались. Возможно, что учащение дыхания у детенышей при первых отходах от матери связано как с увеличением физической нагрузки, так и эмоциональным возбуждением в ответ на раздражители окружающей обстановки.

Ключевые слова: дельфин афалина, дыхательный ритм, онтогенез

ВВЕДЕНИЕ

Морские млекопитающие выработали в ходе эволюции целый ряд функциональных приспособлений, которые затронули, в первую очередь, дыхательную систему. Одной из физиологических адаптаций этой системы является аperiодичность дыхания, которая характеризуется различными по длительности дыхательными паузами (ДП). Известно, что дыхательный ритм дельфинов определяются многими факторами: состоянием животного, возрастом, двигательной активностью, глубиной погружения и т.п. Имеющиеся в литературе сведения о дыхании детенышей дельфинов немногочисленны [1, 4]. Данные этих публикаций свидетельствуют о том, что в период новорожденности детеныши афалин имеют редкий дыхательный ритм, к 18-30 дню жизни их дыхание учащается. Но при этом остается вне рассмотрения связь характеристик дыхательного ритма с той или иной поведенческой ситуацией.

Цель настоящей работы – изучение характеристик дыхательного ритма у детенышей дельфина афалины (*Tursiops truncatus*) в раннем постнатальном периоде в различных ситуациях

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в научно-исследовательском центре “Государственный океанариум” Украины. Исследования проводились на 4 парах мать-детеныш

черноморских дельфинов афалин (*Tursiops truncatus*). Животные содержались в отсеках морского вольера размером 5х10 м при глубине 5 м.

Для описания поведения дельфинов проводили визуальные наблюдения, а с целью их документирования использовали видеосъемку и метод регистрации этограмм на основе составленного систематизированного перечня элементов, включающего позы и двигательные акты. На основе морфо-функционального критерия они были объединены в следующие функциональные группы: локомоция, отдых, игровое, ориентировочно-исследовательское поведение, взаимодействие матери и детеныша.

Запись этограмм матери и детеныша осуществляли одновременно в течение 30-минутных периодов, использовали также графические схемы передвижения животных в акватории отсеков. Оценку ритма дыхания проводили путем определения средней частоты дыхания, анализа распределения дыхательных пауз с применением редуцированного вариационного ряда и частоты встречаемости пауз [4]. Результаты наблюдений и экспериментов обрабатывались статистически при помощи программ «Microsoft Excel».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Наблюдения показали, что мать и детеныш в течение первых десяти дней после его рождения осуществляли совместное, очень стереотипное, круговое передвижение по отсеку. Дыхательный акт осуществлялся ими, как правило, синхронно, в двух определенных точках акватории отсека, при этом мать обычно незначительно опережала детеныша.

В течение этого периода времени частота дыхания (ЧД) у разных пар мать - детеныш составляла в среднем от 2,1 до 2,5 дых/мин. Распределение дыхательных пауз (ДП) имело упорядоченный характер, с одним максимальным значением 30% в области ДП=20-25 с (рис. 1, А).

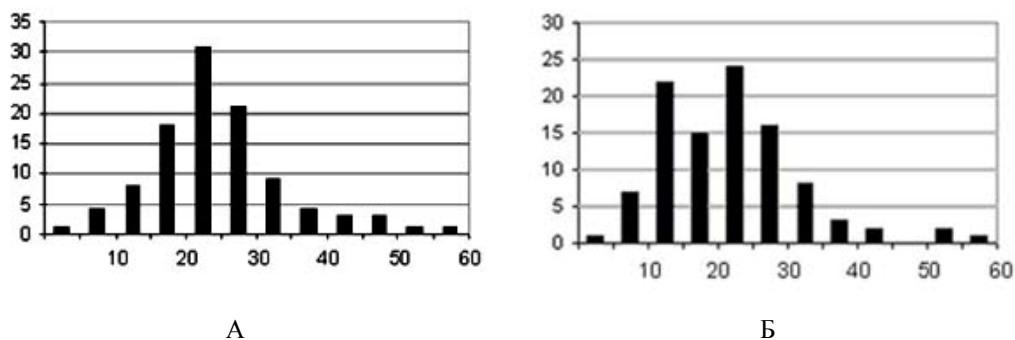


Рис.1. Гистограмма распределения дыхательных пауз матери и детеныша: А - в течение первых 10-ти дней; Б – с 11-го по 30-й день: по оси абсцисс – длительность ДП, в с; по оси ординат - % встречаемости

В процессе развития детенышей (с 11 по 30 сутки после рождения) ЧД дельфинов в ситуации синхронного плавания повышалась (до 3,2 дых/мин) и изменялось распределение ДП. Так, в гистограмме распределения дыхательных пауз выделялось два максимальных значения: в области ДП=10-15 с - 20%, и в области ДП=20-25 с - 25% (рис. 1, Б).

Кроме того, в этот период времени детеныши начинали кратковременно отходить от матери, и во время одиночного плавания частота дыхания у них значительно увеличивалась (в среднем до 6,1 дых/мин), в то время как у матери оставалась прежней. При этом происходил сдвиг гистограммы распределения ДП в левую сторону: ДП= 5-10 с составляли 45% общего числа ДП (рис. 2).

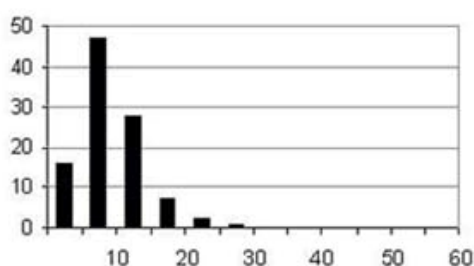


Рис. 2. Гистограмма распределения дыхательных пауз детеныша при отходе от нее: по оси абсцисс – длительность ДП, в с; по оси ординат – % встречаемости

Установлено, что у одного из детенышей (в возрасте 40 дней) при одиночном активном передвижении по отсеку ЧД в разных ситуациях составляла от 6,8 до 8,9 дых/мин. У детеныша в возрасте 4 месяца двигательная нагрузка уже не вызывала такого значительного увеличения ЧД. Так, в ситуации нахождения детеныша в статической позе, при поглаживании его тренером, ЧД составляла 2,5 дых/мин. В аналогичной ситуации, но при отходе детеныша от тренера и активном передвижении по отсеку в течение некоторого времени, ЧД увеличивалась до 4,0 дых/мин.

Таким образом, наши исследования, как и проведенные ранее [1, 4], показали, что дыхательные акты в раннем постнатальном периоде у детенышей синхронны с дыханием матери, ритм дыхания редкий. Но при отходе от матери происходило значительное увеличение частоты дыхания детеныша.

Известно, что детеныш в процессе синхронного плавания с матерью занимает определенное местоположение, около спинного плавника или под животом матери [6, 7]. По данным Е.В. Романенко [5] существуют определенные различия по отрицательному градиенту динамического давления в различных частях тела дельфина при плавании, связанного с турбулизацией и ламинаризацией потока воды. Отрицательный градиент динамического давления достигает значительной величины в головной и хвостовой частях тела животного, тогда как в средней части тела градиент давления сравнительно мал.

Аналогичные данные представлены Г.Ф. Вудом [3], в книге которого описаны наблюдения и зарисовки, сделанные У.Э. Эвансом и Л.Э. Мак-Кинли, тихоокеанских белобоких дельфинов, плывущих в фосфоресцирующей воде. По рисункам видно, что турбулизация охватывает среднюю часть тела, тогда как в передней части тела и на хвостовом стебле видны темные места, соответствующие ламинарному обтеканию. На этой же части зарисовки видно, что верхняя и нижняя части тела заметно фосфоресцируют, что свидетельствует о наличии узких участков турбулизации на спине и животе животных.

Эти данные позволяют предположить, что нахождение детеныша рядом с матерью, около спинного плавника может обеспечивать значительное снижение энергозатрат при плавании. Отходы детенышей от матери приводят к необходимости увеличивать энергозатраты при плавании, а в связи с этим и увеличению частоты дыхания. С другой стороны, возможно, что на учащении ЧД могло оказывать влияние и эмоциональное возбуждение детеныша, возникавшее в ответ на раздражители обстановки, что было показано в работе на лосях [2].

Необходимо отметить также, что активная роль в сохранении пространственной близости с детенышем в раннем постнатальном периоде принадлежит матери, которая постоянно контролировала его местонахождение и при отходе осуществляла необходимое воздействие, чтобы вернуть к себе. По мере физического развития детеныши все больше времени проводили отдельно от матери.

ВЫВОДЫ

1. Дыхание матери и детеныша в период новорожденности синхронно, ритм дыхания редкий, распределение дыхательных пауз имеет упорядоченный характер.
2. При отходах от матери и активном передвижении по отсеку у детеныша происходит значительное учащение дыхания.
3. Учащение дыхания детенышей при отходе от матери связано в первую очередь с увеличением физической нагрузки, возникающей при самостоятельном сопротивлении воды.

Список литературы

1. Богданова Л.Н. Особенности дыхания и поведения беременных самок и рожденных детенышей сивучей и черноморских дельфинов афалин при содержании и адаптации к условиям неволи / Л.Н. Богданова // Современные проблемы физиологии и экологии морских животных (рыбы, птицы, млекопитающие): Тез. докл. Междунар. семинара. (г. Ростов-на-Дону, 11-13 сентября 2002 г.). – Ростов-на-Дону, 2002. – С. 14–17.
2. Богомолова Е.М. Эмоциональное напряжение как проявление опережающего отражения действительности живым организмом / Е.М. Богомолова, Ю.А. Курочкин // Международная советско-американская Павловская конференция памяти П.К. Анохина "Эмоции и поведение: системный подход" 26-29 июля 1984 г.: Тез. докл. – Москва, 1984. – С. 49–51.
3. Вуд Г.Ф. Морские млекопитающие и человек. / Вуд Г.Ф. – М.: Гидрометеиздат, 1979. – 265 с.
4. Колчинская А.З. Дыхание и кислородные режимы организма дельфинов / Колчинская А.З., Маньковская И.Н., Мисюра А.Г. – Киев: Наук. думка, 1980. – 132 с.

5. Романенко Е.В. Гидродинамика черноморской афалины / Е.В. Романенко // Черноморская афалина *Tursiops truncatus ponticus*: Морфология, физиология, акустика, гидродинамика. – Москва, 1997, б. – С. 621–649.
6. Чечина О.Н. Динамика становления локомоции афалин (*Tursiops truncatus ponticus* Barabach, 1940) в раннем онтогенезе / О.Н. Чечина // Журн. эволюц. биох. и физиол. – 2007. – Т.43. – №4. – С. 357–361.
7. Mother-infant spatial relations in captive bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus* / C. Gubbins, B. McGowan, S. Lynn [et al.] // Mar. Mamm. Sci. – 1999. – V.15. – P. 751–765.

Чечина О.М. Варіації дихального ритму у дитинчат афаліни (*Tursiops truncatus*) в ранньому постнатальному періоді / О.М. Чечина, Н.Л. Кондратьєва // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 231-235.

Вивчений дихальний ритм у 4 дитинчат дельфіна афаліни (*Tursiops truncatus*), що народилися в Океанаріумі, в процесі раннього постнатального розвитку шляхом візуальних спостережень, реєстрації етограм і відеозйомки. Установлен різке почастищення дихання під час перших відходів від матері й активного пересування по відсіку. У процесі розвитку дитинчат (вік – більше 4 місяців) не було істотних відмінностей за ЧД в ситуації синхронного плавання з матір'ю і одиночного пересування по відсіку. Можливо, що почастищення дихання у дитинчат під час перших відходів від матері пов'язане як із збільшенням фізичного навантаження, так і емоційним збудженням у відповідь на подразники навколишньої обстановки.

Ключові слова: дельфін афаліна, дихальний ритм, онтогенез

Chechina O.N. Respiratory rate variations in bottlenose dolphin calves (*tursiops truncatus*) during early postnatal period / O.N.Chechina, N.L. Kondratiyeva // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 231-235.

Respiratory rate in four Bottlenose dolphin calves (*Tursiops truncatus*) born in Oceanarium during early postnatal period has been studied. The analysis's realized through visualization, ethograms and video filming. There's registered an abrupt respiratory acceleration in the calves at leaving mother and actively moving all over the cell. At growing (4 months and older) respiratory rate in calves at simultaneous swimming with mother and alone swimming is descending. Perhaps, acceleration at leaving mother is caused by physical activity increment and emotional excitement as the result of environment stimulants.

Key words: bottlenose dolphin, respiratory rate, ontogenesis.

Поступила в редакцію 21.11.2009 з.

УДК 612.135:528.811+537-96

ИНДИВИДУАЛЬНО-ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ: ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Чуян Е.Н., Ананченко М.Н.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина,
e-mail: Elena-chuyan@rambler.ru*

Методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) изучены индивидуально-типологические реакции микроциркуляторных процессов на низкоинтенсивное электромагнитное излучение крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ), или миллиметрового (мм) диапазона, у условно здоровых девушек-волонтеров в возрасте 18-23 лет. Показано, что низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ оказывает эффективное корректирующее дифференцированное влияние на показатели периферической микрогемодинамики, вызывая компенсаторно-приспособительные реакции. Курсовое воздействие ЭМИ КВЧ приводит к нивелированию межгрупповых различий и приближению значений показателей микроциркуляции у испытуемых с гипо- и гиперемическим типами микроциркуляции к наиболее сбалансированному в функциональном отношении нормоемическому, что свидетельствует о его гомеостатическом действии. **Ключевые слова:** низкоинтенсивное электромагнитное излучение миллиметрового диапазона, микроциркуляция крови, метод лазерной доплеровской флоуметрии, гипо-, гиперемический, нормоемический типы микроциркуляции.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных проблем современной физиологии является проблема исследования микроциркуляции крови, так как состояние микроциркуляции определяет адекватность трофического обеспечения тканей и органов, а также резервы поддержания гомеостаза всех систем организма человека. Изменения в системе микроциркуляции крови коррелируют со сдвигами в центральной гемодинамике, что позволяет использовать параметры микроциркуляции в качестве прогностических и диагностических критериев в оценке общего функционального состояния организма. Известно, что в микроциркуляторном русле помимо обеспечения транкапиллярного обмена реализуется и его реакция на воздействие факторов внешней и внутренней среды [1 – 4]. Однако отклик системы микроциркуляции на действие этих факторов и корректирующих мероприятий различной природы и интенсивности, в том числе и электромагнитной, может быть различным.

В настоящее время не вызывает сомнения тот факт, что электромагнитные излучения (ЭМИ) различных диапазонов обладают выраженной биологической активностью, в частности, положительным вазотропным действием, влекущим

изменения процессов микроциркуляции. Однако сведения, представленные в литературе по этому вопросу весьма немногочисленны и крайне противоречивы, даже при условии совпадения используемых методов воздействия, регистрируемых параметров и схем проведения исследований. Так, ряд работ свидетельствует о вазодилататорном эффекте влияния ЭМИ [5 – 7], другие сообщают о вазоконстрикторном действии [8 – 10]. Существуют и такие исследования, в которых не было отмечено изменения перфузии при действии ЭМИ [11 – 13]. Такая неоднозначность ответа со стороны тканевого кровотока, возможно, обусловлена различным исходным состоянием функционирования микроциркуляторного русла, которое в проводимых исследованиях чаще всего не учитывается. Вместе с тем, в настоящее время при изучении морфофункциональных особенностей организма человека с помощью различных диагностических и прогностических параметров все большее развитие получает индивидуально-типологический подход к их оценке.

В связи с этим, целью данной работы явилось изучение индивидуально-типологических реакций микроциркуляторных процессов на низкоинтенсивное электромагнитное излучения миллиметрового (мм) диапазона или крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ), которое в настоящее время широко используется для лечения заболеваний, в патогенезе которых присутствуют нарушения процессов микроциркуляции.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 49 студентов-волонтеров женского пола в возрасте 18-23 лет, условно здоровых, которые были разделены на две группы: контрольную (n=20) и экспериментальную (n=19).

Испытуемые экспериментальной группы подвергались действию низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ, а волонтеры контрольной – ложному воздействию данного физического фактора (плацебо).

Экспериментальное воздействие ЭМИ КВЧ осуществлялось на протяжении 10 дней, ежедневно, в утреннее время суток на 7-миканальном аппарате «РАМЕД. ЭКСПЕРТ-04» ($\lambda=7,1$ мм, частота излучения 42,4 ГГц, плотность потока мощности – $0,5$ мВт/см², частота модуляции 8 Гц) (производство научно-исследовательской лаборатории «Рамед», г. Днепропетровск; регистрационное свидетельство МЗ №783/99 от 14.07.99, выданное КНМТ МОЗ Украины о праве на применение в медицинской практике в Украине). Воздействие осуществлялось в течение 30-ти минут на области биологически активных точек, а именно: G-I15 правого плечевого сустава, на симметричные E-34, RP-6 и GI-4. Выбор этих точек обусловлен их рефлексогенным общеукрепляющим и стимулирующим действием на организм [14].

В целях исследования микроциркуляции крови использовался метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ), который позволяет оценивать индивидуальную изменчивость кровотока и механизмы его регуляции. Этот метод основан на оптическом зондировании тканей монохроматическим излучением и дает возможность реализовать интегральную неинвазивную оценку состояния микроциркуляторной гемодинамики в органах и тканях, тесно коррелирующую со сдвигами в центральной гемодинамике. Эта технология не только успешно внедряется в медицинскую

практику, но и широко используется в медико-биологических исследованиях организма человека [3, 17, 21, 22, 31]. ЛДФ осуществляли лазерным анализатором кровотока «ЛАКК-02» (производство НПП «Лазма», Россия) с двумя источниками лазерного излучения, работающими на длине волны 0,8 мкм. При флоуметрии зондирующее лазерное излучение позволяет получить отраженный сигнал из тонкого слоя кожи толщиной до 1 мм, который содержит структуры микроциркуляторного русла, то есть артериолы, терминальные артериолы, капилляры, посткапиллярные венулы, венулы и артериоло-венулярные анастомозы [4]. Особо необходимо отметить, что глубина проникновения лазерного луча при ЛДФ-метрии совпадает с таковой для мм излучения, что представляется важным для исследований изменений микроциркуляторных процессов под влиянием ЭМИ КВЧ.

Испытуемые во время исследования находились в положении сидя. Головка оптического зонда фиксировалась на вентральной поверхности второго пальца правой руки. Исследование состояния микроциркуляции проводили на 1, 3, 5, 7, 10-е сутки эксперимента в утреннее время сразу после КВЧ-воздействия.

Регистрируемый при ЛДФ-метрии сигнал представляет собой интегральную характеристику подвижности эритроцитов в зондирующем объеме ткани. С помощью компьютерной программы обработки ЛДФ-граммы определяли основные статистические показатели.

Параметр микроциркуляции (ПМ; перф. ед.) – отражает степень перфузии преимущественно эритроцитарной фракцией в единице объема ткани за единицу времени и позволяет проследить ее динамику при реакции кровотока на различные воздействия. Указанная величина выражается формулой [3]:

$$\text{ПМ} = \text{Нкп} \cdot \text{Нк} \cdot V_{\text{ср}}, \quad (1)$$

где Нкп – капиллярный гематокрит, представляет собой объемное содержание эритроцитов капиллярной крови, выраженное в процентах; Нк – количество функционирующих в данный момент капилляров в исследуемом объеме; $V_{\text{ср}}$ – усредненная скорость эритроцитов.

Среднее квадратическое отклонение (флакс, СКО, σ ; перф.ед.) – средние колебания перфузии относительно среднего значения ПМ, характеризующие временную изменчивость перфузии, а также отражающие среднюю модуляцию кровотока во всех частотных диапазонах [4]. Фундаментальной особенностью микроциркуляции является ее постоянная изменчивость, как во времени, так и в пространстве, что и проявляется в спонтанных флуктуациях тканевого кровотока. Изменчивость микроциркуляции и связанная с ней колеблемость кровотока, по сути своей, есть объективная характеристика уровня жизнедеятельности тканей. Средняя амплитуда колебаний потока эритроцитов, именуемая в микрососудистой семантике как флакс (“flux”), оценивается величиной среднего квадратического отклонения (СКО) также в перфузионных единицах [3, 4].

Коэффициент вариации (K_v , %) – характеризует соотношение между изменчивостью перфузии (флаксом) и средней перфузией (ПМ) в зондируемом участке тканей и вычисляется по формуле [3]:

$$K_v = \text{СКО} / \text{ПМ} \cdot 100\%. \quad (2)$$

Расчетные параметры ПМ, СКО и Kv дают лишь общую оценку состояния микроциркуляции крови. Более детальный анализ функционирования микроциркуляторного русла может быть проведен на втором этапе обработки ЛДФ-грамм базального кровотока при исследовании структуры ритмов колебаний перфузии крови [3]. Наиболее точным и корректным является вейвлет-преобразование ЛДФ-грамм. Это связано с тем, что данный метод анализа имеет сравнительно лучшее разрешение по частоте и по времени; более приспособлен к анализу нестационарных сигналов, которыми являются медицинские физиологические сигналы; позволяет анализировать получаемый сигнал в виде амплитудно-частотных характеристик; в несколько раз снижает вариабельность исследуемых параметров и упрощает трактовку получаемых сигналов; дает возможность более детально определить вклад отдельных механизмов регуляции, модулирующих микрокровооток. Вейвлет-преобразование позволяет наилучшим образом по сравнению с другими математическими методами (быстрое преобразование Фурье, Butterworth) выявить периодичность коротких и длинных процессов, представленных в одной реализации и проводить анализ нормированных характеристик ритмов колебаний кровотока: эндотелиального, нейрогенного, миогенного, дыхательного и пульсового компонентов [3, 4, 15].

Среди выделяемых колебаний микрокровоотка наиболее физиологически значимыми являются эндотелиальные колебания, которые регистрируются в пределах 0,0095-0,02 Гц. Они связаны с периодическими сокращениями эндотелиоцитов, обусловленными сокращением их цитоскелета и характеризуют влияние гуморально-метаболических факторов на состояние микроциркуляции. Миогенные колебания (0,07-0,15 Гц) обусловлены спонтанной периодической активностью гладких миоцитов в стенке артериол, вызывающей периодические изменения их диаметра (вазомоции). На миогенные модуляции тканевого кровотока посредством вазомоторного механизма накладываются нейрогенные флуксуации (0,02-0,046 Гц), отражающие влияние симпатического звена регуляции. Снижение амплитуд нейрогенных колебаний может свидетельствовать об угнетении вазомоторного механизма. Эндотелиальный, миогенный и нейрогенный компоненты относятся к активным механизмам регуляции процессов микроциркуляции, пассивными являются дыхательные и пульсовые влияния [3, 4]. Дыхательные колебания (0,15-0,4 Гц) представлены периодическими изменениями давления в венозном отделе сосудистого русла, вызываемыми дыхательными экскурсиями грудной клетки [16]. Пульсовые колебания (0,8-1,6 Гц) кровотока обусловлены перепадами внутрисосудистого давления, которые в большей или меньшей степени синхронизированы с кардиоритмом [3, 17].

Ввиду значительных колебаний амплитуд ритмов (A), их нормированные характеристики анализировались по формуле [3]:

$$A_{\text{норм}} = A / 3\sigma, \quad (3)$$

где A – амплитуда колебаний в диапазоне от 0,02 – 2 Гц.

Такая нормировка позволяет перейти к безразмерным величинам и исключить влияние нестандартных условий проведения исследований.

Вклад различных ритмических составляющих оценивался по мощности их спектра (Р) в процентном отношении к общему спектру флуксуций [17]:

$$P = A_{\Sigma}(n, m, d, c)^2 / (A_{\Sigma}^2 + A_n^2 + A_m^2 + A_d^2 + A_c^2) * 100\%, \quad (4)$$

где A_{Σ} – амплитуды эндотелиальных, A_n – нейрогенных, A_m – миогенных, A_d – дыхательных, A_c – пульсовых ритмов колебаний тканевого кровотока.

Таким образом, математический аппарат Вейвлет позволяет наилучшим образом выявлять периодичность процессов микроциркуляции, представленных в ЛДФ-грамме, но наиболее значимым при Вейвлет-анализе является возможность оценить влияние миогенных и нейрогенных компонентов тонуса микрососудов [3, 17]. Природа нейрогенного тонуса связана с активностью α -адренорецепторов мембран гладкомышечных клеток мышечного слоя сосудистых стенок, возбуждение которых приводит к вазоконстрикции. Природу миогенного тонуса связывают с активностью гладкомышечных клеток-пейсмекеров, способных к спонтанной деполяризации и обуславливающих миогенную автоматию сосудистых гладких мышц в артериолах, прекапиллярах, сфинктерах. Также на гладкую мускулатуру и соответственно на миогенный тонус влияют внесинаптические факторы гормональной и местной гуморальной регуляции, в том числе нейропептиды, эндотелиальные метаболиты, растяжение циркулирующей кровью и др [3].

Регистрируемые амплитуды осцилляций кровотока эндотелиального, нейрогенного и миогенного эндотелиально-независимого происхождения прямо связаны с величинами просвета микрососудов, а, следовательно, и с мышечным тонусом.

Нейрогенный тонус прекапиллярных резистивных микрососудов определяется по формуле [3]:

$$HT = (\sigma * P_{cp}) / (A_n * PM), \quad (5)$$

где σ – среднее квадратическое отклонение показателя микроциркуляции, P_{cp} – среднее артериальное давление, A_n – наибольшее значение амплитуды колебаний перфузии в нейрогенном диапазоне, PM – среднее арифметическое значение показателя микроциркуляции.

Миогенный тонус (MT) метартериол и прекапиллярных сфинктеров определяется по формуле [3]:

$$MT = (\sigma * P_{cp}) / (A_m * PM). \quad (6)$$

Следовательно, значения нейрогенного и миогенного тонусов обратно пропорциональны амплитудам осцилляций соответственного диапазона. Снижение амплитуды данных осцилляций сочетается с повышением тонуса и жесткости самой сосудистой стенки и, наоборот, повышение амплитуд является следствием снижения сосудистого тонуса [3].

Соотношение активных модуляций кожного кровотока, обусловленных эндотелиальным, миогенным, нейрогенным механизмами и дополнительных парасимпатических влияний на него рассчитывалось как индекс флуксуций, или индекс эффективности микроциркуляции (ИЭМ) [3]:

$$ИЭМ = (A_{\Sigma} + A_n + A_m) / (A_d + A_c). \quad (7)$$

Для сравнения изменений показателей под влиянием ЭМИ КВЧ у испытуемых с различными типами микроциркуляции был введен коэффициент сравнения (КС), вычисляемый по формуле:

$$КС=(X-Y)/X*100\%, \quad (8)$$

где X и Y - это значения показателей микроциркуляции у испытуемых разных групп.

Оценка достоверности внутригрупповых различий полученных данных проводилась с использованием критерия Вилкоксона (Wilcoxon matched pairs test), межгрупповых различий – с помощью критерия парных сравнений U-теста Манна-Уитни (Mann-Whitney U Test) [18, 19]. Внутри- и межгрупповые различия считались достоверными при $p \leq 0,05$. Для выявления связей между показателями микроциркуляции использовался метод кластерного анализа с построением дендрограмм (Joining (tree clustering)), являющийся многомерным статистическим методом, позволяющим находить скрытые связи как внутри функциональных систем, так и между ними [19].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

ЛДФ-метрия у испытуемых выявила определенные индивидуально-типологические отличия показателей микроциркуляции, которые свидетельствуют о значительной неоднородности величин изучаемых параметров в выборке и отражают вегетативный статус испытуемых. В качестве критериев индивидуально-типологических особенностей состояния микроциркуляции нами были выбраны основные статистические показатели, получаемые при ЛДФ-метрии, а именно М, СКО, K_v , что позволило выявить три типа ЛДФ-грамм: аperiодический (36,8% испытуемых), монотонный с низкой (31,6% испытуемых) и высокой перфузией (31,6% испытуемых) [20].

Аperiодический тип ЛДФ-грамм характеризовался высокими значениями СКО, K_v , ИЭМ, доминированием в системе регуляции низкочастотных компонентов на фоне сниженного влияния высокочастотных волн, что указывает на полноценный приток крови в капиллярное русло и своевременный отток периферической крови и свидетельствует о высокой сбалансированности активных и пассивных регуляторных механизмов [20]. Все это позволило сделать вывод о том, что данный тип ЛДФ-грамм соответствует нормоемическому типу микроциркуляции.

Монотонный тип ЛДФ-грамм с низкой перфузией достоверно отличался от аperiодического более низкими значениями ПМ, СКО, ИЭМ, амплитуд дыхательной волны и преобладанием симпатических нейрогенных влияний, что свидетельствует о слабом притоке крови в микроциркуляторное русло за счет спазма приносящих сосудов и меньшей по сравнению с аperiодическим типом, сбалансированностью активных и пассивных регуляторных механизмов [20] (табл. 1). Следовательно, данный тип ЛДФ-грамм соответствует гипоемическому, или спастическому типу микроциркуляции.

Монотонный тип ЛДФ-граммы с высокой перфузией характеризовался высокими значениями ПМ на фоне низких СКО, K_v и ИЭМ, высокими значениями амплитуд всех ритмов по сравнению с таковыми у двух предыдущих типов, что свидетельствует об угнетении вазомоторного механизма в регуляции микрокровотока, следствием чего является повышенный приток крови со стороны артериол и затрудненный отток со стороны венул [20] (табл. 1). Поэтому этот тип ЛДФ-грамм соответствует гиперемическому типу микроциркуляции.

Полученные данные об индивидуально-типологических особенностях микроциркуляторных процессов согласуются с литературными [3, 4, 21, 22].

Как показали результаты настоящего исследования, у испытуемых всех трех групп реакция на действие ЭМИ КВЧ была не одинакова. Наименее выраженные изменения показателей микроциркуляции были выявлены у испытуемых первой группы с аperiodическим типом ЛДФ-граммы. Так, под влиянием ЭМИ КВЧ у испытуемых данной группы показатели М, СКО и Kv достоверно не изменялись, однако происходило статистически значимое увеличение амплитудных значений эндотелиального и нейрогенного компонентов на фоне снижения НТ и МТ на 10-е сутки наблюдения (рис. 1; табл. 2).

Таблица 1.

Различия значений (в %) показателей микроциркуляции у испытуемых с монотонными типами ЛДФ-грамм по сравнению с таковыми у испытуемых с аperiodическим типом

Показатели	Типы ЛДФ-грамм	
	Монотонный с низкой перфузией	Монотонный с высокой перфузией
ПМ	↓ (-37,7%)	↑ (+36,4%)
СКО	↓ (-35,2%)	↓ (-49,7%)
Kv	↑ (+16,6%)	↓ (-59,4%)
ИЭМ	↓ (-19,6%)	↓ (-31,9%)
Аэ	↓ (-10%)	↑ (+15,7%)
вклад	↑ (+8%)	↓ (-30,8%)
Ан	↓ (-20,8%)	↑ (+32,3%)
вклад	↓ (-13%)	↓ (-5,6%)
НТ	↑ (+17,8%)	↓ (-25,4%)
Ам	↓ (-14%)	↑ (+64,8%)
вклад	↑ (+13,3%)	↑ (+64%)
МТ	↑ (+18,7%)	↓ (-16,9%)
Ад	↓ (-36%)	↑ (+62%)
вклад	↓ (-29%)	↑ (+80,6%)
Ас	↓ (-5%)	↑ (+142,7%)
вклад	↑ (+33%)	↑ (+212,1%)

Примечание: ↑↓ – достоверные увеличения/снижения значений показателей микроциркуляции у испытуемых с монотонными типами ЛДФ-грамм по отношению к таковым у испытуемых с аperiodическим типом ($p \leq 0,05$);

↑↓ – тенденция к увеличению/снижению значений показателей микроциркуляции у испытуемых с монотонными типами ЛДФ-грамм по отношению к таковым у испытуемых с аperiodическим типом, принятых за 100% ($p \geq 0,05$); остальные обозначения в тексте.

Наблюдаемый рост амплитудных значений эндотелиального компонента свидетельствует об увеличении секреции в кровь вазоактивных субстанций, что способствует возрастанию транспортной функции крови и обменных процессов [23, 24]. По-видимому, изменение амплитуд этих ритмов под влиянием ЭМИ КВЧ

связано с работой микроваскулярного эндотелия, обуславливающего выброс вазодилатора NO. Следовательно, воздействие ЭМИ КВЧ, возможно, является естественным регулятором активности эндогенного NO в физиологических системах организма и/или увеличения его продукции в клетках вследствие активации NO-синтазы. Возможно, это и явилось причиной снижения миогенного тонуса у испытуемых данной группы, так как известно, что эндотелиальный выброс NO включен в физиологическую регуляцию мышечного тонуса и играет важную роль в регуляции давления и распределения потока крови [11].

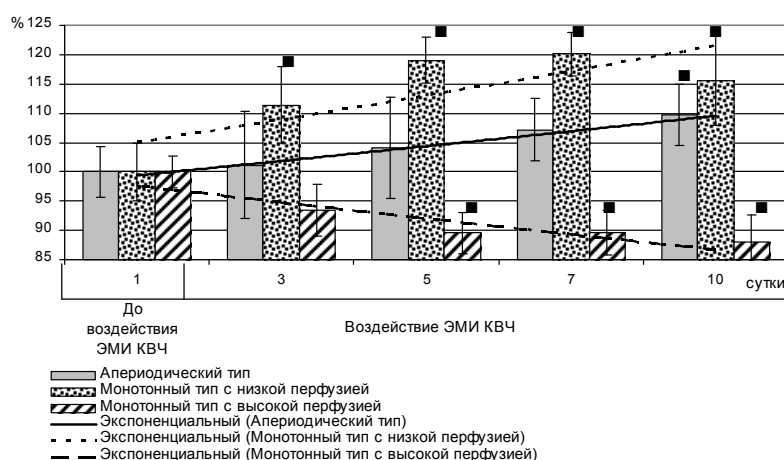


Рис. 1. Динамика амплитудных значений эндотелиального компонента у испытуемых с различными типами микроциркуляции под влиянием ЭМИ КВЧ (в % относительно контрольных значений, принятых за 100%).

Примечание: ■ – достоверность по отношению к контрольным значениям ($p \leq 0,05$).

Увеличение амплитуд нейрогенного компонента, наряду с понижением его тонуса, отражает снижение активности симпатической нервной системы на микрососуды и, следовательно, увеличение вазодилатации на путях притока крови в систему микроциркуляции [25]. Таким образом, у испытуемых с аperiодическим типом ЛДФ-граммы, в результате КВЧ-воздействия произошла активация эндотелиального компонента, а также снижение симпатических влияний нейрогенного компонента регуляции микрокровотока, что привело к повышению ИЭМ на 12,7% ($p \leq 0,05$) относительно значений в контрольной группе испытуемых.

Максимально выраженный вазотропный эффект в процессе КВЧ-терапии наблюдался у испытуемых второй и третьей группы с исходно выраженными отклонениями показателей микрогемодинамики, то есть имеющих монотонный тип ЛДФ-граммы, причем динамика этих показателей происходила разнонаправлено (табл. 2). У испытуемых второй группы с монотонным типом ЛДФ-граммы и низкой перфузией в результате курсового воздействия ЭМИ КВЧ произошло увеличение ПМ, СКО, амплитуд активных (Аэ, Ан, Ам) и пассивных (Ад, Ас) компонентов регуляции на фоне снижения К_у, НТ и МТ (рис. 1 - 3; табл. 2).

Таблица 2.

Изменение показателей ЛДФ-граммы (в %) под влиянием курсового воздействия ЭМИ КВЧ относительно значений в контрольной группе испытуемых

Показатели	Типы ЛДФ-грамм		
	Апериодический	Монотонный с низкой перфузией	Монотонный с высокой перфузией
ПМ	↑ (+8,9%)	↑ (+64%)	↓ (-21,7%)
СКО	↑ (+4,7%)	↑ (+53,3%)	↑ (+78,6%)
Kv	↓ (-9,7%)	↓ (-12,9%)	↑ (+108,8%)
ИЭМ	↑ (+12,7%)	↑ (+24,2%)	↑ (+47,6%)
Аэ вклад	↑ (+9,7%)	↑ (+15,6%)	↓ (-12%)
	↓ (-19,2%)	↓ (-27,6%)	↑ (+26%)
Ан вклад НТ	↑ (+26%)	↑ (+54,7%)	↓ (-17,8%)
	↑ (+17,3%)	↑ (+33,8%)	↑ (+10,8%)
	↓ (-17%)	↓ (-30,4%)	↑ (+19,6%)
Ам вклад МТ	↑ (+11,5%)	↑ (+31,6%)	↓ (-32,6%)
	↑ (+3,8%)	↓ (-3,5%)	↓ (-26,7%)
	↓ (-3,5%)	↓ (-20,3%)	↑ (+18,2%)
Ад вклад	↑ (+0,5%)	↑ (+51,7%)	↓ (-46%)
	↑ (+2,3%)	↑ (+28%)	↓ (-54%)
Ас вклад	↑ (+19,5%)	↑ (+59%)	↓ (-49,5%)
	↑ (+4,7%)	↑ (+42,2%)	↓ (-40,2%)

Примечание: ↑↓ - достоверные увеличения/снижения показателей ЛДФ-граммы под влиянием ЭМИ КВЧ относительно значений в контрольной группе испытуемых, принятых за 100% ($p \leq 0,05$); ↑ - тенденция к увеличению/снижению показателей ЛДФ-граммы под влиянием ЭМИ КВЧ относительно значений в контрольной группе испытуемых, принятых за 100% ($p \geq 0,05$); остальные обозначения в тексте.

Причем достоверное изменение данных показателей у испытуемых этой группы регистрировалось гораздо раньше, чем у волонтеров с нормоемическим типом микроциркуляции – уже после 3-5-го воздействия КВЧ-воздействия. Особо следует обратить внимание на существенное повышение ПМ (на 64%; $p \leq 0,05$) (рис. 2), СКО (на 53,3%; $p \leq 0,05$), Ан (на 54,7%; $p \leq 0,05$) и Ад (на 51,7%; $p \leq 0,05$) (табл. 2), которые у испытуемых этой группы были исходно ниже (см. табл. 1).

Таким образом, в результате воздействия ЭМИ КВЧ у испытуемых с монотонным типом ЛДФ-граммы и низкой перфузией (гипоемическим типом микроциркуляции) произошло снижение симпатических влияний за счет увеличения амплитудных значений и снижения тонуса нейрогенного компонента, аналогично тому, как это наблюдалось у испытуемых первой группы. Снижение миогенного тонуса прекапиллярных гладкомышечных клеток, являющегося последним звеном контроля микрокровотока перед капиллярным руслом, свидетельствует об уменьшении жесткости сосудистой стенки резистивных сосудов (мелких артерий, артериол, прекапиллярных сфинктеров) и снижении периферического сопротивления кровотока, что приводит к вазодилатации на входе системы, а также открытию и увеличению функциональной активности латентных

капилляров [4, 25]. Следствием этого является возрастание количества функционирующих капилляров и увеличение их диаметра (за счет адекватного кровенаполнения), обуславливающее благоприятное повышение притока крови в микроциркуляторное русло [26, 27]. О модуляции мышечного тонуса под влиянием мм излучения также свидетельствует повышение амплитуды эндотелиальных колебаний, которое приводит к увеличению секреции NO, вызывающего вазодилатацию микрососудов [3]. Уменьшение спастических явлений вследствие снижения сосудистого тонуса артериол, вероятно, способствовало увеличению локальной фракции сердечного выброса и притока артериальной крови, привносящей пульсовую волну, что проявилось в возрастании сердечного ритма в микроциркуляторном русле и повышении амплитуд пульсовых волн [27, 28]. Повышение амплитуд осцилляций дыхательной волны указывает на снижение венозного сопротивления периферических сосудов [25]. Таким образом, повышение активности эндотелиального компонента, снижение тонусов вазомоторных компонентов в результате КВЧ-воздействия, привело к уменьшению спазма микрососудов и значительному притоку артериальной крови в микрососудистое русло, чем и обусловлено повышение ПМ. Также в результате КВЧ-воздействия произошло увеличение СКО, что свидетельствует о повышении активности колебательных процессов микроциркуляторного русла [3, 4], которое может происходить при нарастающем влиянии не только активных механизмов, но и при увеличении пассивных модуляций тканевого кровотока [27], что и произошло в данном случае. Снижение Kv у испытуемых данной группы, очевидно, является следствием изменения ПМ и СКО, так как Kv отражает соотношение между изменчивостью перфузии (СКО) и ее средним значением ПМ [3, 4].

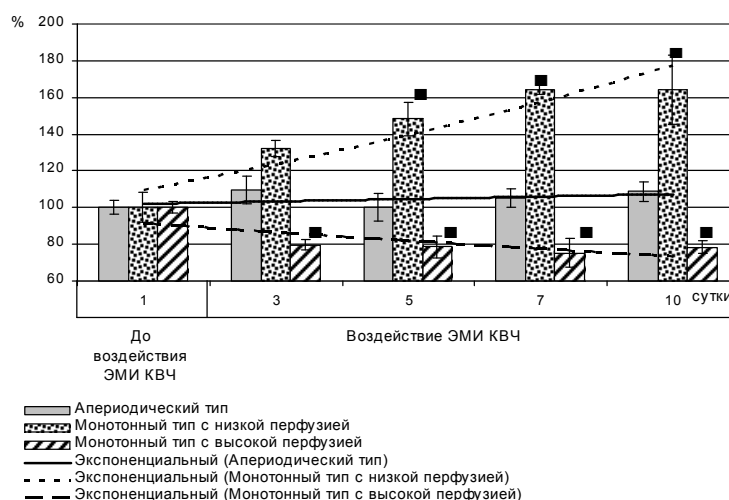


Рис. 2. Динамика показателя перфузии у испытуемых с различными типами микроциркуляции под влиянием ЭМИ КВЧ (в % относительно контрольных значений, принятых за 100%).

Примечания: обозначения те же, что и на рис.1.

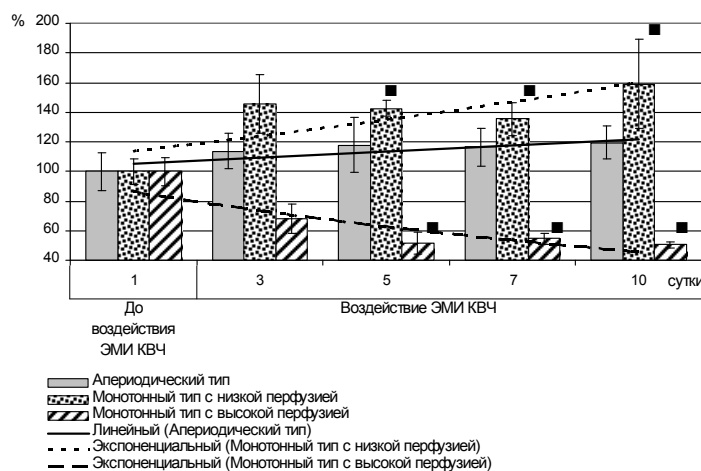


Рис. 3. Динамика амплитудных значений пульсового компонента у испытуемых с различными типами микроциркуляции под влиянием ЭМИ КВЧ (в % относительно контрольных значений, принятых за 100%).

Примечания: обозначения те же, что и на рис.1.

Следовательно, у испытуемых с монотонным типом ЛДФ-граммы и низкой перфузией, с исходно повышенным влиянием вазомоторных механизмов регуляции микроциркуляторных процессов, низкоинтенсивное воздействие ЭМИ КВЧ оказало модулирующее действие на показатели микроциркуляции, проявившееся в уменьшении спазма микрососудов и повышение притока крови в систему микроциркуляции в результате снижения функционирования активных механизмов контроля микрокровотока и увеличении пассивных. Такие изменения, вероятно, обусловили повышение ИЭМ на 24,2% ($p \leq 0,05$) относительно значений в контрольной группе испытуемых (табл. 2).

Полученные данные согласуются с литературными [26, 29, 30], которые указывают на выраженный нейротропный эффект ЭМИ КВЧ, проявляющийся как в непосредственном влиянии на периферические нервные волокна, так и в действии на центральную нервную систему, что влечет за собой улучшение психоэмоционального состояния, вегетативной регуляции, а также ослабление психогенных расстройств кровообращения (констрикторные реакции со стороны мелких сосудов периферического сопротивления).

У испытуемых третьей группы с монотонным типом ЛДФ-граммы и высокой перфузией в результате КВЧ-терапии перераспределение гемодинамических осцилляций происходило иначе: отмечалось снижение ПМ, повышение СКО, К_v, НТ, МТ, а также уменьшение амплитуд всех компонентов активной (Аэ, Ан, Ам) и пассивной (Ад, Ас) регуляции микрокровотока (рис. 1-3; табл. 2). Следует отметить, что у испытуемых этой группы снижение ПМ и исходно высоких амплитуд всех осцилляций микрокровотока (см. табл. 1), происходило, начиная с 5-7 суток КВЧ-воздействия.

Вероятно, в данном случае зарегистрировано избирательное действие ЭМИ КВЧ на измененные параметры системы, проявляющееся в снижении амплитуд

эндотелиального компонента и, соответственно, меньшей секреции вазодилататора NO; нейрогенного компонента наряду с повышением его тонуса, а, следовательно, активации симпатических влияний, способствующих увеличению вазоконстрикции артериол [3]. Снижение амплитудных значений и повышение тонуса миогенного компонента отражает повышение миогенной активности на регуляцию микрососудов, что свидетельствует об увеличении эластичности стенки периферических сосудов и, как следствие, уменьшении притока крови в микроциркуляторное русло [31 – 34]. Увеличение СКО и Kv также подтверждает повышение влияний на кровоток активных механизмов регуляции, происходящих за счет увеличения спазма сосудов при нарастающей вазомоторной активности [3, 4, 35]. Такая динамика осцилляций активных компонентов регуляции микрокровотока, способствующих снижению вазодилатации, наряду с понижением амплитуд пульсовых колебаний, отражающим уменьшение притока артериальной крови в микроциркуляторное русло, вероятно, и обусловили снижение ПМ. Известно, что повышение исходно сниженного тонуса венул, о чем свидетельствует снижение амплитуд дыхательной волны в результате КВЧ-воздействия, приводит к сокращению их диаметра, компрессии и выдавливанию содержимого периферических емкостных венул, вследствие чего, происходит перераспределение объема крови и облегчение венозного оттока [21, 26, 27].

Таким образом, в результате воздействия ЭМИ КВЧ у испытуемых с гиперемическим типом микроциркуляции произошло повышение влияний активных и снижение пассивных механизмов регуляции, что привело к снижению притока и улучшению оттока крови, а также увеличению ИЭМ на 47,6% относительно значений у испытуемых контрольной группы (табл. 2). Следовательно, наблюдаемые изменения обусловлены нормализацией симпато-вагусного баланса путем увеличения симпатической активности у испытуемых с исходно сниженными симпатическими влияниями микрососудистого тонуса.

Таким образом, ЭМИ КВЧ оказывает выраженное модулирующее влияние на процессы микроциркуляции у испытуемых всех выделенных групп, однако наименее выраженные изменения показателей микроциркуляции были выявлены у испытуемых с наиболее функционально сбалансированным аperiodическим типом ЛДФ-граммы, а максимально выраженный, однако разнонаправленный, вазотропный эффект в процессе КВЧ-терапии наблюдался у испытуемых, имеющих монотонный тип ЛДФ-граммы, то есть с исходно выраженными отклонениями показателей микрогемодинамики. При этом, обращает на себя внимание тот факт, что в результате курсового КВЧ-воздействия происходило постепенное сближение значений исследуемых показателей у волонтеров разных групп, на что указывает КС (рис. 4 – 6).

Следовательно, полученные данные свидетельствуют о том, что в результате курсового воздействия ЭМИ КВЧ произошла эффективная модуляция гемодинамических осцилляций тканевого кровотока, что выразилось в отсутствии статистически значимых межгрупповых различий и приближении значений показателей у испытуемых с гипо- и гиперемическими типами микроциркуляции к функциональному состоянию испытуемых с нормоемическим типом микроциркуляции, как наиболее сбалансированному (рис. 7; табл. 2), что

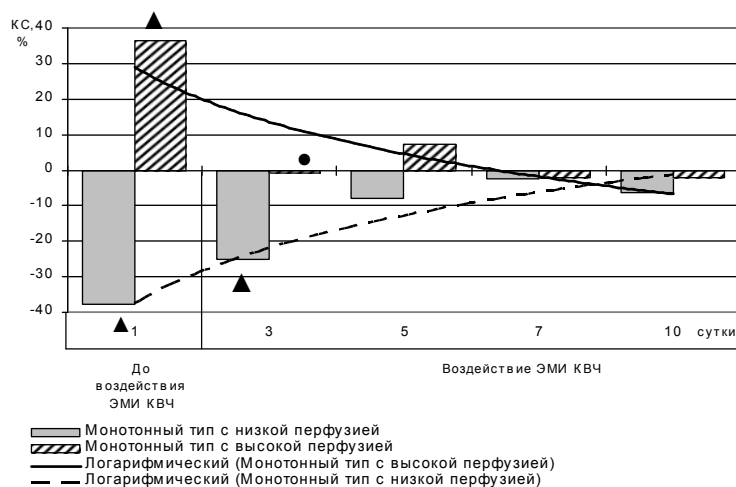


Рис. 4. Динамика коэффициента сравнения изменений показателя перфузии у испытуемых с монотонными типами ЛДФ-грамм и аperiodическим типом ЛДФ-граммы под влиянием ЭМИ КВЧ.

Примечание: ▲ - достоверность отличий относительно значений испытуемых 1-ой группы; ● - достоверность отличий относительно значений испытуемых 2-ой группы.

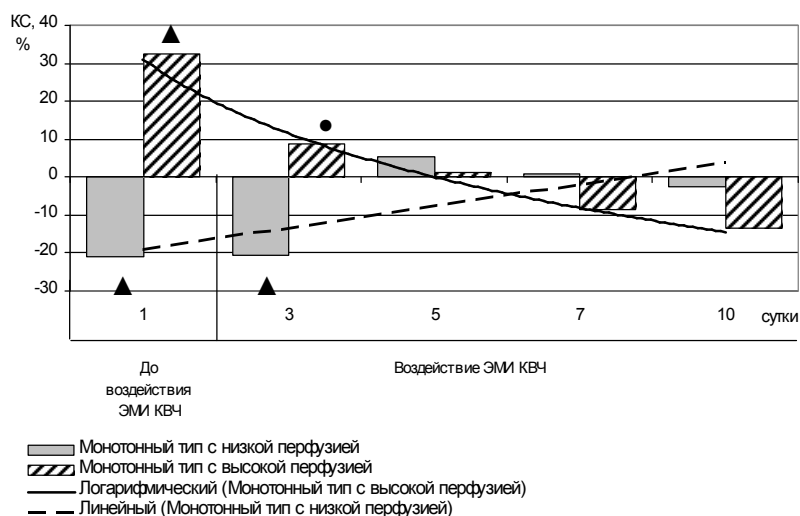


Рис. 5. Динамика коэффициента сравнения изменений амплитуд нейрогенных колебаний у испытуемых с монотонными типами ЛДФ-грамм и аperiodическим типом ЛДФ-граммы под влиянием ЭМИ КВЧ.

Примечания: обозначения те же, что и на рис. 4.

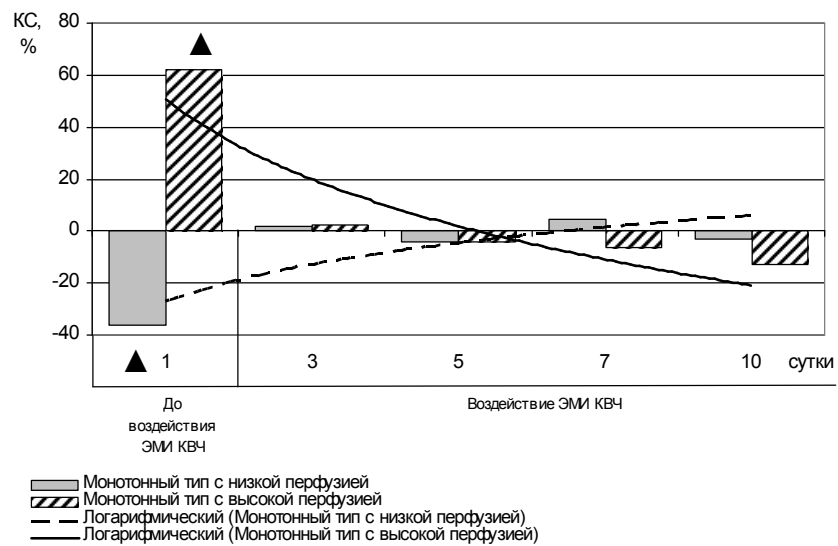


Рис. 6. Динамика коэффициента сравнения изменений амплитуд дыхательных колебаний у испытуемых с монотонными типами ЛДФ-грамм и аperiодическим типом ЛДФ-граммы под влиянием ЭМИ КВЧ.

Примечания: обозначения те же, что и на рис. 4.

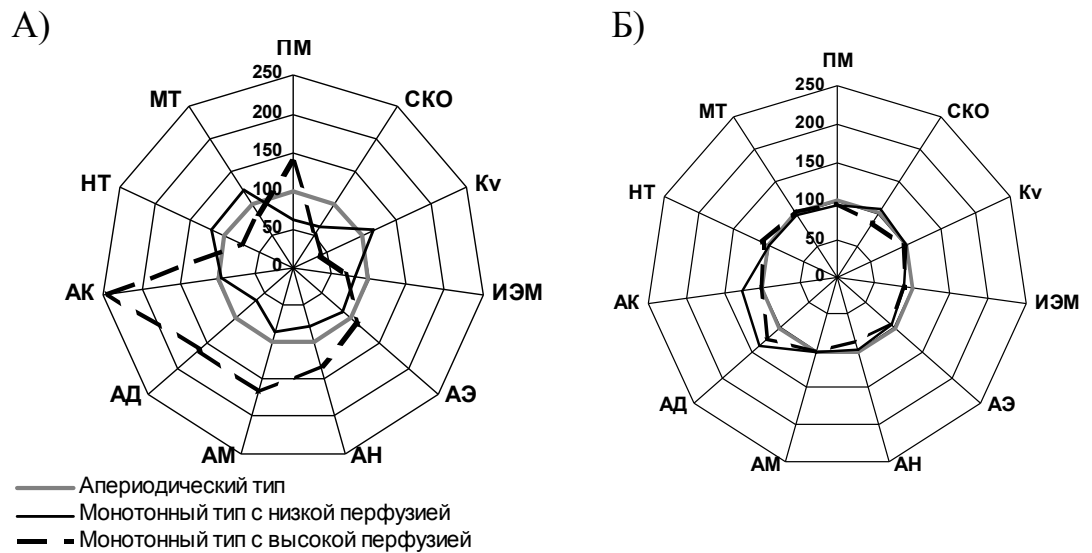


Рис. 7. Изменения показателей микроциркуляции у испытуемых с разными типами ЛДФ-грамм до (А) и после (Б) курсового КВЧ-воздействия.

подтверждается кластерным анализом (рис. 8). Дендрограммы кластерного анализа наглядно иллюстрируют перестройку показателей микроциркуляции под влиянием мм излучения, особенно выраженную у испытуемых третьей группы. После курсового КВЧ-воздействия дендрограммы у испытуемых всех типологических групп приблизились к таковой у испытуемых первой группы.

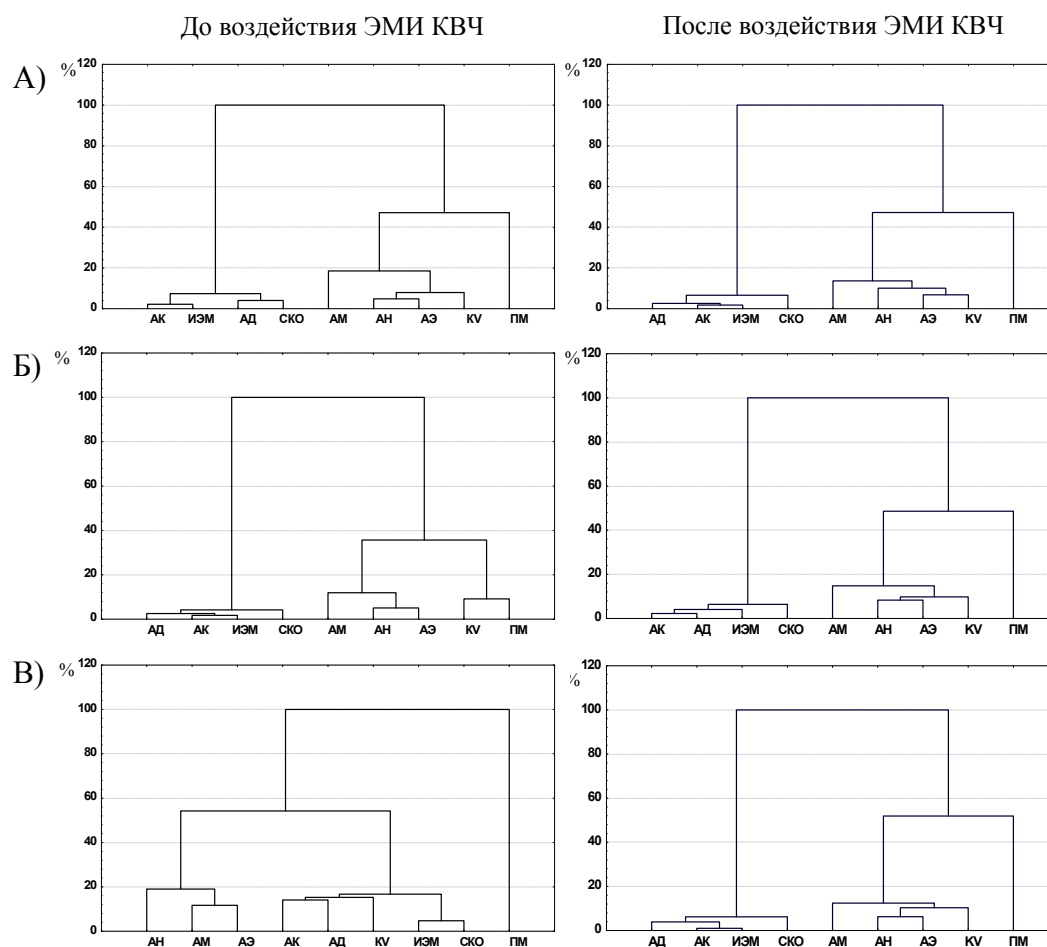


Рис. 8. Дендрограммы кластерного анализа показателей микроциркуляции у испытуемых с нормоемическим (А), гипоемическим (Б), гиперемическим (В), микрогемодинамическими типами до и после воздействия ЭМИ КВЧ.

Как известно, основной действующей силой низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ является информационная составляющая данного фактора, которая запускает собственные системы регуляции нарушенного гомеостаза [26, 29, 30]. При этом величина и направленность физиологических реакций на действие мм излучения зависит от исходного состояния биологической системы, что согласуется с законом

"начальных значений": чем выше исходная активность физиологического состояния, тем меньше ее относительное изменение при воздействии импульсов. Следовательно, изменения гемодинамических показателей тем более выражены, чем больше степень их отклонения от нормы. Возможно, именно избирательное действие ЭМИ КВЧ преимущественно на измененные параметры без влияния на исходно нормальные и является его отличительной особенностью, связанной с механизмом действия.

Таким образом, низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ оказывает эффективное корректирующее дифференцированное влияние на показатели периферической микрогемодинамики, вызывая компенсаторно-приспособительные реакции у испытуемых с разными индивидуально-типологическими особенностями микроциркуляторных процессов, приближая значения показателей микроциркуляции у испытуемых с гипо- и гиперемическими типами к наиболее сбалансированному в функциональном отношении нормоемическому типу, что свидетельствует о гомеостатическом действии этого физического фактора.

ВЫВОДЫ

1. Низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ оказывает эффективное корректирующее дифференцированное влияние на показатели периферической микрогемодинамики, вызывая компенсаторно-приспособительные реакции у испытуемых с разными индивидуально-типологическими особенностями микроциркуляторных процессов.
2. В результате воздействия ЭМИ КВЧ наименее выраженные изменения показателей выявлены у испытуемых, имеющих наиболее сбалансированный аperiодический, или нормоемический, тип микроциркуляции: повышение амплитуды эндотелиального и нейрогенного компонентов на фоне снижения нейрогенного и миогенного тонуса, что привело к повышению индекса эффективности микроциркуляции.
3. Максимально выраженный вазотропный эффект в результате курсового воздействия ЭМИ КВЧ наблюдался у испытуемых с исходно выраженными отклонениями показателей микрогемодинамики, то есть, имеющих монотонный тип ЛДФ-граммы.
4. У испытуемых с гипоемическим типом микроциркуляции происходило снижение влияния активных вазомоторных (нейрогенных и миогенных) механизмов на регуляцию кровотока, а также увеличение пассивных модуляций кровотока, что привело к повышению притока крови в микроциркуляторное русло.
5. У испытуемых с гиперемическим типом микроциркуляции происходило увеличение влияния активных механизмов модуляций кровотока за счет обоих составляющих его факторов – эндотелиальной и вазомоторной активности на фоне снижения пассивных модуляций кровотока, что привело к облегчению венозного оттока.
6. Курсовое воздействие ЭМИ КВЧ привело к нивелированию межгрупповых различий и приближению значений показателей микроциркуляции у испытуемых с гипо- и гиперемическими типами к наиболее сбалансированному

в функциональном отношении нормоемическому, что свидетельствует о его гомеостатическом действии.

Список литературы

1. Куприянов В.В. Микроциркуляторное русло / Куприянов В.В., Караганов Я.Л., Козлов В.И. – М.: Медицина, 1975. – 213 с.
2. Чернух А.М. Микроциркуляция / Чернух А.М., Александров П.Н., Алексеев О.В. – М.: Медицина, 1975. – 456 с.
3. Крупаткин А.И. Лазерная доплеровская флоуметрия микроциркуляции крови / А.И. Крупаткин, В.В. Сидоров – М.: Медицина, 2005. – 254 с.
4. Маколкин В.И. Метод лазерной доплеровской флоуметрии в кардиологии / Маколкин В.И., Бранько В.В., Богданова Э.А. – Пособие для врачей. – М.: Россельхозакадемия, 1999. – 48 с.
5. Miura, M. Non-thermal vasodilatation by radio frequency burst-type electromagnetic field radiation in the frog / M. Miura, J. Okada // J. Physiol. – 1991. – №435. – P. 257–273.
6. Xu. S. Acute effects of whole-body exposure to static magnetic fields and 50-Hz electromagnetic fields on muscle microcirculation in anesthetized mice / S. Xu, H. Okano, C. Ohkubo // Bioelectrochemistry. – 2001. – №53. – P. 127–135.
7. Alteration of diurnal rhythms of blood pressure and heart rate to workers exposed to radiofrequency electromagnetic fields / S. Szmigielski, A. Borkiewicz, E. Gadzicka [et al.] // Blood Press. Monit. – 1998. – №3(6). – P. 323–330.
8. Ueno, S. Effects of alternating magnetic fields and low-frequency electric currents on human skin blood flow / S. Ueno, P. Lövsund, P. Oberg // Med. Biol. Eng. Comput. – 1986. – №24. – P. 57–61.
9. Resting blood pressure increase during exposure to a radio-frequency electromagnetic field / S. Braune, C. Wrocklage, C. Wrocklage [et al.] // Lancet. – 1998. – №351(9119). – P. 1857–1858.
10. Skin temperature changes induced by strong static magnetic field exposure / S. Ichioka, M. Minegishi, M. Iwasaka [et al.] // Bioelectromagnetics. – 2003. – №24. – P. 380–386.
11. Jauchem J.R. Exposure to extremely-low-frequency electromagnetic fields and radiofrequency radiation: cardiovascular effects in humans / J.R. Jauchem // Int. Arch. Occup. Environ. Health. – 1997. – №70(1). – P. 9–21.
12. Effects of acute exposure to a 1439 MHz electromagnetic field on the microcirculatory parameters in rat brain / H. Masuda, A. Ushiyama, S. Hirota [et al.] // In Vivo. – 2007. – Vol. 21. – №4. – P. 555–562.
13. Wenzel. F. Cutaneous Microcirculation is not altered by a Weak 50 Hz Magnetic Field / F. Wenzel, J. Reißweber, E. David // Biomedical Engineering. – 2006. – №50(1-2). – P. 14–18.
14. Мачерет Е. Л. Руководство по рефлексотерапии / Е. Л. Мачерет, И. З. Самосюк. – Киев: Вища шк., 1982. – 302 с.
15. Вейвлет-анализ общей и глазной микрогемодинамики у больных первичной открытоугольной глаукомой с нормализованным внутриглазным давлением / П.П. Бакшинский, А.Ю. Боголюбская, Г.А. Дроздова [и др.] // Глаукома. – 2006. – №3. – С. 7.
16. Bollinger A. Evaluation of flux motion in man by the laser Doppler technique / A. Bollinger, U. Hoffman, U.K. Franzekck // Blood vessels. – 1991. – Vol.28. – Suppl. 1. – P. 21.
17. Индивидуально-типологические особенности микроциркуляции у человека / В.И. Козлов, Ф.Б. Литвин, Т.И. Станишевская [и др.] // Official Journal of the International Academy of Integrative Anthropology. Biomedical and Biosocial Anthropology. – 2007. – №9. – С. 249.
18. Лакин Г.Ф. Биометрия / Лакин Г.Ф. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
19. Боровиков В.П. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере / В.П. Боровиков – СПб.: Питер, 2001. – 656 с. – (Для профессионалов)
20. Чуян Е.Н. Индивидуально-типологический подход к исследованию процессов микроциркуляции крови / Е.Н. Чуян, М.Н. Ананченко // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Том 22 (61), №2. – С.160–188.
21. Литвин Ф.Б. Возрастные и индивидуально-типологические особенности микроциркуляции у мальчиков, подростков и юношей / Ф.Б. Литвин // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2006. – №1(17). – С. 44–50.

22. Станишевская Т.И. Индивидуально-типологические особенности микроциркуляции крови у девушек-студенток с разным соматотипом: диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук: 03.00.13 / Станишевская Татьяна Ивановна. – Мелитополь, Москва, 2006 г. – 174 с.
23. Stefanovska A. Physics of the human cardiovascular system / A. Stefanovska, M. Bracic // Contemporary Physics. – 1999. – V. 40. – №1. – P.31–35.
24. Regulation of human cutaneous circulation evaluated by laser Doppler flowmetry, iontophoresis, and spectral analysis: importance of nitric oxide and prostaglandins / P. Kvandal, A. Stefanovska, M. Veber [et al.] // Microvascular Research. – 2003. – V.65. – P. 160–171.
25. High-intensity static magnetic fields modulate skin microcirculation and temperature in vivo / S. Ichioka, M. Minegishi, M. Iwasaka [et al.] // Bioelectromagnetics. – 2000. – №21(3). – P. 183–188.
26. Силантьева Е.С. Лечение хронического воспаления придатков матки (гемодинамические аспекты КВЧ-терапии): диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук: 14.00.01 / Силантьева Елена Суликовна. – Москва, 2000 г. – 128 с.
27. Фаткуллин И.Ф. Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке динамики микроциркуляции при отеках беременных / И.Ф. Фаткуллин, Р.И. Габидуллина, Л.В. Орлов // Казанский медицинский журнал. – 2002. – Т. 83. – №4. – С. 289–293.
28. Цехмистренко Т.А. Индивидуально-типологические особенности состояния микроциркуляции крови у девушек / Т.А. Цехмистренко, Т.И. Станишевская // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2006. – №1(17). – С. 51–57
29. Ковалев А.А. Неосознаваемые эффекты влияния нетепловых электромагнитных излучений миллиметрового диапазона на интегративные звенья саморегуляции гомеостаза человека / А.А. Ковалев // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1997. – Т. 9. – С. 18–24.
30. Дикке Г.Б. КВЧ-терапия в комплексном лечении вегетативно-невротических нарушений у женщин после гистерэктомии в репродуктивном возрасте: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. мед. наук: 14.00.34. / Г.Б. Дикке – Томск, 1996. – 25 с.
31. Pressure and risk of preeclampsia: a prospective study / R. Thadhani, J.L. Ecker, E. Kettyle [et al.] // Obstet. Gynecol. – 2001. – Vol. 97. – №4. – P. 515–520.
32. Шифман Е.М. Преэклампсия, эклампсия, HELLP-синдром / Шифман Е.М. – Петрозаводск: Издательство «ИнтелТек», 2002. – 432с.
33. Кораблин П.Н. Нарушения микроциркуляции у больных пневмонией и их коррекция с применением низкоинтенсивного лазерного излучения: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. мед. наук: 14.00.05. / Кораблин Павел Николаевич. – Иваново, 2008. – 47 с.
34. Respiration-dependence of cutaneous laser Doppler flow motion / M.E. Mack-Weymann, H.P. Albrecht, D. Hiller [et al.] // Vasa. – 1994. – Vol.23. – №4. – P.299–304.
35. Fagrell B. Microcirculation: its significance in clinical and molecular medicine / B. Fagrell, M. Inraglietta // J. Intern. Medicine. – 1997. – Vol. 241. – №5. – P.349–362.

Чуян О.М. Індивідуально-типологічні особливості процесів мікроциркуляції: вплив низькоінтенсивного міліметрового випромінювання / О.М. Чуян, М.М. Ананченко. // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 236-254.

Методом лазерної доплерівської флоуметрії (ЛДФ) вивчені індивідуально-типологічні реакції мікроциркуляторних процесів на низькоінтенсивне електромагнітне випромінювання край високої частоти (ЕМВ КВЧ), або міліметрового (мм) діапазону, у умовно здорових дівчат-волонтерів у віці 18-23 років. Показано, що низькоінтенсивне ЕМВ КВЧ надає ефективний коригуючий диференційований вплив на показники периферичної мікрогемодинаміки, викликаючи компенсаторно-приспособні реакції. Курсова дія ЕМВ КВЧ приводить до нівеляції міжгрупових відмінностей і наближення значень показників мікроциркуляції у випробовуваних з гіпо- і гіперемічним типами мікроциркуляції до найбільш збалансованого у функціональному відношенні нормоемічного, що свідчить про його гомеостатичну дію.

Ключові слова: низькоінтенсивне електромагнітне випромінювання міліметрового діапазону, мікроциркуляція крові, метод лазерної доплерівської флоуметрії, гіпо-, гіперемічний, нормоемічний типи мікроциркуляції.

Chuyan E.N. Individually-typological features of processes of microblood circulation: influencing of lowintensity electromagnetic radiation of the millimetric range / E.N. Chuyan, M.N. Ananchenko // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 236-254.

It has been studied specific-typological reactions of microblood circulation processes of extremely high-frequency, or millimetric range, at conditionally healthy girls-volunteers in the age of 18-23 years by metod laser Doppler flowmetry (LDF). It is shown that of lowintensity of electromagnetic radiation of extremely high-frequency renders effective correcting the differentiated influence on indicators peripheral of microblood circulation, causing indemnification-adaptive reactions. Course influence of of electromagnetic radiation of extremely high-frequency leads to levelling of intergroup distinctions and approach of values of indicators of microcirculation at examinees with hypoemical and hyperemic microcirculation types to the most balanced in the functional relation normoemical that testifies about it homeostatic action.

Keywords: of lowintensity electromagnetic radiation of the millimetric range, microblood circulation, a method laser Doppler flowmetry, hypoemical, hyperemic, normoemical microcirculation types.

Поступила в редакцию 24.11.2009 г.

УДК 591.1: 615.849.11

МОДИФИЦИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ГИПОКИНЕТИЧЕСКОГО СТРЕССА НА ИЗМЕНЕНИЕ БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ У КРЫС ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ВЫЗВАННОЙ ТОНИЧЕСКОЙ СОМАТИЧЕСКОЙ БОЛИ

Чуян Е.Н., Заячникова Т.В., Горная О.И.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина,
e-mail: Elena-chuyan@rambler.ru*

Изучено модифицирующее действие гипокинетического стресса на изменение болевой чувствительности у крыс при экспериментально вызванной тонической соматической боли. Показано, что модифицирующий эффект гипокинетического стресса на болевую чувствительность у крыс в формалиновом тесте зависит от продолжительности ограничения подвижности. При этом изменение болевой чувствительности (уменьшение и увеличение) у животных при гипокинетическом стрессе может служить критерием перехода эустресса в дистресс.

Ключевые слова: гипокинетический стресс, болевая чувствительность, тоническая боль

ВВЕДЕНИЕ

Боль представляет собой крайне сложный феномен, образуемый переплетением анатомического, психического, физиологического, биохимического и социального компонентов, каждый из которых включает в себя целый ряд составных элементов [1 – 3].

Экспериментальное исследование боли у людей наталкивается на многочисленные трудности. Во-первых, практически все стимулы, повреждающие ткань, вызывают боль, поэтому нельзя выделить какой-то один стимул, адекватный для боли. Во-вторых, в связи с субъективной оценкой интенсивности боли человеком многие аспекты количественного определения болевой чувствительности не исследованы. Кроме того, интенсивность болевых реакций зависит не только от величины стимула, но и от функционального состояния организма. Например, в экстремальных ситуациях эмоционального стресса (несчастный случай) человек может и вовсе не почувствовать боли. Решению данных проблем могут способствовать, с одной стороны, эксперименты на животных, которые позволяют количественно оценить интенсивность боли при отсутствии психогенного фактора, сопровождающего исследования болевых реакций у человека, а, с другой стороны,

изучить модифицирующее действие различных факторов, в том числе и стрессорных, на болевую чувствительность.

Одним из широко распространенных стресс-факторов является гипокинезия (ГК, ограничение подвижности), которая вызывает развитие ГК стресса и сопровождается специфическими и неспецифическими изменениями в функционировании практически всех органов и систем организма: структурными и функциональными нарушениями костно-мышечного аппарата [4 – 6], изменениями функций нервной [7 – 10], симпатoadренальной и гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой [11 – 14], сердечно-сосудистой [15 – 17], пищеварительной [18], дыхательной систем, метаболическими сдвигами [11, 19], снижением неспецифической резистентности и иммунореактивности, изменением прооксидантного/антиоксидантного равновесия, поведенческих реакций, развитием десинхронизации [20, 21].

ГК является важной проблемой медицины, так как лечение многих заболеваний требует соблюдения строгого постельного режима, сроки которого могут исчисляться неделями или месяцами. Она стала объектом внимания космической медицины и биологии, изучающих последствия космических полетов на экипажи кораблей, находящихся в условиях ограничения двигательной активности [22]. В связи со стойловым содержанием скота проблема ограничения подвижности актуальна и для сельского хозяйства и ветеринарии [23].

В различных исследованиях была выявлена способность ГК стресса модифицировать реакции организма животных на действие факторов различной природы и интенсивности, например, развитие инфекционного процесса [24], воздействие слабых электромагнитных излучений сверхнизкой [25] и крайне высокой частоты [26]. В тоже время модифицирующее влияние ГК стресса на уровень болевой чувствительности остается не изученным.

В связи с этим целью настоящего исследования явилось изучение модифицирующего действия ГК стресса на изменение болевой чувствительности у крыс при экспериментально вызванной тонической соматической боли.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнено на 135-ти белых крысах-самцах линии Вистар массой 180-250 г, полученных из питомника научно-исследовательского института биологии Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина.

В экспериментальные группы отбирали животных одинакового возраста, характеризующихся одинаковой двигательной активностью в тесте «открытого поля» (ОП) [27]. Подобный отбор позволил сформировать однородные группы животных с одинаковыми конституциональными особенностями, однотипно реагирующих на действие различных факторов.

В экспериментальном исследовании изучалось модифицирующее действие ГК стресса на изменение болевой чувствительности у крыс при экспериментально вызванной тонической соматической боли в «формалиновом тесте» (ФТ) [28, 29].

Адекватной моделью продолжительной тонической боли является ФТ, являющийся классическим методом определения эффективности анальгетического

действия фармакологических препаратов, физиотерапевтических и других факторов (иглоукалывание, электрический ток, лазер, Пайлер-свет и др.) [28, 30 – 33].

ФТ проводили путем подкожной инъекции 5%-ного раствора формалина (0,08 мл на 100 грамм веса) в дорсальную поверхность стопы задней конечности крыс. После инъекции формалина каждую крысу возвращали в свою клетку и с помощью специальной компьютерной программы [34] регистрировали продолжительность поведенческих проявлений в пределах заданных последовательных интервалов (минимальный интервал – 1 минута) и в пределах всего периода наблюдения 90 минут. Показателями интенсивности болевой реакции у крыс при экспериментально вызванной тонической боли служила продолжительность и частота (количество циклов) лизания пораженной конечности.

Неболевы поведенческие проявления рассматривались по продолжительности двигательной активности и пассивного поведения. При этом двигательная активность оценивалась по сумме времени перемещения животных по клетке и времени, затраченного животными на принятие пищи и груминг. Длительность пассивного поведения рассчитывалась по сумме времени, затраченного животными на сон и покой.

Экспериментальных животных разделили на три равноценные группы по 45 особей в каждой. Животных первой контрольной группы (K_{ϕ}) подвергали подкожной инъекции в тыльную поверхность стопы задней конечности физиологического раствора (0,9 % раствор NaCl – 0,08 мл на 100 грамм веса). У животных второй (ФТ) и третьей (ГК+ФТ) групп тоническую боль вызывали в ФТ. Животные третьей группы (ГК+ФТ) предварительно подвергались действию ГК стресса, который создавался помещением крыс в специальные пеналы из оргстекла, состоящие из пяти ячеек, в которых они находились в течение девяти суток по 22 часа ежедневно.

Учитывая тот факт, что у грызунов болевой порог в течение суток варьирует [35, 36], эксперименты проводились в одно и то же время светлой половины суток (с 9.00 до 11.00 часов). 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 [37].

Обработку и анализ экспериментальных данных проводили с помощью параметрических методов. В качестве критерия оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали t-критерий Стьюдента. Обработка результатов производилась на ПК по стандартным статистическим программам.

Использовали многомерный статистический метод - кластерный анализ, который является адекватным инструментом оценки многокомпонентных реакций организма и позволяет находить скрытые связи как внутри функциональных систем, так и между ними [38]. В результате применения процедур кластерного анализа,

исходная совокупность объектов (показателей) разделяется на кластеры, или группы, схожих между собой объектов (показателей), затем происходит последовательное объединение наиболее близких объектов в один кластер. В данном исследовании использован один из методов кластерного анализа – метод Уорда. Применение аггломеративной стратегии анализа позволяет построить дерево классификации (дендрограмму) всех объектов путем иерархического объединения их в кластеры на основе критерия минимума расстояния в пространстве переменных, описывающих объекты. На дендрограмме указаны названия объектов (показателей) и расстояние, на котором произошло объединение объектов в каждом кластере [39].

Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Microsoft Excell и программного пакета «STATISTICA – 6.0» [40 – 42].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

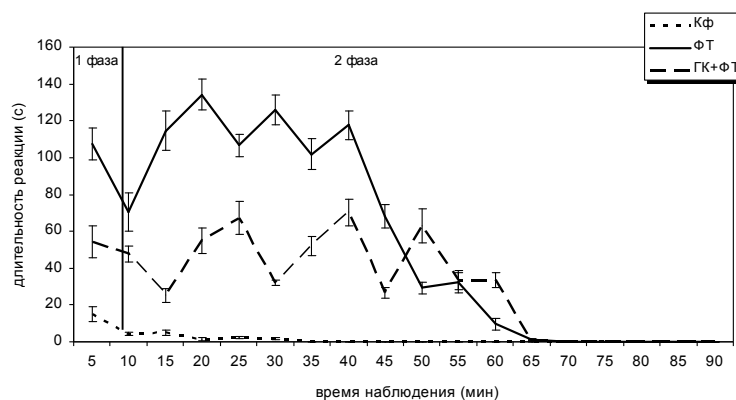
Как показали результаты исследования, введение в дорсальную поверхность задней конечности физиологического раствора (0,9 % раствора NaCl) крысам первой группы (Кф) вызвало незначительную болевую реакцию в течение первых 15 минут наблюдения общей продолжительностью $29,45 \pm 8,10$ с, что, по-видимому, является типичной реакцией на укол (рис. 1, А). Продолжительность двигательной активности у животных данной группы составила $725,00 \pm 94,16$ с, а пассивного поведения – $4626,33 \pm 114,70$ с.

У животных второй группы (ФТ), которые подвергались изолированной инъекции формалина общая продолжительность болевой реакции за 90 минут наблюдения увеличилась в 34,59 раз ($p < 0,001$) относительно соответствующих значений этого показателя в первой контрольной группе животных (Кф) (рис 1, А). Причем у животных этой группы инъекция 5%-ного раствора формалина вызывала типичную двухфазную реакцию лизания пораженной конечности, что согласуется с литературными данными [28, 29]. Первая фаза болевой реакции регистрировалась в течение первых десяти минут наблюдения, а ее продолжительность составила $177,82 \pm 19,41$ с. Через 10 минут после введения формалина наблюдалось развитие второй фазы, продолжительность которой составила $840,84 \pm 25,19$ с (рис. 1, А).

Максимум проявления болевой реакции у крыс третьей группы (ГК+ФТ) отмечался на 20 – 40-ой минутах после инъекции формалина, после которого отмечалось линейное уменьшение боли с затуханием к 65-ой минуте эксперимента (рис. 1, А).

Продолжительность неболевых, как двигательных, так и пассивных поведенческих проявлений у животных второй группы (ФТ) после инъекции формалина также отличалась от соответствующих показателей у животных, которым вводили физраствор (Кф). Так, произошло уменьшение продолжительности реакций бега на 46,67 % ($p < 0,01$), принятия пищи – на 85,05 % ($p < 0,001$), груминга – на 56,89 % ($p < 0,01$), сна – на 69,19 % ($p < 0,05$), а продолжительность реакции покоя имела тенденцию к увеличению на 3,78 % ($p > 0,05$) относительно значений соответствующих показателей у крыс первой группы (Кф) (рис. 2, Б, В).

А



Б

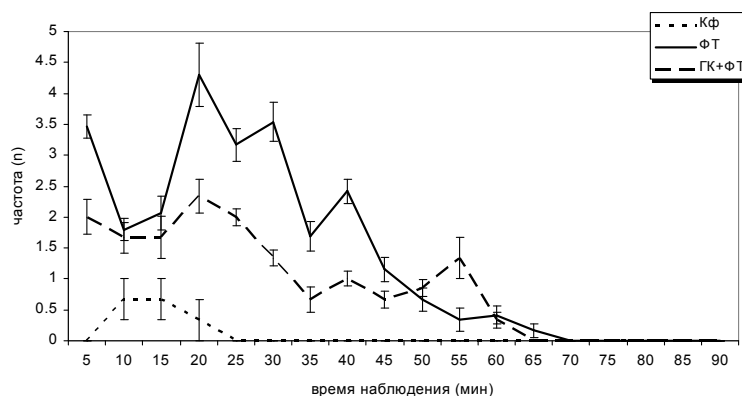


Рис. 1. Изменение продолжительности (А) и частоты (Б) болевой реакции лизания пораженной конечности у крыс, подвергнутых введению физиологического раствора (КФ), изолированному (ФТ) и комбинированному с суточной гипокинезией (ГК+ФТ) введению 5 % раствора формалина при экспериментально вызванной тонической боли.

Продолжительности неболевых поведенческих феноменов, напротив, увеличились: длительность реакции принятия пищи в 15,67 раза ($p < 0,001$), бега – в 1,63 раза ($p < 0,01$), груминга – в 2,11 раза ($p < 0,05$), на фоне уменьшения продолжительности сна в 4,88 раза ($p < 0,01$) относительно значений данных показателей у животных второй группы (ФТ) (рис. 2, Б, В).

После вторых суток ограничения подвижности продолжительность болевой реакции имела тенденцию к уменьшению (на 24,21 %; $p > 0,05$) относительно значений этого показателя у животных, подвергшихся только инъекции формалина (рис. 2 – А). Длительность двигательной активности при этом увеличилась на 321,68 % ($p < 0,001$), а пассивного поведения, напротив, уменьшилась на 13,93 % ($p < 0,05$) относительно значений этих показателей у животных второй группы (ФТ) (рис 2, Б, В).

Максимальное уменьшение продолжительности болевой реакции отмечалось на третьей (на 47,49 %; $p < 0,05$) и шестые (на 41,99 %; $p < 0,05$) сутки ограничения подвижности относительно значений этого показателя у животных второй группы

(ФТ). В динамике изменения продолжительности неболевых поведенческих проявлений максимальное увеличение длительности двигательной активности отмечалось на шестые сутки наблюдения (на 446,59 %; $p < 0,001$) относительно значений таковых у животных, подвергнутых только инъекции формалина (рис. 2, В).

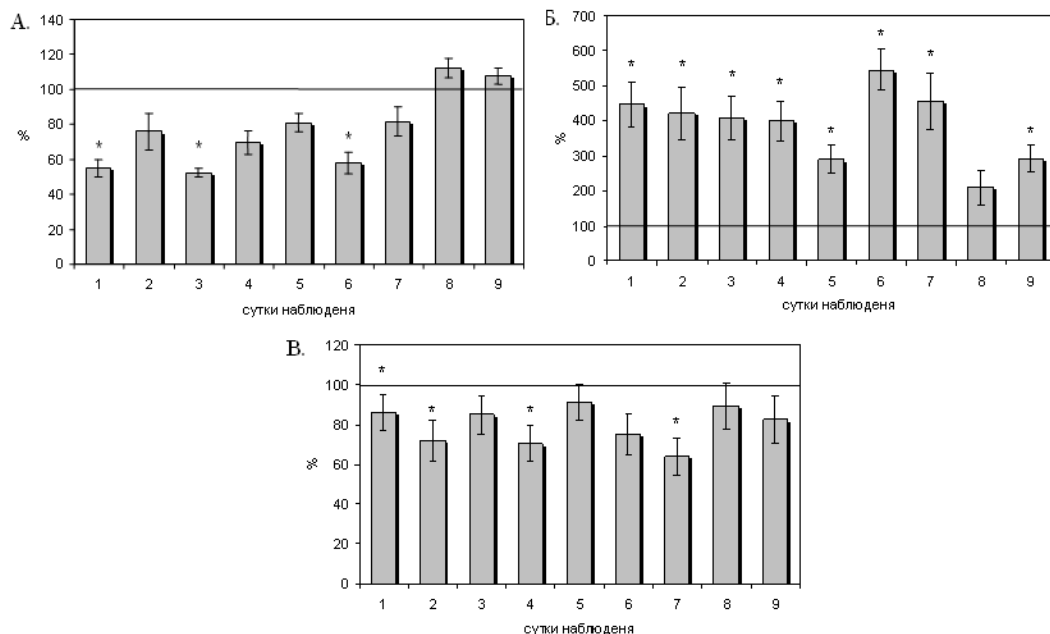


Рис. 2. Динамика продолжительностей болевой реакции (А), двигательных (Б) и пассивных (В) неболевых поведенческих феноменов у крыс в «формалиновом тесте» в течение девяти суток гипокинезии (за 100 % приняты значения у животных, подвергнутых изолированному болевому воздействию).

Примечание: * – достоверность различий относительно значений у животных, подвергнутых изолированному болевому фактору.

Максимальное уменьшение продолжительности пассивного поведения регистрировалась на седьмые сутки наблюдения (на 36,27 %; $p < 0,05$) относительно значений соответствующего показателя у крыс, которые дополнительному воздействию ГК стресса не подвергались (ФТ) (рис. 2, В).

Начиная с седьмых суток ГК, отмечалась тенденция к повышению продолжительности болевой реакции. Так, на восьмые и девятые сутки наблюдения продолжительность болевой реакции превышала значения этого показателя у животных второй группы на 12,06 % ($p > 0,05$) и 7,85 % ($p > 0,05$) соответственно (рис. 2, А).

Изменилась и длительность неболевых поведенческих феноменов: двигательная активность увеличилась в среднем на 219,00 % ($p < 0,01$), а пассивного поведения имела тенденцию к уменьшению относительно значений у животных, подвергнутых изолированному действию болевого стресса (ФТ) (рис. 2, Б, В). Однако по сравнению со значениями данных показателей у животных третьей группы (ГК+ФТ), зарегистрированных на седьмые сутки наблюдения, продолжительность двигательной

активности на восьмые – девятые сутки уменьшилась в среднем на 150,81 % ($p < 0,001$), длительность пассивного поведения, напротив увеличилась в среднем на 14,01 % ($p > 0,05$) (рис. 2, Б, В).

Таким образом, ГК стресс модифицирует болевую чувствительность крыс при тонической соматической боли. Однако модифицирующий эффект ГК стресса на уровень болевой чувствительности у крыс в ФТ зависит от продолжительности ограничения подвижности. При адаптации крыс к непродолжительному ГК стрессу (первые – шестые сутки) отмечено снижение болевой чувствительности, что указывает на повышение резистентности к болевому стрессу. Так, максимальное уменьшение продолжительности болевой реакции в ФТ отмечалось после трехсуточного ограничения подвижности (на 52,51 % ($p < 0,01$)). Поскольку в результате действия модифицирующего фактора (ГК) проявления болевой реакции в ФТ уменьшились, следовательно, имеет место позитивный эффект модификации.

Наряду с уменьшением болевой чувствительности, у экспериментальных животных с первых по шестые сутки подвижности, произошло увеличение двигательной активности в ФТ (в среднем на 324,44%; $p < 0,001$), что согласуется с исследованиями А.Д. Слонима и его школы [43], в которых показано, что относительно непродолжительное ограничение подвижности сопровождается компенсаторным увеличением двигательной активности в оставшееся время суток с целью поддержания постоянства суточного объема общей активности. Кроме того, в исследованиях Л. Сантана Вега [44] и Е.Н. Чуян [14] показано, что при действии ГК стресса у крыс со средним уровнем двигательной активности происходит увеличение двигательной активности в тесте ОП. Кроме того, изменение поведения на ранних этапах адаптации к действию различных экстремальных факторов, чаще всего связано с повышением общей возбудимости [45], которая обычно характеризует развитие первой стадии стресса [19, 46].

Поскольку изученные поведенческие феномены тесно взаимосвязаны между собой (увеличение продолжительности одних приводит к уменьшению длительности других), то представляет определенный интерес проследить изменение взаимосвязи этих показателей в болевом тесте у животных разных экспериментальных групп. Такие взаимосвязи можно установить путем применения кластерного анализа. Так, дендрограмма кластерного анализа продолжительностей изученных поведенческих проявлений у интактных животных, подвергнутых ложному действию болевого фактора (инъекции физраствора в дорсальную поверхность стопы задней конечности) (Кф), построенная путем иерархического объединения их в кластеры все более высокой общности на основе критерия минимума расстояния в пространстве переменных, содержала 3 кластера, в которые объединялись исследованные нами показатели (первый кластер – продолжительности реакций боли и груминга, второй – бега и приема пищи, третий – сна) (рис. 3).

Таким образом, у интактных животных показатели, характеризующие болевые и неболевые поведенческие проявления имели близкие связи и объединились в общие кластеры.

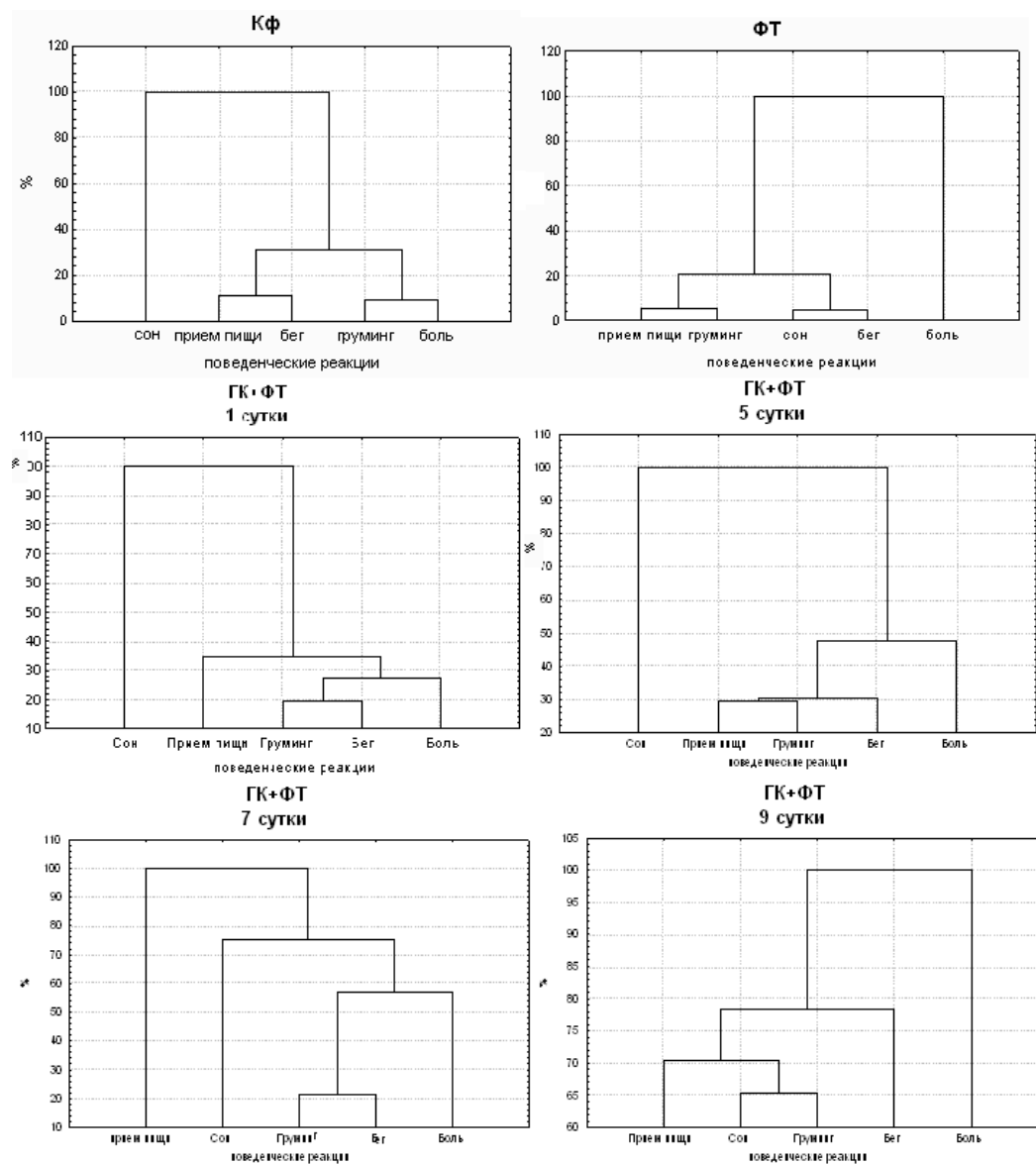


Рис. 3. Дендрограммы кластерного анализа показателей продолжительности болевых и неболевых поведенческих реакций у крыс, подвергнутых введению физиологического раствора (К_ф), изолированному (ФТ) и комбинированному с гипокинетическим стрессом (ГК+ФТ) действию болевого фактора в «формалиновом тесте» в разные сроки ограничения подвижности.

Дендрограмма, описывающая данные кластерного анализа поведенческих проявлений у животных второй группы (ФТ), подвергавшихся изолированному действию болевого фактора в ФТ, отличалась от таковой у крыс контрольной

группы: число кластеров не изменилось (3), однако произошли существенные изменения в их структуре: болевая реакция оказалась обособлена в отдельный кластер от неболевых поведенческих феноменов, которые образовали два других плотных кластера. Причем между двумя первыми и третьим кластерами увеличилась длина связи, что свидетельствует о значительной разобщенности неболевых и болевой поведенческих реакций в ФТ крыс этой группы (рис. 3).

При последовательном действии ГК стресса и болевого фактора у животных в первые – шестые сутки ограничения подвижности обнаружено большее сходство дендрограммы кластерного анализа поведенческих проявлений с таковой у крыс контрольной группы, нежели с дендрограммой у животных, также подвергавшихся экспериментальной тонической боли, но без воздействия ГК (рис. 3). При этом показатель продолжительности болевой реакции оказался объединенным в общие кластеры с неболевыми поведенческими проявлениями, как и в дендрограмме кластерного анализа у крыс контрольной группы, а расстояние между показателями продолжительности болевых и неболевых проявлений уменьшилось по сравнению с дендрограммой у крыс в ФТ без предварительного воздействия ГК, что следует расценивать как уменьшение связи между рассматриваемыми поведенческими реакциями.

Таким образом, полученные данные кластерного анализа свидетельствуют о том, что в модифицирующем действии ГК стресса на болевую чувствительность крыс в ранние сроки ограничения подвижности (1-6-е сутки) большое значение имеет восстановление взаимосвязей между болевым и неболевыми поведенческими проявлениями при действии болевого фактора.

Однако длительное ограничение подвижности (седьмые – девятые сутки) привело к увеличению болевой чувствительности крыс в ФТ относительно значений у животных, подвергнутых изолированному действию болевого фактора. Так, продолжительности болевой реакции увеличились в среднем на 9,95 % ($p > 0,05$) соответственно. Таким образом, в результате действия модифицирующего фактора (ГК) проявления болевой чувствительности крыс увеличивались, следовательно, можно говорить об отрицательном эффекте модификации.

Наряду с увеличением продолжительности болевой реакции, произошло существенное снижение двигательной активности в ФТ (в среднем в 2,96 раза; $p < 0,01$) относительно соответствующих значений у животных, подвергнутых действию непродолжительного (1-6-е сутки) ГК стресса и болевого фактора, что, по-видимому, связано с тем, что болевой стресс на фоне продолжительного ГК стресса вызывает у животных увеличение общего двигательного дефицита и развитие защитной реакции «затаивания», являющейся результатом эмоциональной реакции страха, состояния общего угнетения ЦНС животного [47] или проявления депрессивно-подобного состояния [48], что также свидетельствует об увеличении болевой чувствительности животных при продолжительном ГК стрессе.

Кластерный анализ подтвердил полученные результаты. Так, на дендрограмме показателей поведенческих проявлений у животных, подвергнутых комбинированному действию болевого фактора в ФТ и ГК стресса на седьмые сутки ограничения подвижности всё ещё отмечается объединение показателей болевых и

неболевыми поведенческими проявлениями в общие кластеры (боль – бег – груминг и пр.), однако, расстояние между кластерами существенно увеличилось (рис. 3). На девятые сутки ограничения подвижности болевая реакция оказалась обособлена в отдельный кластер от неболевых поведенческих проявлений, а структура дендрограммы стала в большей мере схожа с таковой у животных, подвергнутых действию болевого фактора, нежели у крыс, контрольной группы.

Таким образом, полученные данные кластерного анализа свидетельствуют о том, что модифицирующее действие ГК стресса при действии болевого фактора в более поздние сроки ограничения подвижности разобщает взаимосвязи между поведенческими проявлениями. Такие изменения изученных поведенческих феноменов при действии болевого фактора на фоне ГК могут быть связаны с тем, что семи – девятисуточное ограничение подвижности приводит к развитию первой стадии общего адаптационного синдрома – реакции тревоги [11, 49, 50].

Следовательно, полученные результаты свидетельствуют о модифицирующем действии ГК стресса на болевую чувствительность животных. Однако модифицирующий эффект ГК стресса на уровень болевой чувствительности у крыс в ФТ зависит от продолжительности ограничения подвижности, что подтверждает данные о двухкомпонентном течении первой стадии тревоги ГК стресса [49]. При этом изменение болевой чувствительности (уменьшение и увеличение) у животных при гипокинетическом стрессе может служить критерием перехода эустресса в дистресс.

ВЫВОДЫ

1. Гипокинетический стресс модифицирует болевую чувствительность крыс при экспериментально вызванной тонической соматической боли.
2. Модифицирующий эффект гипокинетического стресса на болевую чувствительность у крыс в формалиновом тесте зависит от продолжительности ограничения подвижности. При этом изменение болевой чувствительности (уменьшение и увеличение) у животных при гипокинетическом стрессе может служить критерием перехода эустресса в дистресс.
3. При адаптации крыс к непродолжительному гипокинетическому стрессу (первые – шестые сутки) отмечается повышение резистентности к болевому фактору, что выражается в уменьшении продолжительности болевой реакции в среднем на 32,30 % ($p < 0,01$) на фоне увеличения двигательной активности в среднем на 324,44 % ($p < 0,001$) в «формалиновом» тесте.
4. Продолжительное ограничение подвижности (седьмые – девятые сутки) приводит к уменьшению резистентности к болевым факторам, что проявляется в увеличении продолжительности болевых реакций в среднем на 9,95 % ($p > 0,05$) на фоне уменьшения двигательной активности в среднем в 2,96 раза ($p < 0,01$) в «формалиновом» тесте. В результате воздействия ЭМИ КВЧ наименее выраженные изменения показателей выявлены у испытуемых, имеющих наиболее сбалансированный аperiодический, или нормоемический, тип микроциркуляции: повышение амплитуды эндотелиального и нейрогенного компонентов на фоне снижения нейрогенного и миогенного тонуса, что привело к повышению индекса эффективности микроциркуляции.

Список литературы

1. Брагин Е.О. Нейрохимические механизмы регуляции болевой чувствительности. / Брагин Е.О. – М.: Изд-во ун-та Дружбы народов. – 1991. – 247 с.
2. Вейн А.М. Болевые синдромы в неврологической практике. / Вейн А.М. – М.: Медицина, 2001. – 175 с.
3. Калюжный Л.В. Физиологические механизмы регуляции болевой чувствительности. / Калюжный Л.В. – М.: Медицина, 1984. – 215 с.
4. Золотова-Гайдамака Н.В. Влияние моделированной гипокинезии на состояние остецитов костной ткани у белых крыс / Н.В. Золотова-Гайдамака // Тезисы Всеукраинской конференции молодых ученых. – Симферополь, 2003. – С. 40.
5. Оганов В.С. Исследования по гравитационной физиологии скелета и проблема остеопороза / В.С. Оганов // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2003. – Т. 89, № 3. – С. 347-355.
6. Оганов В.С. Костная система / В.С. Оганов, В.С. Шнайдер // Космическая биология и авиационная медицина. – 1997. – Т.3. – С. 421-460.
7. Значение обратных связей на осуществление реакции нонапептидергических центров гипоталамуса крыс на кратковременный иммобилизационный стресс / Л.С. Воропанова, И.А. Красновская, Т.В. Шейбак [и др.] // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1993. – № 2. – С. 128-130.
8. Гриневич В.В. Реакция нонапептидергических нейросекреторных клеток дополнительных групп гипоталамуса на холодовой и иммобилизационный стресс / В.В. Гриневич, И.А. Красновская, А.П. Поленов // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 1993. – № 8. – С. 201-205.
9. Федоров Б.М. Стресс и система кровообращения. / Федоров Б.М. – М.: Медицина, 1991. – 320 с.
10. Федоров И.В. Биохимические основы патогенеза гипокинезии / И.В. Федоров // Космическая биология и авиационная медицина. – 1980. – Т.14, № 3. – С. 3-10.
11. Коваленко Е.А. Гипокинезия / Е.А. Коваленко, Н.Н. Гуровский. – М.: Медицина, 1980. – 307 с.
12. Малыгина В.И. Симпатoadреналовая система крыс при адаптации к гипокинезии: Автореф. дис... канд. биол. наук: 03.00.13 СГУ. / В.И. Малыгина– Симферополь, 1989. – 23 с.
13. Привес М.Г. Некоторые итоги и перспективы изучения кровеносной системы при ограничении двигательной активности / М.Г. Привес, А.К. Косоуров // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1984. – Т.37, № 10. – С. 5-13.
14. Чуян Е.Н. Модифицирующее действие гипокинетического стресса на изменение активности симпатoadреналовой системы при инфицировании крыс / Е.Н. Чуян, Т.В. Заячникова // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – 2005. – Т. 18 (57), № 3. – С. 198-205.
15. Боэр В.А. Вплив експериментальної гіпокінезії на адренореактивність серцево-судинної системи кролів / В.А. Боэр // Фізіологічний журн. – 1993. – Т. 39, № 4. – С. 88-91.
16. Инчина В.И. Адаптация к физическим нагрузкам после иммобилизационного стресса / В.И. Инчина, А.В. Зорькина, Я.В. Костин // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 1997. – Т. 31, № 3. – С. 35-39.
17. Кротов В.П. Гемодинамика у обезьян во время антиортостатической гипокинезии под углом – 6° и 20° / В.П. Кротов, Е.В. Тромбовецкий // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 1992. – Т.26, № 4. – С. 54-57.
18. Смирнов К.В. Пищеварение и гипокинезия. / Смирнов К.В. – М.: Медицина, 1990. – 224 с.
19. Ханина Н.А. Изменение липидного состава миокарда у крыс при физических нагрузках после воздействия длительного гипокинетического стресса / Н.А. Ханина, В.Н. Данильченко, М.А. Мурашкевич // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 1997. – Т. 31, № 3. – С. 23-25.
20. Чуян Е.Н. Нейроиммуноэндокринные механизмы адаптации к действию низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты: Автореф. дисс. ... доктора биол. наук: 03.00.13 / Е.Н. Чуян. – КНУ– К., 2004. – 40 с.
21. Шишко О.Ю. Інфрадіанна ритміка стрес-реалізуючих систем і показників неспецифічної резистентності нейтрофілів периферичної крові щурів при гіпокінетичному стресі: Автореф. дисс.... канд. биол. наук: 03.00.13 / О.Ю. Шишко– ТНУ. – Симферополь, 2005. – 20 с.

22. Деряпа П.Р. Проблемы медицинской биоритмологии / Деряпа П.Р., Мошкин Н.П., Посный В.С. – М.: Медицина, 1985. – 208 с.
23. Новиков В.С. Биоритмы, космос, труд / В.С. Новиков, Н.Р. Деряпа. – СПб.: Наука, 1992. – 256 с.
24. Чуян Е.Н. Модифицирующее действие гипокинетического стресса на иммунологическую реактивность организма крыс / Е.Н. Чуян, Т.В. Заячникова, Н.В. Чирский. // Проблемы, достижения и перспективы развития медико-биологических наук и практического здравоохранения: Труды Крымского государственного университета им. С.И. Георгиевского. – 2005. – Т. 141, ч. 4. – С. 86–95.
25. Темурьянц Н.А. Нервные и гуморальные механизмы адаптации к действию неионизирующих излучений: Автореф. дисс... д-ра биол. наук / Н.А. Темурьянц – Ин-т ВНД и нейрофизиологии. – М., 1989. – 44 с.
26. Физиологические механизмы биологических эффектов низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ: монография / [Е.Н. Чуян, Н.А. Темурьянц, О.Б. Московчук и др.] – Симферополь: ЧП «Эльинь», 2003. – 448 с.
27. Буреш Я. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения / Буреш Я., Бурешова О., Хьюстон Д.П. – М., 1991. – 268 с.
28. 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., № 4. – P. 161–164.
29. Dual effect of serotonin on formalin-induced nociception in the rat spinal cord / Oyama T., Ueda Y., Kuraishi Y. [et. al.] // Neuroscience Research. – 1996. – Vol., № 25. – P. 129–135.
30. Лиманский Ю.П. Гипотеза о точках акупунктуры как полимодальных рецепторах системы экцептивной чувствительности / Ю.П. Лиманский // Физиологический журнал. – 1990. – Т. 36, № 4. – С. 115–122.
31. Угнетение ноцицептивных реакций мышей под влиянием низкоинтенсивного микроволнового облучения точек акупунктуры / Ю.П. Лиманский, З.А. Тамарова, Е.Г. Бидков [и др.] // Нейрофизиология = Neurophysiology. – 1999. – Т. 31, № 4. – С. 318–322.
32. Dmitriev A.V. Retinal pH reflects retinal energy metabolism in the day and night / A.V. Dmitriev, S.C. Mangel // J. Neurophysiol. – 2004. – Vol. 91. – P. 2404–2412.
33. O'Callaghan J. Quantification of the analgesic activity of narcotic antagonists by a modified hot-plate procedure / J O'Callaghan., S.G. Holtzman // Pharmacol. Exp. Ther. – 1979. – Vol. 194. – P. 497–505.
34. Луцок М.В. Свідомство 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. Луцок, Е.Р. Джелдубаєва // Бюл. № 1. – 2007. – 3 с.
35. Pineal opioid receptors and analgesic action of melatonin / M. Ebadi, P Govitrapong, Phansuwan-Pujito [et al.] // Pineal. Res. – 1998. – Vol. 24, № 4. – P. 193–200.
36. Time-dependent melatonin analgesia in mice: inhibition by opiate or benzodiazepine antagonist / D.A. Golombek, E. Escobar, L.J. Burin [et al.] // Eur. J. Pharmacol. – 1991. – Vol. 194, № 1. – P. 25–30.
37. Закон України «Про захист тварин від жорстокого поводження»: від 21.02.2006 № 3447-IV // Відомості Верховної Ради України. – 2006. – № 27. – С. 990.
38. Хроноструктура биоритмов сердца и факторы внешней среды. [Монография] / Т.К.Бреус, С.М. Чибисов, Р.М. Баевский, К.В. Шебзухов. – М.: Изд-во Рос. ун-та Дружбы народов, 2002. – 232 с.
39. Дюрбан Б. Кластерный анализ / Б. Дюрбан, П. Одел. – М.: Статистика, 1977. – 128 с.
40. Боровиков В. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов. / В. Боровиков – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.
41. Наследов А.Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных: учеб. пособие. / Наследов А.Д. – СПб.: Речь, 2004. – 392 с.
42. Новиков Д.А. Статистические методы в медико-биологическом эксперименте (типовые случаи) / Д.А. Новиков Д.А., В.В. Новочадов. – Волгоград: Волгу, 2005. – 84 с.
43. Слоним А.Д. Среда и поведение: Формирование адаптивного поведения. / Слоним А.Д. – Л.: Наука. – 1979. – 211 с.
44. Сантана Вега Л. Роль индивидуальных особенностей двигательной активности в развитии гипокинетического стресса у крыс: Автореф. дисс...канд. биол. наук. 03.00.13 / Л. Сантана Вега – СГУ. – Симферополь, 1991. – 21 с.

45. Вальдман А.В. Фармакологическая регуляция эмоционального стресса / Вальдман А.В., Козловская М.М., Медведев Д.С. – М.: Медицина. – 1979. – 359 с.
46. Симонов П.В. Эмоциональный мозг. / Симонов П.В. – М.: Наука, 1981. – 216 с.
47. 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.
48. Przewlocki R. Opioids in chronic pain / R. Przewlocki, B. Przewlocka // Eur. J. Pharmacol. – 2001. – Vol. 429. – P. 79–91.
49. Михайлов А.В. Функциональная морфология нейтрофилов крови крыс в процессе адаптации к гипокинезии: Автореф. дис... канд. биол. наук: / А.В. Михайлов– СГУ. – Симферополь, 1985. – 25 с.
50. Португалов В.В. Структурные и цитохимические изменения скелетных мышц при ограничении подвижности / В.В. Португалов, Е.И. Ильина-Какуева, В.И. Старостин [и др.] // Арх. анат., гистол., эмбриол. – 1976. – Т. 61, № 11. – С. 82–90.

Чуян О. М. Модифікувальна дія гіпокінетичного стресу на змінувольової чутливості у щурів при експериментально викликаному тоничному соматичному болі / О. М. Чуян, Т.В. Заячникова, О.І. Горська // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 255-267.

Вивчена модифікувальна дія гіпокінетичного стресу на зміну больової чутливості у щурів при експериментально викликаному тоничному соматичному болі. Модифікувальний ефект гіпокінетичного стресу на больову чутливість у щурів у формаліновому тесті залежить від тривалості обмеження рухливості. При цьому зміна больової чутливості (зменшення й збільшення) у тварин при гіпокінетичному стресі може служити критерієм переходу еустресу в дистрес.

Ключові слова: гіпокінетичний стрес, больова чутливість, тонічний біль.

Chuyan E.N. Individually-tipological features of processes of microblood circulation: influencing of lowintensity electromagnetic radiation of the millimetric range / E.N. Chuyan, T.V. Zayachnikova, O.I. Gornaya // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 255-267.

Modifying effect of hypokinetic stress on an algesia changing of the rats at the experimentally caused tonic somatic pain is studied. The modifying effect of hypokinetic stress on an algesia of rats in a formalin test depends on duration of mobility limitation. Thus a change of the algesia (diminishing and increase) for animals at hypokinetic stress can serve as a criterion of conversion from eustress to distress.

Key words: hypokinetic stress, algesia, tonic pain.

Поступила в редакцію 14.11.2009 г.

УДК 616.12.-008.318:613.614.2

ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ММ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И ФРАКТАЛЬНОЙ НЕЙРОДИНАМИКИ

***Чуян Е.Н., Никифоров И.Р., Раваева М.Ю., Бирюкова Е.А., Чуян Е.В.,
Богданова О.Д.***

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина,
e-mail: Elena-chuyan@rambler.ru*

Изучены изменения показателей variability сердечного ритма (ВСР) и фрактальной нейродинамики (ФНД) у студентов волонтеров при 10-ти кратном воздействии низкоинтенсивного электромагнитного излучения (ЭМИ) крайне высокой частоты (КВЧ). Показано, что курсовое воздействие нормализует регуляцию сердечного ритма (СР), прежде всего, со стороны вегетативной нервной системы, что указывает на уменьшение степени централизации управления СР. Достоверные изменения изучаемых параметров наблюдались только после 4-х кратного КВЧ-воздействия, а максимальные эффекты проведения курса КВЧ-терапии – к 9 – 10-м суткам. Также зарегистрирован выраженный эффект последствия, о чем свидетельствует достоверное изменение показателей ВСР и ФНД на протяжении последующих 7-ми дней после окончания курса КВЧ-терапии.

Ключевые слова: вегетативная нервная система, variability ритма сердца, фрактальная нейродинамика, электромагнитное излучение крайне высокой частоты.

ВВЕДЕНИЕ

Новым перспективным научным направлением является изучение и широкое применение в биологии и медицине современных экологически чистых и экономичных технологий с использованием физических факторов, в том числе электромагнитных излучений (ЭМИ) разных диапазонов. Исследованиями последних десятилетий установлено, что в электромагнитобиологии наибольший научный и практический интерес представляют эффекты слабых, низкоинтенсивных или информационных воздействий, которые, не вызывая нагрева тканей и структурных изменений в организме, сопровождаются выраженными биологическими ответами при минимальной затрате энергии. Изучение механизмов действия информационных ЭМИ, или микродоз, на биологические объекты является одной из фундаментальных проблем современного естествознания. В последние годы эта проблема обсуждается учеными различных специальностей, ей посвящены крупнейшие международные симпозиумы и конференции, проводимые Bioelectromagnetic Society и European Bioelectromagnetic Association.

В настоящее время широко применяются в различных медицинских учреждениях Украины и России низкоинтенсивные ЭМИ крайне высокочастотного (КВЧ) или миллиметрового (ММ) диапазона. При этом сформировались различные направления и названия этого терапевтического метода: КВЧ-терапия (ММ-терапия), микрорезонансная терапия (МРТ), информационно-волновая терапия (ИВТ). В связи с высокой биологической эффективностью ЭМИ КВЧ используется в медицинской практике для лечения широкого круга заболеваний [1-5]. Ещё в 1980 году появилось первое сообщение о применении электромагнитных волн ММ-диапазона для лечения сердечно-сосудистых заболеваний. За прошедшие годы накоплен огромный опыт использования ММ излучения для лечения стабильной и нестабильной стенокардии, ишемической болезни сердца, гипертонической болезни, инфаркта миокарда [6-12]. Однако при этом, как правило, отсутствуют критерии оценки адекватности и эффективности проводимой терапии с точки зрения функционального состояния всей сердечно-сосудистой системы (ССС), взаимодействия ее отделов между собой, определяемого качеством и согласованностью функционирования механизмов их вегетативной регуляции. Следовательно, в области ММ электромагнитобиологии мы сталкиваемся с типичной научной ситуацией, когда применение на практике новых идей опережает понимание механизмов действия физического фактора, лежащего в основе этих идей. Вместе с тем известно, что ССС является наиболее чувствительным индикатором адаптационных реакций организма человека на воздействия факторов разной природы и интенсивности, в том числе и низкоинтенсивных ЭМИ [13]. На сегодняшний день одним из перспективных методов исследования состояния ССС и других регуляторных систем организма является математический анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР). В настоящее время определение ВСР признано наиболее информативным неинвазивным методом количественной оценки вегетативной регуляции сердечного ритма (СР). Данный метод основан на рассмотрении СР как случайного процесса, представленного временным рядом кардиоинтервалов, к которому применимы различные методы статистической обработки. Причем, временной ряд СР содержит информацию не только о функционировании ССС, но и о деятельности регуляторных систем более высокого порядка, управляющих многочисленными функциями целостного организма. Таким образом, используя СР как интегральный показатель процессов регуляции, становится возможным получить оценку состояния адаптации организма в целом, функционирования вегетативной нервной системы (ВНС) в соматическом и психосоматическом аспектах [14]. Одним из новых видов диагностики функционального состояния организма, в основе которого лежит анализ ВСР, является фрактальный анализ биоритмов – «фрактальная нейродинамика» (ФНД). Главная идея данного метода заключена в том, что любые вегетативные функции содержат в себе всю полноту информации о протекании данных процессов на всех уровнях управления ими, и что самое важное – в них будут отражаться функции всего организма в целом [15].

Вследствие этого, целью данной работы явилось выявление изменений ВСР и ФНД под действием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 95 условно здоровых студентов-волонтеров женского пола в возрасте 18-20 лет. Все испытуемые дали добровольное согласие на участие в исследовании.

Предварительная запись ВСП выявила индивидуально-типологические отличия этих испытуемых, связанные, в частности, со значениями стресс-индекса (Si, или индекс напряженности ИН): у 27% значение Si не превышало 50 усл.ед, у 56% находилось в пределах 50-200 усл.ед., а у 17% – превышало 200 усл.ед.

В эксперимент были отобраны волонтеры только со значениями Si от 50 до 200 усл. ед. Такой отбор связан с тем, что, во-первых, позволил сформировать однородную группу испытуемых, а, во-вторых, поскольку испытуемые с таким Si преобладают среди обследованных студентов, поэтому можно предположить, что у них развивается наиболее типичная реакция на КВЧ-воздействие.

После предварительного отбора испытуемые (n = 18 чел) были разделены на две группы: контрольную (К) – 7 человек и экспериментальную (ЭМИ КВЧ) – 11 человек. Испытуемые экспериментальной группы подвергались действию низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ, а испытуемые контрольной группы – ложному действию данного фактора (плацебо).

Воздействие ЭМИ КВЧ осуществлялось с помощью 7-миканального генератора «Рамед. Эксперт-04» (производство научно-исследовательской лаборатории «Рамед», г. Днепропетровск; регистрационное свидетельство МЗ № 783/99 от 14.07.99, выданное КНМТ МОЗ Украины о праве на применение в медицинской практике в Украине). Технические характеристики генератора: рабочая длина волны 7,1 мм, частота излучения 42,4 ГГц, плотность потока мощности облучения 0,1 мВт/см². Воздействие осуществлялось на протяжении 10-ти дней, в одни и те же утренние часы (с 9.00 до 11.00), экспозиция – 30 минут, локализация – область биологически активных точек: GI15; симметричных GI4, E-36, RP-6. Выбор этих точек обусловлен их гармонизирующим, стимулирующим и общеукрепляющим действием на организм.

В качестве методов оценки влияния ЭМИ КВЧ на организм были использованы математический анализ ВСП (в системе оценок, рекомендуемых стандартами Европейского Кардиологического Общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии [14]) и ФНД [15]

Исследование показателей функционального состояния проводилось ежедневно в течение 10-ти дней и через 7 дней после окончания курса КВЧ-терапии (17 день эксперимента) для регистрации эффекта последствия.

Для реализации математического анализа СР и ФНД использовался программно-аппаратный комплекс (АПК) «Омега-М» (производство научно-исследовательской лаборатории «Динамика», г. Санкт-Петербург). АПК «Омега-М» разработан на основе принципиально нового метода дискретного динамического анализа совокупности ритмов сердца и мозга. Ритмограммы, выделяемые в процессе обработки из электросигнала, представляют собой последовательности временных интервалов между соседними сердечными возбуждениями. Для аппаратно-программной реализации метода из электрокардиосигнала выделяют

пять ритмов: $R-R$ интервалограмма (последовательность $R-R$ интервалов); $R-T$ интервалограмма (последовательность $R-T$ интервалов); отношения амплитуды R и T зубцов (последовательность отношения амплитуды R и T); скважность электросигнала (последовательность значений отношения периода следования кардиокомплекса к его длительности). Из каждого ритма выделяют волны 1-го порядка, представляющие собой огибающие этих ритмов. Таким образом, осуществляется корректный переход от ритмограмм к временным функциям.

Известно, что колебания временного ряда кардиоинтервалов обладают самоподобными свойствами, то есть отмечается повторяемость свойств в различных временных масштабах [16]. Поскольку ССС человека самоорганизована таким способом, что не имеет характерной шкалы длительности или времени, разумно было бы ожидать нарушения ее структуры из-за какого-либо отклонения в функциональном состоянии. Поэтому, применение фрактального анализа биоритмов позволяет получить более полную информацию о состоянии биологических объектов и существенно дополнить существующие классические методы анализа СР.

Нейродинамический метод обработки ритмограмм представляет собой способ преобразования сигналов $f_1(t)$, $f_2(t)$, $f_3(t)$, $f_4(t)$ и $f_5(t)$ в кодовую комбинацию по двоичному основанию, состоящую из последовательности импульсов, все параметры которых одинаковы.

Исследование начинали сразу после проведения сеанса КВЧ-терапии в одно и то же время суток, что позволило исключить влияние суточных колебаний ВСР на результаты исследования с регистрации ЭКГ сигнала в первом стандартном отведении с помощью АПК «Омега-М». Регистрацию проводили в положении сидя при спокойном дыхании в течение 5-ти минут, то есть времени, необходимого для набора 300 кардиокомплексов. Для реализации поставленной цели были использованы основные методы анализа ВСР: статистический (RMSSD, СКО, рNN50), геометрический (Dx, AMo, Mo), спектральный (HF, LF, VLF) и ФНД (показатели: автономной (А), вегетативной регуляции (В), центральной регуляции (С), психоэмоционального состояния (D) и интегральный показатель (HEALTH)), которые подробно описаны в наших предыдущих исследованиях [17].

Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью пакета программ «Омега-М» и «Статистика 6.0». Достоверность различий полученных данных определяли с помощью критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Как показали результаты исследования, в контрольной группе испытуемых достоверных изменений исследуемых показателей в сравнении с исходными значениями за 17 дней наблюдения не зарегистрировано.

Вместе с тем, у испытуемых экспериментальной группы в течение десятидневного курса воздействия ЭМИ КВЧ статистическими методами анализа ВСР выявлено достоверное ($p < 0,05$) увеличение показателей RMSSD ($p < 0,001$), СКО ($p < 0,05$) и рNN50 ($p < 0,001$), начиная с 4-х суток наблюдения (рис. 1).

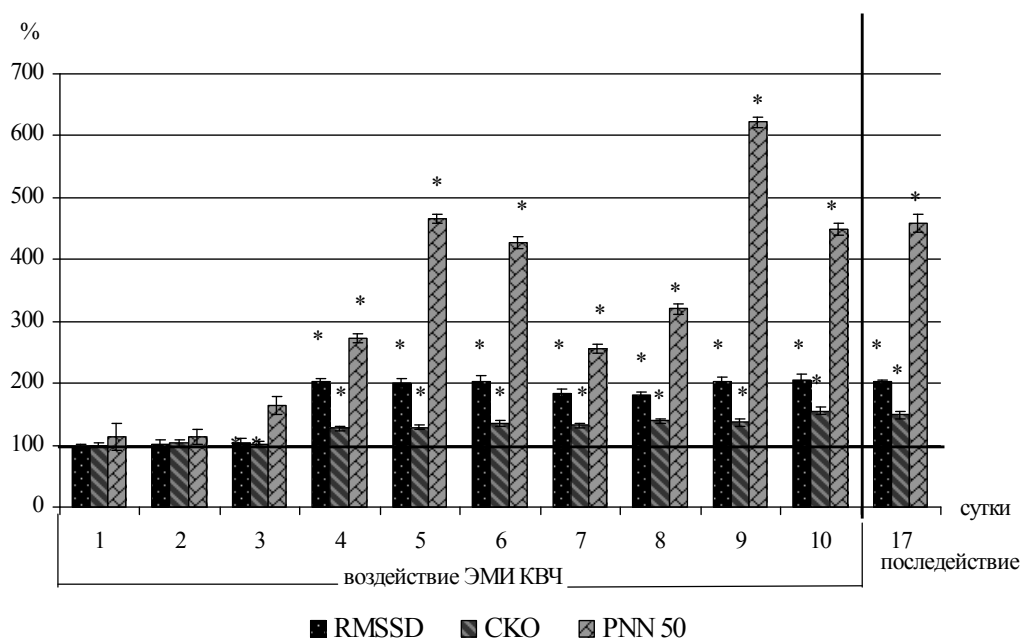


Рис. 1. Изменение показателей статистического анализа ВСР под влиянием ЭМИ КВЧ у испытуемых в разные сроки эксперимента (в % относительно значений в контрольной группе, принятых за 100%).

Примечание: * – достоверность различий по критерию Стьюдента при $p < 0.05$ относительно значений показателей у испытуемых контрольной группы.

Так, на 4-е сутки у испытуемых экспериментальной группы значения показателей RMSSD, CKO и pNN50 значительно увеличились (на 101%, 26% и 172% $p < 0,05$ соответственно) относительно значений этих показателей в контрольной группе. С 4-х по 10-е сутки КВЧ-терапии значения показателей RMSSD и CKO существенно не изменялись, то есть вышли на «плато».

Известно, что CKO является суммарным показателем вариабельности величин интервалов RR за весь рассматриваемый период, характеризующий ВСР в целом [18], а рост CKO указывает на усиление автономной регуляции. Значения показателя RMSSD вычисляются по динамическому ряду разностей значений последовательных пар кардиоинтервалов и не содержат медленноволновых составляющих СР [14, 18, 19]. Увеличение разности между кардиоинтервалами приводит к повышению значения RMSSD, что указывает на увеличение активности парасимпатической системы.

Наряду со стабилизацией значений показателей CKO и RMSSD, было зарегистрировано значительное повышение pNN50, особенно выраженное на 9-е сутки (на 521% $p < 0,001$) относительно значения в контрольной группе. Показатель pNN50 дает информацию, аналогичную RMSSD, но поскольку при его вычислении учитываются лишь разностные значения, величина которых выше, чем 50 мс, то этот показатель более чувствителен к высокочастотным, дыхательным колебаниям

сердечного ритма и, следовательно, лучше отражает активность автономного контура регуляции и тонус ВНС.

Таким образом, увеличение значений показателей СКО, рNN50 и RMSSD свидетельствует о том, что под влиянием курсового КВЧ-воздействия произошло усиление автономного контура регуляции и активация парасимпатического звена регуляции, а, следовательно, оптимизация регуляции физиологических функций.

Полученные данные подтверждаются и данными геометрического анализа ВСР, которые свидетельствуют о том, что уже после 4-кратного воздействия ЭМИ КВЧ произошло достоверное изменение исследуемых показателей (рис. 2). Так, на четвертые сутки наблюдения зарегистрировано достоверное увеличение значений Dх и Мо, превышающие значения этих показателей в контрольной группе на 37% ($p<0,001$) и 10% ($p<0,05$) соответственно. Максимальное же увеличение значений этих показателей (на 52%; $p<0,001$ и 21%; $p<0,05$ соответственно) относительно значений в контрольной группе было зарегистрировано после десятикратного КВЧ-воздействия, что свидетельствует об активизации парасимпатического компонента ВНС.

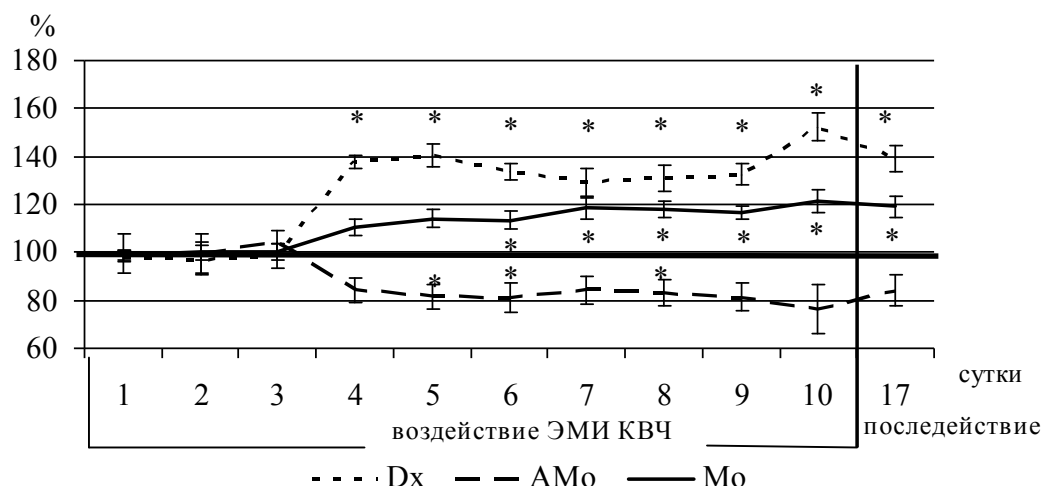


Рис. 2. Изменение показателей геометрического анализа ВСР под влиянием ЭМИ КВЧ у испытуемых в разные сроки эксперимента (в % относительно значений в контрольной группе, принятых за 100%)

Примечание: обозначения те же, что и на рис. 1.

Вместе с тем, начиная с четвертых суток эксперимента, было зарегистрировано резкое снижение значений АМо на 16% ($p<0,05$) относительно значений этого показателя в контрольной группе испытуемых. Максимальное уменьшение значений АМо в экспериментальной группе произошло на десятые сутки КВЧ-воздействия (на 26%; $p<0,05$) относительно значений этого показателей в контрольной группе, что свидетельствует об уменьшении влияния симпатического отдела ВНС на СР и о преобладании автономного контура регуляции ССС.

Таким образом, применение геометрических методов анализа ВСР показало, что под влиянием ММ-терапии произошло увеличение значений показателей Мо и Dх на фоне снижения АМо, что свидетельствует об активации парасимпатического звена ВНС, преобладании автономного контура регуляции и ослаблении централизации управления СР.

Данные геометрического анализа количественно могут быть выражены в показателях вариационной пульсометрии, наиболее распространенным и информативным методом которой является анализ стресс-индекса Si регуляторных систем организма. Под влиянием КВЧ-воздействия на 4-е сутки эксперимента произошло резкое снижение Si на 51% ($p < 0,001$) относительно значений этого показателя в контрольной группе (рис. 3). При этом значение Si составляло 47 усл. ед.

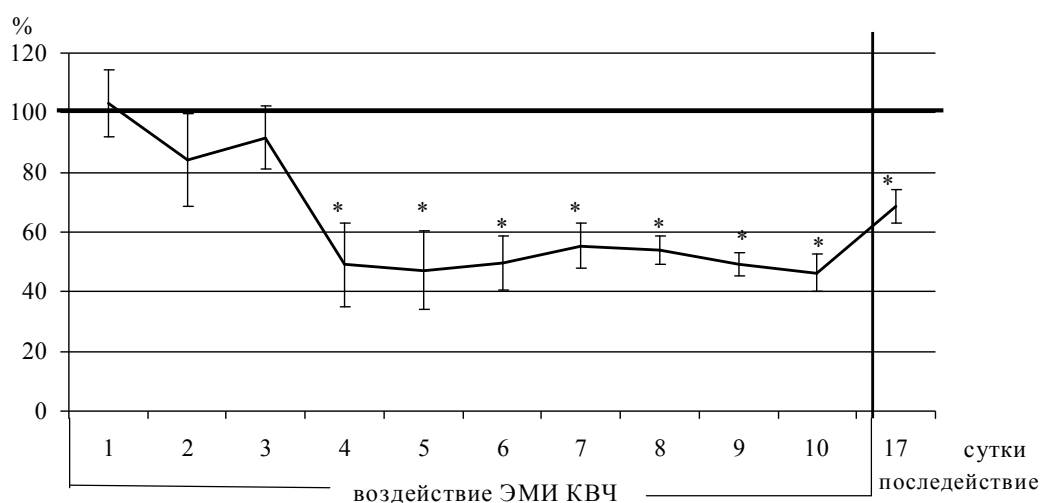


Рис. 3. Изменение стресс-индекса под влиянием ЭМИ КВЧ у испытуемых в разные сроки эксперимента (в % относительно значений в контрольной группе, принятых за 100%).

Примечание: * – $p < 0,001$ достоверность по критерию Стьюдента относительно значений показателей у испытуемых контрольной группы.

Необходимо отметить, что после следующих сеансов КВЧ-терапии значение данного показателя находилось в пределах 48-55% относительно значений в контроле ($p < 0,001$), что свидетельствует о выходе значений этого показателя на «плато».

Как известно [20], Si характеризует степень преобладания симпатических влияний над парасимпатическими и уровень напряженности регуляторных систем [21], поэтому снижение значений этого показателя при КВЧ-воздействии еще раз свидетельствует об увеличении вагусных влияний на СР и значительном снижении уровня напряженности регуляторных систем СР.

Существенное снижение Si у испытуемых уже после 4-хкратного КВЧ-воздействия открывают возможности практического использования ММ излучения

для снижения уровня стресса, вызванного психоэмоциональными или физическими нагрузками. Заметим, что Si увеличивается в 1,5 – 2,0 раза при физической нагрузке, в 1,1 – 3,9 раза при эмоциональном предэкзамениционном стрессе у студентов и школьников, в 1,4 – 1,7 раза у космонавтов во время магнитной бури, в 20 – 30 раз у спортсменов, участвующих в соревнованиях по спортивным играм и в единоборствах, что свидетельствует о состоянии сильнейшего функционального напряжения, «на грани срыва адаптации» [13].

Проведение спектрального анализа модуляционных характеристик биоэлектрических сигналов, который широко используется как неинвазивный метод изучения вегетативной регуляции сердца, ярко продемонстрировал достоверные изменения исследуемых показателей у испытуемых, начиная с четвертых суток эксперимента (рис. 4). Так, после четырехкратного КВЧ-воздействия мощность спектра в LF диапазоне составила 146% ($p < 0,05$) относительно значений данного показателя в контрольной группе. Максимальное значение LF у испытуемых в экспериментальной группе было зарегистрировано на 10-е сутки и составило 221% ($p < 0,01$) соответственно значению этого показателя в контрольной группе.

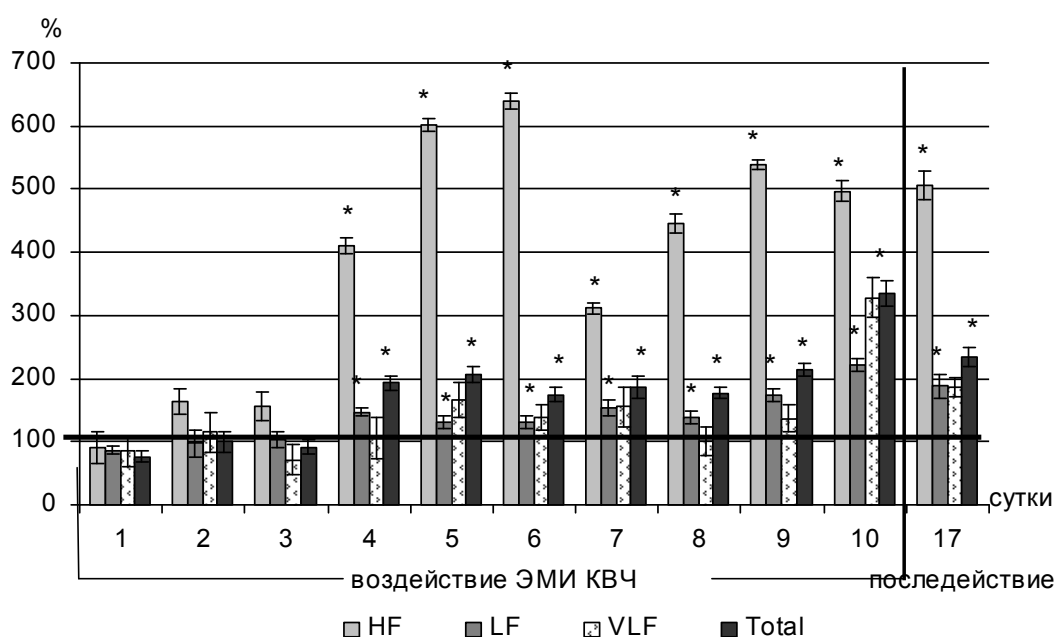


Рис. 4. Изменение показателей спектрального анализа ВСР под влиянием ЭМИ КВЧ у испытуемых в разные сроки эксперимента (в % относительно значений в контрольной группе, принятых за 100%)

Примечание: обозначения те же, что и на рис. 1.

При этом в большей мере происходил рост мощности высокочастотного компонента спектра HF, значение которого на 4-е сутки превысило на 311% ($p < 0,01$) значение этого показателя в контрольной группе. Максимальное же

значение HF было зарегистрировано на 6-е сутки, когда оно составило 639% ($p < 0,001$) относительно значений этого показателя в контрольной группе.

Изменения VLF-компоненты спектра были не достоверны.

Известно, что на частоту и интенсивность колебаний ритма сердца влияют нейрогенный и гуморальный каналы регуляции [14]. Многочисленные экспериментальные данные указывают на то, что спектр ВСР, получаемый при анализе коротких (3-5 минутных) фрагментов ритмограмм, имеет исключительно нейрогенную природу. Поскольку как высокочастотный, так и оба низкочастотных компонента в спектре ВСР исчезают после денервации сердца [22], нет их у пациентов с трансплантированным сердцем [23] у плодов – анэнцефалов [24], то нейрогенная природа этих феноменов сомнений не вызывает. Картина исчезновения как дыхательных, так и обоих низкочастотных составляющих ВСР совпадают со смертью мозга [25]. Следовательно, первопричиной их появления служат колебания активности ВНС.

В настоящее время считается установленным, что HF компоненты спектра (0,15 - 0,4 Гц) связаны с дыхательными движениями и отражают вагусный контроль СР, тогда как LF составляющая, по мнению многих авторов [14], характеризует состояние симпатического отдела ВНС и, в частности, системы регуляции сосудистого тонуса (активность вазомоторного центра). Кроме того, некоторыми авторами показано, что увеличение мощности LF компоненты СР свидетельствует об улучшении барорефлекторной регуляции гемодинамики [14].

Следовательно, полученные нами данные о преобладании высокочастотной компоненты спектра над низкочастотной у испытуемых экспериментальной группы свидетельствует об активации под влиянием ЭМИ КВЧ вагусного контроля СР.

Под влиянием ЭМИ КВЧ отмечалось и достоверное изменение коэффициента симпатовагусного взаимодействия ВСР на протяжении всего исследования. У испытуемых контрольной группы было зарегистрировано превалирование в спектре низкочастотных (LF) компонентов над высокочастотным компонентом HF (значения LF/HF в течение всего срока наблюдения находились в пределах от 3 до 4) (рис. 5), что свидетельствует о преобладании симпатических и надсегментарных влияний на СР и отражает повышенную активность центрального уровня регуляции у испытуемых данной группы. У испытуемых 2-ой группы под влиянием КВЧ-воздействия со вторых по четвертые сутки происходило резкое снижение данного показателя (на 25%; $p < 0,01$), значение которого после четырехкратного КВЧ-воздействия составило 1,15 у.е. ($p < 0,01$).

Последующие изменения были незначительными, и к десятым суткам значение LF/HF составляло 31% ($p < 0,01$) относительно фонового значения.

Данный показатель свидетельствует о балансе симпатического и парасимпатического компонентов ВНС, а его снижение – о понижении тонуса симпатического отдела ВНС [18]. Вместе с тем, под влиянием КВЧ-воздействия соотношение LF/HF компонентов спектра приблизилось к 1 усл.ед., а, следовательно, наблюдалось примерно одинаковое соотношение низко- и высокочастотных ритмов, что указывает на вегетативный баланс организма и наибольшую автономность регуляции СР у испытуемых этой группы.

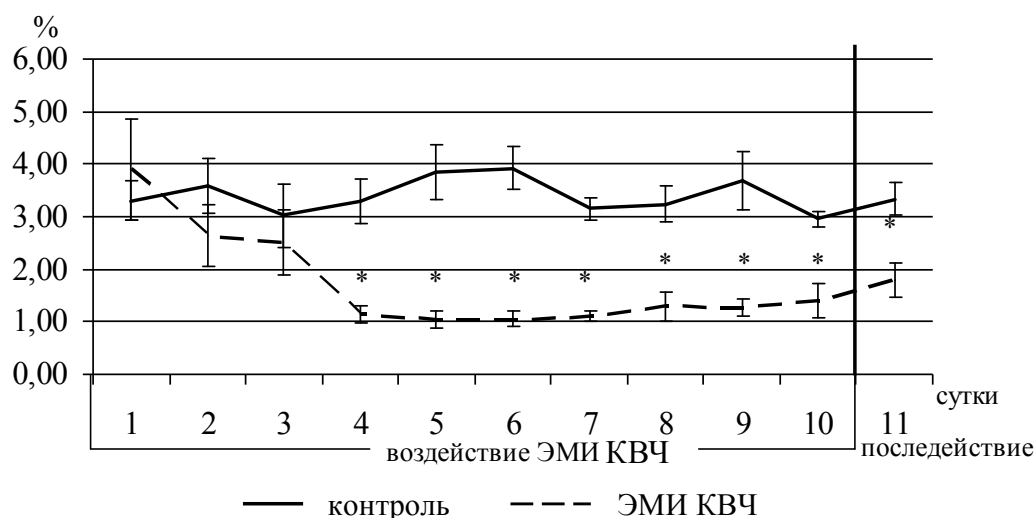


Рис. 5. Изменение коэффициента LF/HF под влиянием ЭМИ КВЧ у испытуемых в разные сроки эксперимента.

Примечание: обозначения те же, что и на рис. 1.

Эти данные подтверждает и тот факт, что на десятые сутки было отмечено изменение процентного соотношения вкладов HF и LF в общую мощность спектра (рис. 6), при этом произошло уменьшение вклада LF (на 12%) и увеличении HF (на 10%) относительно значений этих показателей в контрольной группе, что привело к восстановлению симпато-вагусного баланса ВНС.

Следовательно, под воздействием ЭМИ КВЧ выявлено равномерное перераспределение тонуса между симпатическим и парасимпатическим отделами ВНС, приводящее в конечном итоге к нормализации и стабилизации процессов регуляции. Однако данные о значительном возрастании HF компоненты у испытуемых могут свидетельствовать о более существенной активации под влиянием ЭМИ КВЧ парасимпатических влияний на СР, нежели симпатических. Следовательно, нами получены данные об усилении общей ВСР под воздействием ЭМИ КВЧ у волонтеров экспериментальной группы, что может быть связано не только с ростом парасимпатической активности и оптимизацией барорегуляции, но и с нормализацией всех вегетативных влияний на сердце.

Наряду с изменением мощности отдельных компонентов спектра ВСР, под влиянием КВЧ-воздействия произошло увеличение общей мощности спектра (Total). Так, значения Total на четвертые сутки в экспериментальной группе испытуемых превысили на 92% ($p < 0,05$) значения этого показателя в контрольной группе испытуемых (рис. 4). С четвертых по восьмые сутки значительных изменений значений Total не происходило, что говорит о выходе значений данного показателя на «плато». Максимальное значение Total у испытуемых в экспериментальной группе было зарегистрировано на десятые сутки и составило 334% ($p < 0,05$) от значений этого показателя в контрольной группе.

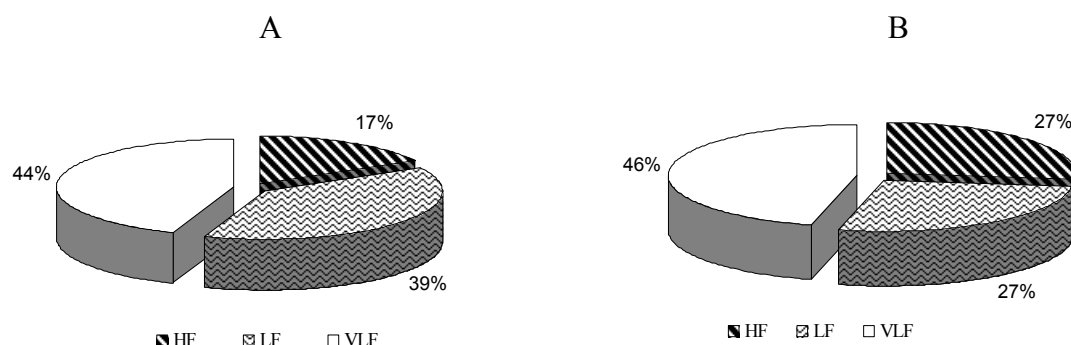


Рис. 6. Соотношение вклада высокочастотных HF и низкочастотных LF компонентов в общую мощность спектра (в %) на десятые сутки эксперимента в контрольной (А) и экспериментальной (В) группе испытуемых.

Общая мощность спектра отражает суммарную активность вегетативных воздействий на сердечный ритм. Из литературных данных [26] известно, что вагусная активация обычно сопровождается увеличением общей мощности спектра, в то время как усиление симпатической активации приводит к обратной картине. Поэтому увеличение общей мощности спектра у испытуемых под влиянием КВЧ-воздействия может быть связано с активацией парасимпатической регуляции и уменьшением влияния центрального контура регуляции на СР.

Вместе с тем, известно, что чем выше общая мощность спектра, тем более выражены адаптационные возможности организма [27]. Поэтому можно сделать вывод, что под влиянием КВЧ-терапии происходит увеличение адаптационных возможностей организма испытуемых. Полученные нами данные согласуются с литературными [28] и могут быть обусловлены возрастанием адаптационного потенциала организма под воздействием ЭМИ КВЧ.

Поскольку в прикладной физиологии и клинической медицине ВСР используется не только для изучения системы вегетативного управления сердцем, но и для оценки функциональных резервов, особенностей регуляции и адаптационных реакций организма, то на следующем этапе анализировали изменение под влиянием ЭМИ КВЧ производных параметров ВСР – интегральных показателей ФНД, которые дают возможность свести в единое целое информацию со всех уровней регуляции организма испытуемых. Применение курсового воздействия ЭМИ КВЧ привело к изменению всех исследуемых показателей ФНД испытуемых (таблица). Наибольшему изменению подверглись показатели А и В, значения которых на десятые сутки увеличились на 24 и 25% ($p < 0,01$) соответственно по отношению к значениям этих показателей в контрольной группе.

Кроме того, под влиянием ЭМИ КВЧ отмечен рост значений показателей С, D и HEALTH в среднем на 16% ($p < 0,01$) по отношению к значениям этих показателей у испытуемых в контрольной группе. Достоверное увеличение интегральных показателей функционального состояния у испытуемых экспериментальной группы было отмечено на четвертые сутки, после чего значения показателей А и В,

выходили на плато, а значения C, D и HEALTH продолжали плавно увеличиваться. Обращает на себя внимания и тот факт, что увеличение значения интегрального показателя функционального состояния происходило за счет большего увеличения вклада вегетативного компонента.

Таблица.

**Динамика интегральных характеристик функционального состояния
организма испытуемых исследуемых групп ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)**

Группы испытуемых	Контрольная	Показатели	Сроки наблюдения (сутки)					
			1	3	5	7	10	17
		A	55,08±5,45	57,77±4,00	58,53±4,93	60,02±3,41	57,86±3,53	54,6±1,98
		B	63,21±4,27	66,77±6,04	65,56±6,11	65,73±5,28	66,48±3,96	62,96±8,41
		C	57,01±6,31	56,56±5,86	59,44±5,06	60,25±1,13	60,81±3,94	62,12±3,70
		D	62,44±3,70	63,83±1,56	62,26±3,65	60,20±4,83	59,68±4,10	58,21±3,64
		HEALTH	64,82±5,87	65,02±2,57	63,80±4,55	64,10±4,68	61,81±3,59	60,07±5,93
	ЭМИ КВЧ	A	55,66±3,09	60,10±2,65	79,68±3,76 p<0.01	79,22±4,34 p<0.02	78,03±3,83 p<0.01	80,56±4,91 p<0.001
		B	62,73±4,04	71,30±4,76	91,12±2,65 p<0.001	87,72±3,47 p<0.01	90,13±4,21 p<0.01	87,83±4,75 p<0.02
		C	61,25±2,73	62,66±3,32	71,43±2,40 p<0.05	68,82±2,89	77,97±3,96 p<0.01	75,87±3,43 p<0.05
D		61,99±3,76	62,89±4,53	72,19±1,80 p<0.02	72,31±3,59	78,87±3,45 p<0.01	76,61±4,51 p<0.02	
HEALTH		65,56±3,86	64,85±3,88	78,60±2,31 p<0.01	76,40±3,52 p<0.05	82,39±3,54 p<0.01	79,17±3,87 p<0.02	

Примечание: значения p – уровень достоверности различий относительно контрольной группы по критерию Стьюдента.

Важно подчеркнуть, что ВНС выполняет в организме две основные функции: сохранение и поддержание гомеостаза (поддержание в пределах физиологической нормы артериального давления, частоты сердечных сокращений, температуры тела, биохимических показателей и т.д.), а также отвечает за мобилизацию функциональных систем организма для адаптации к изменениям условий окружающей среды, т.е. функцию приспособления. Поэтому, учитывая, что все процессы в организме человека, так или иначе, связаны с ВНС, функции которой регулируются гипоталамусом – центральным интегратором всех вегетативных процессов в организме, вполне возможно, что в основе механизма корректирующего действия ЭМИ КВЧ на организм лежит оптимизация тонуса ВНС. Полученные данные согласуются с данными других авторов, свидетельствующими об участии ВНС в реакциях на периферическое воздействие ЭМИ КВЧ. Известно, что ЭМИ

КВЧ участвует в регуляции тонуса ВНС и достижении согласованности в работе всех органов и систем у испытуемых с различными вегетативными дисфункциями.

В частности, воздействие ЭМИ КВЧ на БАТ способствует улучшению функционального состояния ВНС у женщин после ампутации матки [29]. Н.В. Поповченко [30] при оценке функциональной активности симпатического отдела ВНС у больных с вегетативными дисфункциями и гастродуоденальной патологией сделал вывод о генерализованной реакции ВНС на микроволновое облучение, возникающей уже после первого сеанса и проявляющейся в возбуждении или торможении нервной системы. Следовательно, нами показано, что курс ЭМИ КВЧ нормализует регуляцию СР, прежде всего, со стороны ВНС, что указывает на уменьшение степени централизации управления сердечным ритмом.

Таким образом, согласно приведенным выше результатам исследования, десятидневное воздействие ЭМИ КВЧ оказывает достоверное влияние на изученные показатели ВСР. Известно [20], что ВСР является интегрированным показателем взаимодействия трех регулирующих СР факторов: рефлекторного симпатического, рефлекторного парасимпатического и гуморально-метаболически-медиаторной среды. Изменение СР является универсальной оперативной реакцией целостного организма в ответ на любое воздействие внешней среды и характеризует баланс между тонусом симпатического и парасимпатического отделов. Поэтому полученные нами данные о достоверном изменении показателей ВСР и ФНД свидетельствуют о нормализации посредством ЭМИ КВЧ симпато-вагусного баланса организма испытуемых. Курсовое воздействие ЭМИ КВЧ весьма интенсивно влияло как на активность парасимпатического (RMSSD, pNN50, Dx) и симпатического (AMo) отделов ВНС, так и на суммарный эффект вегетативной регуляции (СКО) и уровень функционирования систем регуляции в данный период времени (Mo). Существенные изменения вследствие курсового воздействия ЭМИ КВЧ испытывал и Si, что свидетельствует об адаптационных изменениях в организме испытуемых.

Важно подчеркнуть, что значительному изменению под действием ЭМИ КВЧ подверглись и волновые показатели ВСР, отражающие внутреннюю структуру ряда кардиоинтервалов и позволяющие судить о механизмах, обеспечивающих наблюдаемый конечный эффект регуляторных воздействий. Это влияние затрагивало как показатели суммарной мощности спектра ВСР (Total), так и ее составляющих – HF, LF, т.е. автономный и сегментарный уровни регуляции сердечного ритма, а достоверное изменение интегрального показателя LF/HF отражало достижение баланса между компонентами ВНС в организме. Эти изменения свидетельствуют о том, что курсовое воздействие ЭМИ КВЧ способно избирательно изменять основные механизмы регуляции СР, имеющие адаптационное значение.

Необходимо отметить, что достоверное повышение производных показателей ВСР, полученных с помощью метода ФНД, свидетельствует, что ЭМИ КВЧ обеспечивает регуляцию управляющих функций СР на разных уровнях: автономном, вегетативном, гипоталамо-гипофизарном, центральном, а, следовательно, способствует увеличению адаптивных возможностей всего организма.

Особый интерес представляют результаты анализа динамики изменений показателей ВСП в разные дни курса КВЧ-терапии. Эти различия касались большинства показателей ВСП и ФНД. Достоверные изменения изучаемых параметров наблюдались только после 4-хкратного КВЧ-воздействия, а максимальные эффекты проведения курса КВЧ-терапии регистрировались к 9 – 10-м суткам.

Таким образом, на начальных этапах реакция организма на воздействие ЭМИ КВЧ развивается медленно, при многократном воздействии эффект более выражен и сохраняется длительное время. Следовательно, биологический эффект ЭМИ КВЧ имеет кумулятивный характер, который был показан как в наших предыдущих, так и в других исследованиях [17, 13]. Однако значения некоторых показателей (RMSSD, СКО, АМо, Si, Total, A, B), значительно повышаясь после первых 4-х сеансов ММ воздействия, выходили на «плато», тогда как другие (Dx, Mo, pNN50, HF, LF,) претерпевали значительные изменения до конца курса ЭМИ КВЧ. Следовательно, обнаружены существенно изменяющиеся (информативные признаки) и «малочувствительные» показатели, что имеет большое значение для оптимизации КВЧ-терапии.

Особо следует отметить тот факт, что через семь суток после прекращения КВЧ-воздействия, биологические ответы оставались на достоверно высоком по отношению к значениям в контрольной группе уровне (рис. 1 – 6; табл). Таким образом, существенные изменения показателей ВСП и ФНД вследствие курсового электромагнитного КВЧ воздействия сохраняются достаточно длительный период (минимум 7 дней), что согласуется с данными наших предыдущих исследований.

Таким образом, результаты настоящего исследования существенно дополняют сведения о влиянии ЭМИ на ВСП человека, которые являются весьма противоречивыми [13; 31]. Противоречия объясняются, главным образом, использованием ЭМИ с разными биотропными параметрами и отсутствием какого-либо обоснования для применения ЭМИ конкретных типов. В частности, показано, что ЭМИ могут, как увеличивать, так и снижать уровень стресса у человека (в большинстве известных нам публикациях ЭМИ рассматриваются исключительно как фактор стресса). Данное экспериментальное исследование подтверждает антистрессорное действие низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ, доказанное в наших предыдущих исследованиях [32] и существенно дополняет данными об изменении интегральных информационных показателей ВСП и ФНД у человека.

Результаты, представленные в данной работе, открывают возможности практического использования ЭМИ ММ диапазона не только для лечения различных патологических изменений человека, но и для модуляции степени напряжения регуляторных систем СР, для снижения уровня стресса, вызванного психоэмоциональными или физическими нагрузками.

ВЫВОДЫ

1. Применение низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ (7,1 мм; 0,1 мВт/см²) у испытуемых в оздоровительных целях приводит к достоверному изменению показателей ВСП и ФНД, причем обнаружены существенно изменяющиеся (информативные признаки) и «малочувствительные» показатели, что имеет большое значение для оптимизации КВЧ-терапии.

2. Увеличение значений показателей статистических методов анализа ВСР: СКО (на 55%; $p<0,05$), $pNN50$ (на 348%; $p<0,001$) и $RMSSD$ (на 106%; $p<0,001$) свидетельствует о том, что под влиянием курсового КВЧ-воздействия произошло усиление активности автономного контура и парасимпатического звена регуляции, а, следовательно, оптимизация регуляции физиологических функций.
3. Применение геометрических методов анализа ВСР показало, что под влиянием ММ-терапии произошло увеличение значений показателей Mo (на 21%; $p<0,05$) и Dx (на 52%; $p<0,001$) на фоне снижения AMo (на 26%; $p<0,05$), что свидетельствует об активации парасимпатического звена ВНС, преобладании автономного контура регуляции и ослаблении централизации управления сердечным ритмом.
4. Под влиянием КВЧ-воздействия произошло значительное снижение Si (на 55%; $p<0,001$), что свидетельствует об увеличении вагусных влияний на ритм сердца и уменьшении напряженности регуляторных систем.
5. Увеличение общей мощности спектра (на 234%; $p<0,05$) под влиянием КВЧ-воздействия свидетельствует об усилении вегетативного воздействия на сердечный ритм, причем тот факт, что увеличение мощности HF (на 396%; $p<0,001$) компонента спектра происходит в гораздо большей мере, чем мощности LF (на 121%; $p<0,05$) компонента свидетельствует не только о более мощной активации парасимпатического отдела ВНС и оптимизации барорегуляции, но и о нормализации всех вегетативных влияний на сердце.
6. Достоверное повышение производных показателей ВСР, полученных с помощью метода фрактальной нейродинамики биоритмов, свидетельствует, что ЭМИ КВЧ обеспечивает регуляцию управляющих функций сердечного ритма на разных уровнях: автономном, вегетативном, гипоталамо-гипофизарном, центральном, а, следовательно, способствует увеличению адаптивных возможностей всего организма.
7. Низкоинтенсивное ЭМИ КВЧ нормализует регуляцию сердечного ритма, прежде всего, со стороны вегетативной нервной системы, что указывает на уменьшение степени централизации управления сердечным ритмом.
8. Изменение показателей variability сердечного ритма и фрактальной нейродинамики биоритмов испытуемых под влиянием КВЧ-воздействия зависят от длительности лечебного курса: достоверные изменения изучаемых параметров наблюдались только после 4-хкратного КВЧ-воздействия, а максимальные эффекты проведения курса КВЧ-терапии – к 9 – 10-м суткам.
9. Курсовое воздействие ЭМИ КВЧ имеет выраженный эффект последействия, о чем свидетельствует достоверное изменение показателей variability сердечного ритма и фрактальной нейродинамики на протяжении последующих 7-ми дней после окончания курса КВЧ-терапии.

Список литературы

1. Колбун Н.Д. Прикладные аспекты информационно-волновой терапии / Н.Д. Колбун // Теория и практика информационно-волновой терапии. – 1996. – №2. – С. 42–54.

2. Афромеев В.И. Терапия, контроль и коррекция состояния организма человека воздействием высокочастотных электромагнитных полей в замкнутой биотехнической системе / Афромеев В.И., Нагорный М.М., Соколовский И.И. – Миллиметровые волны в биологии и медицине – 1998. – №2 (12). – С. 6–15.
3. Крюков В.И. Норма, адаптация и эффект плацебо при воздействии крайневисокочастотных электромагнитных излучений на организм человека / Крюков В.И., Субботина Т.И., Яшин А.А. – Вестник новых медицинских технологий. – 1998. – Т.5, № 2. – С. 15–17.
4. Ситько С.П. Аппаратурное обеспечение современных технологий квантовой медицины / Ситько С.П., Скрипник Ю.А., Яненко А.Ф. – Киев: ФАДА, ЛТД, 1999. – 199 с.
5. Луценко Ю.А. Электромагнитная терапия в стоматологии. / Луценко Ю.А., Соколовский С.И., Яшин С.А., Яшин А.А. – Тула: Изд-во Тульского гос. ун-та, 2002. – 228 с.
6. Гапонюк П.А. Влияние низко- интенсивного ЭМИ миллиметрового диапазона на биоэлектрическую активность периферических и центральных нервных структур и системную гемодинамику больных гипертонической болезнью / Гапонюк П.А., Столбиков А.Е., Шерковина Т.Ю. – Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физический культуры. – 1988. – № 3. – С. 14–18.
7. Особенности изменений параметров спектра ЭЭГ в ходе КВЧ-терапии у больных гипертонической болезнью с разными типами гемодинамики / А.В. Берус, А.Е. Столбиков, О.В. Шмаль [и др.] – Сб. докладов Международного симпозиума «Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине». – М.: ИРЭ АН СССР, 1991. – Т. 1. – С. 114–119.
8. Лукьянов В.Ф. Влияние электромагнитного излучения миллиметрового диапазона на микроциркуляторное русло при гипертонической болезни / Лукьянов В.Ф., Захаров Е.И., Лукьянова С.В. – Сб. докл. Междунар. симпозиум «Миллиметровые волны нетепловой интенсивности в медицине» – Т.1. – М.: ИРЭ АН СССР, 1991. – С. 124–127.
9. Головачева Т.В. Некоторые патогенетические аспекты применения ЭМИ ММД у больных стенокардией / Головачева Т.В., Киричук В.Ф., Петрова В.Ф. – Сб. научн. работ «Применение низкоинтенсивных лазеров и излучения миллиметрового диапазона в эксперименте и клинике». – Саратов, 1994. – С. 210–213.
10. Паршина С.С. Индивидуальный подход к назначению КВЧ-терапии у больных стенокардией / Паршина С.С., Киричук В.Ф., Головачева Т.В. – Сб. докладов 10-го Российск. симпоз. с междуна. участием «Миллиметровые волны в биологии и медицине». – М.: МТА КВЧ, 1995. – С. 31–33.
11. Лебедева А.Ю. Итоги и перспективы применения миллиметровых волн в кардиологии // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2002. – № 1 (25). – С. 21–23.
12. Шайдюк О.Ю. КВЧ-терапия в лечении стенокардии напряжения с эпизодами безболевого ишемии миокарда / О.Ю. Шайдюк, И.Г. Гордеев, А.Ю. Лебедева // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2002. – №1 (25). – С. 24–39.
13. Регуляция вариабельности сердечного ритма человека с помощью крайне слабых переменных магнитных полей / [Леднев В.В., Белова Н.А., Ермаков А.М., Акимов Е.Б., Тоневецкий А.Г.] – Биофизика. – 2008. – Т.53, вып. 6, – С. 1129–1137.
14. Вариабельность сердечного ритма: Стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования / Рабочая группа Европейского кардиологич. об-ва и Северо-Американского об-ва стимуляции и электрофизиологии // Вестник Аритмол. – 1999. – №11. – С. 53–78.
15. Обоснование аппаратно-программных методов, предназначенных для скрининг-диагностики внутренних заболеваний и для оценки эффективности лечебно-профилактических мероприятий в системе диспансеризации военнослужащих и пенсионеров МО // Отчет о научно-исследовательской работе. – СПб: ВМА, 2002. – 77 с.
16. Kobayashi M. I/f fluctuation of heartbeat period / M.Kobayashi, T.Musha // IEEE Trans. Biomed. Eng. – 1982. – Vol. 29. – P. 456.
17. Чуян Е.Н. Изменение показателей функционального состояния человека под воздействием низкоинтенсивного ЭМИ КВЧ / Е.Н Чуян, Е.А. Бирюкова, М.Ю. Раваева // Физика живого. – 2008. – Т.16, №1. – С.91–98.
18. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. / Михайлов В.М. – Иваново: Иван. гос. мед. академия, 2002. – 290 с.

19. Индивидуальный профиль функционального состояния организма студентов с различным тонусом вегетативной регуляции / Е.Н. Чуян, Е.А. Бирюкова, М.Ю. Раваева [и др.] – Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». – 2009. – Т.22(61), № 2 – С.152–165.
20. Баевский Р.М. Математический анализ сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кирилов – М.: Наука, 1984. – 220 с.
21. Баевский Р.М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний. / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева – М.: Медицина, 1997. – 236 с.
22. Akselrod S.D. Power spectrum analysis of heart rate fluctuation: A quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control / S.D. Akselrod, D. Gordon, F.A. Ubel – Science. – 1981. – Vol.213, N 4503. – P. 220–222.
23. Spectral analysis of heart rate variability following human of heart transplantation: evidence for functional enervation / E.L. Fallen, M.V. Amath, D.N. Chista [et al.] – Nerv. Syst. – 1988. – Vol.23. – P. 199.
24. Neurological control. of fetal heart rate in 20 cases of anencephalic fetuses / T. Terao, Y. Kawashima, H. Noto [et al.] – Obstet. Gynecol. – 1984. – Vol.149. – P. 201.
25. Heart rate variability in the fetus. In Heart rate variability / M. Hirsich, J. Karin, S. Akserod [et al.] – Futura Publishing Company. Inc., 1995. – P. 517.
26. Хроноструктура биоритмов сердца и факторы внешней среды. / [Бреус Т.К., Чибисов С.М., Баевский Р.М., Шебзухов К.В.] – Рос. ун-та Дружбы народов – М.: Монография, 2002. – 232 с.
27. Хаспекова Н.Б. Оценка симпатических и парасимпатических механизмов регуляции при вегетативных пароксизмах / Н.Б.Хаспекова, Х.К. Алиева, Г.М. Дюкова // – Советская медицина. – 1989. – № 9. – С. 25–28.
28. Опыт применения электромагнитного излучения миллиметрового диапазона при различных нозологических формах / О.Н. Гундерчук, В.В. Гришина, Т.С. Гладкова [и др.] – Вестник нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского. Серия «Биология». – 2001. – № 1. – С. 66–69
29. Дикке Г.Б. Влияние электромагнитных волн миллиметрового диапазона на состояние вегетативной нервной системы у женщин после ампутации матки / Г.Б. Дикке // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1999. – №1(13). – С.28–33
30. Поповченко Н.В. К вопросу о роли вегетативной нервной системы в реализации лечебных эффектов микроволновой терапии // Фундаментальные прикладные аспекты применения ММ излучения в медицине: I Всесоюз. симпоз. – Киев, 1989. – С. 294.
31. Девятков Н.Д. Особенности медико-биологического применения миллиметровых волн / Девятков Н.Д., Голант М.Б., Бецкий О.В – М.: Радио и связь, 1991. – 168 с.
32. Чуян Е.Н. Механизм антиноцицептивного действия низкоинтенсивного миллиметрового излучения / Е.Н. Чуян, Э.Р. Джелдубаева – Симферополь: «Диайпи», 2006. – 458 с.

Чуян О. М. Вплив електромагнітного випромінювання надто високої частоти на показники варіабельності серцевого ритму і фрактальної нейродінаміки / О.М. Чуян, І.Р. Нікіфоров, М.Ю. Равасва, О.О.Бірюкова, Е.В. Чуян, О.Д. Богданова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 268-285.

Вивчені зміни показників варіабельності серцевого ритму (ВСР) і фрактальної нейродінаміки (ФНД) у студентів волонтерів при 10-ті кратній дії низкоінтенсивного електромагнітного випромінювання (ЕМВ) надто високої частоти (НВЧ). Показано, що курсова дія нормалізує регуляцію серцевого ритму, перш за все, з боку вегетативної нервової системи, що указує на зменшення ступеня централізації управління серцевим ритмом. Достовірні зміни параметрів спостерігалися тільки після 4-х кратної НВЧ-дії, а максимальні ефекти проведення курсу НВЧ-терапії – до 9 – 10-ї доби. Також зареєстрований виражений ефект післядії, про що свідчить достовірна зміна показників ВСР і ФНД впродовж подальших 7-ми днів після закінчення курсу НВЧ-терапії.

Ключові слова: вегетативний тонус, варіабельність ритму серця, фрактальна нейродінаміка, стрес-індекс, ЕМВ НВЧ.

Chuyan E.N. Extremely high frequency electromagnetic radiation influence on heart rate variability indices and fractal neurodynamics / E.N. Chuyan, I.R. Nikiforov, M.Y. Ravaeva, E.A. Biryukova, E.V. Chuyan, O.D. Bogdanova // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 268-285.

We study the changes in heart rate variability (HRV) and fractal neurodynamics (FND), students volunteer with the 10-times effects low intensive of electromagnetic radiation (EMR), extremely high frequency (EHF). Shown that the course impact normalize the regulation of cardiac rhythm, especially on the part of the autonomic nervous system, indicating a decrease in the degree of centralization of cardiac rhythm control. Reliable changes in the studied parameters were observed only after 4-th EHF-session and maximum effect of the rate EHF-therapy - to 9 – 10-th days. Also aftereffect was recorded, as evidenced by reliable change indices of HRV and FND for the next 7 days after the course EHF-therapy.

Keywords: vegetative tone, heart rate variability, fractal neurodynamics, stress index, EMR EHF.

Поступила в редакцию 16.11.2009 г.

УДК-612.822.3.08; 612.821.2

КОРРЕКЦИЯ ТРЕВОЖНОСТИ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ С ПОМОЩЬЮ КУРСА СЕАНСОВ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ

Эйсмонт Е.В., Алиева Т.А., Луцюк Н.В., Павленко В.Б.

*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина,
e-mail: jeta07@mail.ru*

Изучали изменения паттерна электроэнцефалограммы (ЭЭГ) в ходе проведения сеансов обратной связи по характеристикам ЭЭГ (ЭЭГ-ОС), а также оценивали влияние применения метода ЭЭГ-ОС на уровень тревожности, оцениваемый с помощью психологических тестов Спилбергера, А.М. Прихожан и Люшера. В исследовании приняли участие 23 практически здоровых испытуемых 5-14 лет, которые были разделены на две группы: экспериментальную (n=11) и контрольную (n=12). Получены данные, подтверждающие изменение функционального состояния мозга в результате прохождения курса сеансов ЭЭГ-ОС. В ЭЭГ отмечались изменения величины альфа-ритма, отношений амплитуд альфа-ритма и тета-ритма, сенсомоторного ритма и тета-ритма, а также модальной частоты альфа-ритма. Зарегистрированные изменения характеристик ЭЭГ, вызванные прохождением курса сеансов ЭЭГ-ОС, сопровождались снижением уровня тревожности.

Ключевые слова: тревожность, дети, подростки, обратная связь по характеристикам ЭЭГ.

ВВЕДЕНИЕ

В современных исследованиях большое внимание уделяется феномену повышенного уровня тревожности. Высокий уровень личностной тревожности способствует возникновению ряда нервно-психических расстройств (панические атаки, фобии, депрессии и др.) и психосоматических заболеваний [1]. При этом исследователями отмечается рост числа высокотревожных детей и подростков [2, 3], в связи с чем большую актуальность приобретает вопрос коррекции тревожности в данной возрастной группе. Важность имеет не только эффективность способа коррекции, но и его безвредность для детского организма. В настоящее время в терапии неврозов у взрослых людей широко и успешно применяется метод обратной связи по ЭЭГ (ЭЭГ-ОС) [4, 5]. В литературе отмечается актуальность разработки методики сеансов ЭЭГ-ОС, которые были бы направлены на лечение тревожных расстройств у детей [6]. Сеансы ЭЭГ-ОС, проводимые с детьми, в основном были направлены на коррекцию синдрома дефицита внимания с гиперактивностью, при этом была показана их высокая эффективность [7 – 11], однако методика проведения сеансов ЭЭГ-ОС, направленных на снижение

повышенной тревожности у детей и подростков, остается не разработанной. На основании вышеизложенного целью настоящего исследования явилась оценка эффективности сеансов обратной связи по характеристикам ЭЭГ, направленных на снижение тревожности у детей и подростков.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняли участие 23 практически здоровых ребенка 5-14 лет (13 мальчиков и 10 девочек). Дети были разделены на две группы: экспериментальную ($n = 11$), которая участвовала в сеансах ЭЭГ-ОС и контрольную ($n = 12$), в которой двукратно регистрировали ЭЭГ и диагностировали уровень тревожности с интервалом, соответствующим продолжительности проведения тренинга у детей экспериментальной группы.

При проведении сеансов ЭЭГ-ОС использовался 16-канальный электроэнцефалограф фирмы "Tredex" (г. Харьков). ЭЭГ-потенциалы отводили монополярно в соответствии с международной системой 10-20 в точках Fp1, Fp2, F3, F4, F7, F8, C3, C4, T3, T4, T5, T6, P3, P4, O1, O2. Частота оцифровки сигнала составляла 200 с^{-1} .

Тренинг включал 10-12 сеансов, занятия проводились два раза в неделю. Длительность одного сеанса составляла 30 мин. Во время сеансов испытуемый располагался в удобном кресле. Сеанс включал в себя несколько (пять-семь) эпизодов записей различных вариантов акустической и визуальной ОС, чередующихся между собой. Записи фоновой ЭЭГ при закрытых и открытых глазах длительностью по одной минуте проводились до и после каждого сеанса. Для сеансов ЭЭГ-ОС использовали ЭЭГ, регистрируемую от сенсомоторной зоны (C4) правого полушария. Перед тренингом испытуемому предоставляли необходимые сведения о процедуре и объясняли зависимость параметров сигнала ОС от психо-эмоционального состояния.

Акустическая ЭЭГ-ОС была представлена в трех вариантах. Первый вариант представлял собой предъявление испытуемому звукового шума («белый шум»), интенсивность которого менялась в зависимости от отношения амплитуды тета-ритма к амплитуде альфа-ритма: чем меньше было значение данного отношения, тем меньшую громкость имел «белый шум», т.е. зависимость между интенсивностью «белого шума» и величиной отношения амплитуд управляемых ритмов была прямо пропорциональной. Во втором случае испытуемому предъявляли одновременно музыкальный фон и «белый шум». Управляемым параметром являлась интенсивность «белого шума», которая менялась таким же образом, как и в первом варианте. Третий вариант представлял собой предъявление испытуемому музыки, громкость которой была тем больше, чем больше было значение соотношения амплитуды альфа-ритма к амплитуде тета-ритма. Испытуемому предлагалось запомнить свое состояние в то время, когда управляемый параметр менялся в необходимом направлении.

Во время визуальной ЭЭГ-ОС использовали цветовую таблицу, разработанную Стефаном Мадяром, цветные изображения природы, а также компьютерную игру «гонки жуков».

Во время предъявления визуального сигнала ОС испытуемый располагался в кресле перед монитором. Яркость цветов таблицы С. Маджара и элементов цветных изображений (например, плодов на дереве) менялась в зависимости от величины амплитуды альфа-ритма: чем больше была данная величина, тем ярче становились цвета. В специально разработанной игре «гонки жуков» скорость движения или сила главного игрового персонажа изменялись в зависимости от величины отношения амплитуд СМР и тета-ритма. Положительное развитие сюжета в игре наблюдалось при увеличении тренируемого отношения.

В ходе спектрального анализа ЭЭГ рассчитывали амплитуды следующих частотных компонентов: тета-ритм (4-8 Гц); альфа-ритм (9-13 Гц); СМР (12-15 Гц), бета1-ритм (16-20 Гц), бета2-ритм (21-30 Гц). Модальная частота альфа-ритма определялась как среднее арифметическое значение частот в соответствующем диапазоне данного частотного компонента, имеющее максимальную амплитуду в 20–25 отрезках записи длительностью 2.56 с. Рассчитывались также отношения амплитуд альфа- и тета-ритмов, СМР и тета-ритма, бета1- и тета-ритмов, а также бета2- и тета-ритмов.

Обработка ЭЭГ во время проведения сеансов ЭЭГ-ОС основывалась на использовании цифровых фильтров Баттерворта четвертого порядка.

Уровень тревожности у детей и подростков определяли с помощью следующих психологических методик: проективной методики «Дом – Дерево – Человек» [12], теста Спилбергера-Ханина [13], шкалы явной тревожности А. М. Прихожан, шкалы личностной тревожности учащихся А.М. Прихожан, позволяющей оценить уровни различных видов тревожности (школьной, самооценочной, межличностной и магической) [14] и цветового теста Люшера [15].

Данные электрофизиологического исследования и показатели психологических тестов количественно обрабатывались посредством стандартных методов вариационной статистики.

Для определения достоверности различий между группами, а также различий уровней тревожности и спектральных характеристик ЭЭГ до и после ЭЭГ-ОС тренинга применяли параметрический t-критерий Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведения курса нейротерапии у испытуемых экспериментальной группы наблюдались изменения характеристик ЭЭГ по сравнению с аналогичными показателями до сеансов. Практически во всех локусах головного мозга, от которых производилась регистрация ЭЭГ, наблюдалось снижение амплитуды тета-ритма, значимое снижение данной величины наблюдалось в правой затылочной области ($p < 0,05$), увеличение амплитуд альфа-ритма и СМР, а также увеличение отношений амплитуд альфа- и тета-ритмов, амплитуд СМР и тета-ритма при закрытых глазах. Статистически значимые изменения величины отношения амплитуд альфа- и тета-ритмов были установлены для ЭЭГ, зарегистрированной от лобно-височной области правого полушария и теменной области левого полушария ($p < 0,05$), величины отношения амплитуд СМР и тета-ритма – для ЭЭГ, зарегистрированной от центральной, теменно-височной и затылочной областей левого полушария ($p < 0,05$), а

также от теменной области левого полушария ($p < 0,01$). На рис. 1 представлено топографическое распределение значений отношений амплитуд альфа- и тета-ритмов и амплитуд СМР и тета-ритма при записи ЭЭГ с закрытыми глазами у испытуемых экспериментальной группы до и после прохождения курса нейротерапии.

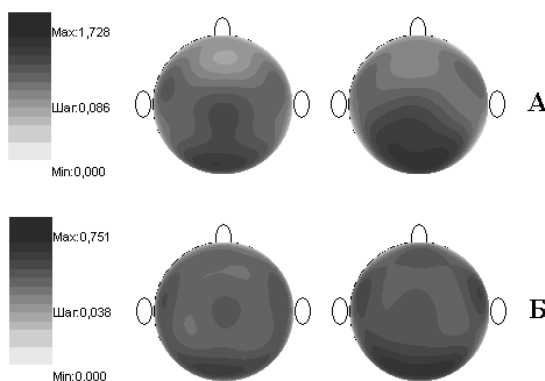


Рис. 1. Топография изменений отношений амплитуд альфа- и тета-ритмов (а) и амплитуд СМР и тета-ритма (б) до (слева) и после (справа) прохождения курса нейротерапии при записи ЭЭГ с закрытыми глазами у испытуемых экспериментальной группы.

Шкала в условных единицах – отношение амплитуд альфа- и тета-ритмов и амплитуд СМР и тета-ритма.

Представленные топограммы наглядно демонстрируют, что отношения ритмов ЭЭГ, на увеличение которых были направлены звуковые и игровые варианты обратной связи, после прохождения курса нейротерапии возросли практически по всей поверхности коры головного мозга.

В ЭЭГ, зарегистрированной при закрытых глазах, у испытуемых контрольной группы наблюдалось снижение амплитуд тета-ритма, альфа-ритма и СМР по сравнению с первоначальными значениями. В экспериментальной группе после прохождения тренинга наблюдался также рост величины модальной частоты альфа-ритма в ЭЭГ при закрытых глазах практически по всем отведениям, тогда как в ЭЭГ детей контрольной группы увеличение данного показателя было характерно для отдельных отведений, при этом изменения не были статистически значимыми, в других же отведениях наблюдалось снижение величины модальной частоты альфа-ритма или ее неизменность по сравнению с исходными значениями (рис. 2).

В ЭЭГ, зарегистрированной при открытых глазах, у детей экспериментальной группы были обнаружены следующие изменения: снижение амплитуды тета-ритма и увеличение отношения амплитуд СМР и тета-ритма после прохождения тренинга по сравнению с исходным уровнем. В ЭЭГ контрольной группы наблюдалось снижение величины отношения амплитуд СМР и тета-ритма (рис. 3).

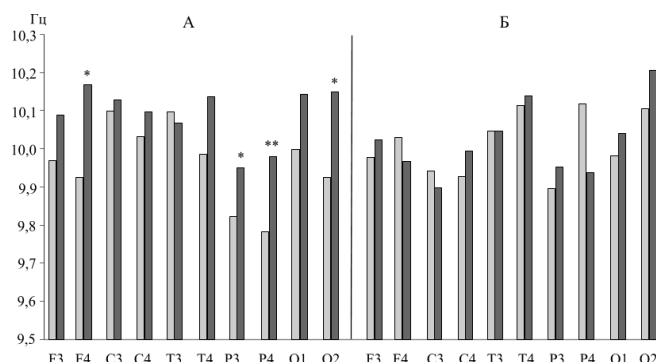


Рис. 2. Диаграммы средних значений модальной частоты альфа-ритма в ЭЭГ при закрытых глазах в экспериментальной (А) и контрольной (Б) группах до (светлые столбики) и после (темные столбики) проведения сеансов ЭЭГ-ОС. Звездочками отмечены случаи значимых отличий значений модальной частоты альфа-ритма после проведения сеансов со значениями модальной частоты альфа-ритма до сеансов ЭЭГ-ОС. * $P < 0.05$; ** $P < 0.01$ (t-критерий Стьюдента). F3, F4, T3, T4, C3, C4, P3, P4, O1, O2 – локусы отведения ЭЭГ-потенциалов согласно системе 10-20. По вертикали – величина модальной частоты альфа-ритма (Гц).

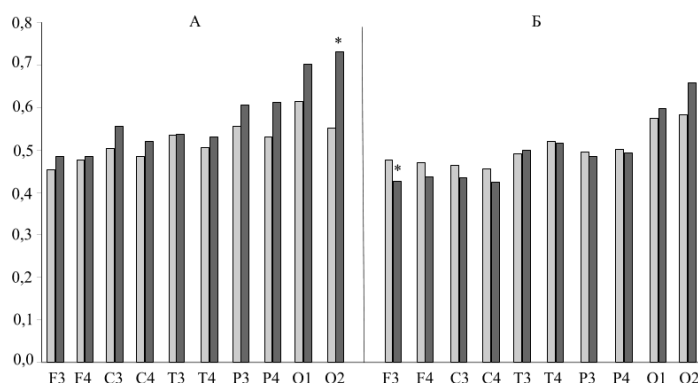


Рис. 3. Диаграммы средних значений отношения амплитуд СМР и тета-ритма в экспериментальной (А) и контрольной (Б) группах до (светлые столбики) и после (темные столбики) проведения сеансов ЭЭГ-ОС при регистрации ЭЭГ при открытых глазах. Звездочками отмечены случаи значимых отличий значений отношения амплитуд СМР и тета-ритма после проведения сеансов со значениями отношения амплитуд СМР и тета-ритма до сеансов ЭЭГ-ОС. * $P < 0.05$ (t-критерий Стьюдента). По вертикали – величина отношения амплитуд СМР и тета-ритма. Остальные обозначения те же, что на рис. 2.

Из рисунка видно, что величина отношения амплитуд СМР и тета-ритма, на увеличение которой были направлены игровые варианты обратной связи, у детей экспериментальной группы выросла во всех областях головного мозга,

статистически значимое увеличение наблюдалось в правой затылочной области. У детей контрольной группы величина данного отношения снижалась в большинстве отведений, от которых производилась регистрация ЭЭГ, в левой верхне-лобной области это снижение достигало уровня статистической значимости.

Результаты психологического тестирования до и после проведения курса сеансов ЭЭГ-ОС у испытуемых экспериментальной и контрольной групп представлены в таблице.

Таблица.

Средние значения уровней тревожности, определяемых с помощью различных методик, у испытуемых экспериментальной и контрольной групп до и после прохождения тренинга ($\bar{x} \pm S\bar{x}$)

Тревожность по различным тестам	Показатели до прохождения тренинга		Показатели после прохождения тренинга	
	Экспериментальная группа	Контрольная группа	Экспериментальная группа	Контрольная группа
Тревожность по тесту «Дом – Дерево – Человек»	4,00 ± 0,43	4,29 ± 0,64	3,77 ± 0,51 **	5,54 ± 0,36
Тревожность по тесту Люшера	5,64 ± 0,95	3,42 ± 0,62	5,64 ± 1,15	3,25 ± 1,04
Явная тревожность по тесту Прихожан	21,80 ± 5,17	20,50 ± 1,89	18,60 ± 4,55	18,33 ± 1,54
Ситуативная тревожность по тесту Спилбергера	40,14 ± 1,83	35,25 ± 1,46	36,29 ± 3,31	34,25 ± 1,21
Личностная тревожность по тесту Спилбергера	49,57 ± 3,41	43,58 ± 1,48	45,14 ± 1,92	45,25 ± 1,96
Школьная тревожность по тесту Прихожан	20,71 ± 1,81	16,00 ± 1,78	14,43 ± 2,47	15,33 ± 1,74
Самооценочная тревожность по тесту Прихожан	16,71 ± 2,69	15,42 ± 1,36	14,00 ± 3,10	15,00 ± 1,74
Межличностная тревожность по тесту Прихожан	19,29 ± 1,77	13,92 ± 1,84	14,43 ± 2,51	13,92 ± 1,65
Магическая тревожность по тесту Прихожан	11,14 ± 2,88	15,25 ± 1,11	8,00 ± 3,44	13,91 ± 2,71
Общая тревожность по тесту Прихожан	67,86 ± 7,01	60,58 ± 4,11	50,86 ± 9,53	58,17 ± 5,64

Примечание. Указаны значения средних $\pm$ ошибка среднего по группе. Звездочками отмечены различия достоверные между показателями контрольной и экспериментальной групп после проведения тренинга при ** $P < 0.01$ (t-критерий Стьюдента)

Из данных таблицы видно, что уровни тревожности, определяемые с помощью различных психологических методик, в экспериментальной группе снижались после прохождения сеансов нейротерапии, за исключением уровня тревожности, оцениваемого с помощью теста Люшера, который для группы испытуемых в целом остался неизменным. Следует отметить, что после проведения тренингов в экспериментальной группе не наблюдается повышения уровня тревожности ни по одной из применяемых психологических методик, тогда как в контрольной группе уровень тревожности по некоторым шкалам оказался выше исходного уровня. Так, после проведения тренингов уровень тревожности по тесту «Дом – Дерево – Человек» в группе детей, проходивших сеансы ЭЭГ-ОС оказался значимо ниже, чем в контрольной группе детей. По субъективным отчетам родителей у детей, проходивших сеансы ЭЭГ-ОС, после тренинга повышались самооценка, эмоциональная стабильность, нормализовался сон, что может указывать на оптимизацию психо-эмоционального состояния детей.

Проанализировав данные тренингов испытуемых можно заключить, что многократные сеансы на основе метода обратной связи по ЭЭГ, направленные на увеличение амплитуды альфа-ритма, отношений амплитуд альфа- и тета-ритмов и амплитуд СМР и тета-ритма приводят к росту тренируемых величин и модальной частоты альфа-ритма в ЭЭГ при закрытых глазах, а также к увеличению амплитуды СМР и отношения амплитуд СМР и тета-ритма в ЭЭГ при открытых глазах. Результаты психологического тестирования в группе испытуемых показали снижение уровня тревожности практически по всем психологическим методикам после прохождения тренинга. На основании полученных результатов по электрофизиологическим и психологическим показателям можно сделать вывод о положительном воздействии сеансов обратной связи по ЭЭГ на психо-эмоциональное состояние детей и подростков и возможности эффективного применения данного метода с целью коррекции повышенного уровня тревожности.

ВЫВОДЫ

1. Многократные сеансы на основе метода обратной связи по ЭЭГ, направленные на увеличение амплитуды альфа-ритма, отношений амплитуды альфа-ритма к амплитуде тета-ритма и амплитуды СМР к амплитуде тета-ритма приводят к росту тренируемых величин и модальной частоты альфа-ритма в ЭЭГ при закрытых глазах, а также к увеличению амплитуды СМР и отношения амплитуды СМР к амплитуде тета-ритма в ЭЭГ при открытых глазах.
2. Результаты психологического тестирования в группе испытуемых после прохождения тренинга показали снижение уровня тревожности практически по всем шкалам психологических тестов, тогда как в контрольной группе наблюдалось дальнейшее повышение уровня тревожности. Так, по тесту «Дом – Дерево – Человек» уровень тревожности после прохождения тренинга в экспериментальной группе был значимо меньше ($p < 0,01$), чем в контрольной группе.
3. Проведение курса сеансов с помощью метода ЭЭГ-ОС является эффективным для коррекции тревожности у детей и подростков и может быть рекомендовано

для применения в оздоровительных учреждениях и центрах психологической помощи несовершеннолетним.

Список литературы

1. Свидерская Н.Е. Особенности ЭЭГ-признаков тревожности у человека / Н.Е. Свидерская, В.Н. Прудников, А.Г. Антонов // Журнал высшей нервной деятельности. – 2001. – № 2. – С. 158–165.
2. Прихожан А. М. Психология тревожности: дошкольный и школьный возраст / Прихожан А. М. – СПб.: Питер, 2007. – 192 с.
3. Костина Л. М. Игровая терапия с тревожными детьми / Костина Л. М. – СПб.: Речь, 2006. – 160 с.
4. Коррекция нервно-психических дисадаптационных нарушений с помощью метода функционального биоуправления с ЭЭГ-обратными связями / С.И. Сороко, Т.Ж. Мусуралиев, И.Н. Комаров [и др.] // Физиология человека. – 1995. – № 6. – С. 14–28.
5. Джунусова Г.С. Использование адаптивного биоуправления по ЭЭГ для коррекции функционального состояния неврологических больных / Г.С. Джунусова, Р.А. Курмашев // Физиология человека. – 2001. – № 1. – С. 18–22.
6. Hammond D. Neurofeedback with anxiety and affective disorders / D. Hammond // Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America. – 2005. – № 1. – P. 105–123.
7. Влияние биологической обратной связи по сенсомоторному ритму и бета-ритму ЭЭГ на параметры внимания / В.А. Гринь-Яценко, Ю.Д. Кропотов, В.А. Пономарев [и др.] // Физиология человека. – 2001. – № 3. – С. 5–13.
8. Любар Д.Ф. Биоуправление, дефицит внимания и гиперактивность / Д.Ф. Любар // Биоуправление – 3: теория и практика. – 1998. – С. 142–162.
9. Egner T. The effects of neurofeedback training on the spectral topography of the electroencephalogram / T. Egner, T.F. Zech, J.H. Gruzelier // Clin. Neurophysiology. – 2004. – № 11. – P. 2452–2460.
10. Lubar J.O. Electroencephalographic biofeedback of SMR and beta for treatment of attention deficit disorders in a clinical setting / J.O. Lubar, J.F. Lubar // Biofeedback and self-regulation. – 1984. – № 1. – P. 1–23.
11. Electroencephalographic biofeedback in the treatment of attention-deficit/hyperactivity disorder / V.J. Monastra, S. Lynn, M. Linden [et al.] // Applied Psychophysiology and Biofeedback. – 2005. – № 2. – P. 95–114.
12. Беляуская Р. Рисуночные пробы как средство диагностики развития личности ребенка / Р. Беляуская // Диагностическая и коррекционная работа школьного психолога. – Москва, 1987. – С. 67–74.
13. Елисеев О.П. Практикум по психологии личности / Елисеев О.П. – СПб.: Питер, 2000. – 560 с.
14. Прихожан А.М. Психология сиротства / А.М. Прихожан, Н.Н. Толстых. – СПб.: Питер, 2005. – 400 с.
15. Кокун О.М. Оптимізація адаптаційних можливостей людини: психофізіологічний аспект забезпечення діяльності / Кокун О.М. – К.: Міленіум, 2004. – 265 с.

Эйсмонт Е.В. Корекція тривожності у дітей та підлітків за допомогою курсу сеансів зворотного зв'язку за характеристиками електроенцефалограми / Е.В. Эйсмонт, Т.А. Алиева, Н.В. Луцюк, В.Б. Павленко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 286–294.

Вивчали зміни патерну електроенцефалограми (ЕЕГ) під час проведення сеансів зворотного зв'язку за характеристиками ЕЕГ (ЕЕГ-ОС), а також оцінювали вплив застосування методу ЕЕГ-ОС на рівень тривожності, що оцінюється за допомогою психологічних тестів Спилберґера, А.М. Прихожан і Люшера. У дослідженні взяли участь 23 практично здорових випробуваних 5-14 років, які були розділені на дві групи: експериментальну (n = 11) і контрольну (n = 12). Отримані дані, що підтверджують зміну функціонального стану мозку в результаті проходження курсу сеансів ЕЕГ-ОС. У ЕЕГ відзначалися зміни величини альфа-ритму, відносин амплітуд альфа-ритму і тета-ритму, сенсомоторного ритму і тета-ритму, а також модальної частоти альфа-ритму. Зареєстровані зміни

характеристик ЕЕГ, викликані проходженням курсу сеансів ЕЕГ-ОС, супроводжувалися зниженням рівня тривожності.

Ключові слова: тривожність, діти, підлітки, зворотній зв'язок за характеристиками ЕЕГ.

Eysmont E. V. Correction of anxiety in children and adolescents through the course of feedback sessions on the characteristics of the electroencephalogram / E. V. Eysmont, T. A. Alieva, N. V. Lutsyuk, V.B. Pavlenko // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 286-294.

Changes in the pattern of the electroencephalogram (EEG) during the feedback sessions on the characteristics of the EEG (EEG-biofeedback) and assessment the effect of EEG-biofeedback method application to the level of anxiety were studied, assessed using psychological tests such as Spielberger, A.M. Prihojan and Luscher. 23 healthy subjects, 5-14 year old took part in the investigation who were divided into two groups: experimental (n = 11) and control (n = 12). Obtained data are an evidence of the change of the functional state of the brain as a result of the course of EEG-biofeedback sessions. Changes of EEG alpha rhythm amplitude, amplitude ratio of the alpha rhythm and the theta rhythm, sensory motor rhythm and theta rhythm, as well as the modal frequency of the alpha rhythm were observed. Registered changes of EEG characteristics caused by the course of EEG-biofeedbacksessions were accompanied with lower levels of anxiety.

Key words: anxiety, children, adolescents, feedback on the characteristics of the EEG.

Поступила в редакцію 21.11.2009 г.

УДК 581.2.07

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИТОТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ПЕСТИЦИДА БИ-58 НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ

Эмирова Д.Э.

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

Проведен сравнительный анализ фитотоксического действия БИ-58 на *Zea mays* L., *Allium cepa* L. и *Helianthus annuus* L. Установлено, что концентрация 0,05 мл/л не оказывала фитотоксического действия на исследованные культуры. Доза 0,1 мл/л, рекомендуемая к применению, оказывала фитотоксическое действие на семена *Allium cepa* L. и *Zea mays* L. Высокие концентрации препарата (0,2 и 0,4 мл/л) оказывали выраженный фитотоксический эффект на изученные культуры.

Ключевые слова: пестицид, БИ-58, *Zea mays* L., *Allium cepa* L., *Helianthus annuus* L., семена, корни.

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы проблема загрязнения природной окружающей среды является одной из актуальнейших. Источниками загрязнения природы вредными веществами являются не только промышленность и транспорт, но и современное сельскохозяйственное производство с его высоким уровнем химизации. Недостаточно обоснованное применение новых химических средств, в первую очередь инсектицидов, представленных более опасными, чем фунгициды и гербициды, веществами, привело к ряду случаев гибели водных и наземных животных и загрязнению пищевых продуктов [1]. Данный факт представляет реальную угрозу для здоровья человека, являющегося конечным звеном трофических цепей [2].

Проблема загрязнения окружающей среды является актуальной для Крымского региона, где сельское хозяйство является одной из наиболее развитых отраслей народного хозяйства, в которой используется широкий арсенал пестицидов, относящихся к различным классам по химическому составу и принципам действия [3]. 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. Одним из таких методов является определение фитотоксичности анализируемых пестицидов на основе угнетения корневого роста тест-растений [4]. В частности, установлено, что гербицид трофи в интервале

концентраций 5-20 мг/л и повышенной температуре вызывал редуцирующее действие морфометрических показателей проростков кукурузы [5]. Аналогичные данные были получены в экспериментальных исследованиях ряда авторов. Барашкин В.А. и др. [6] изучая влияние хлорсульфурина на синтез аминокислот в проростках кукурузы и хлопчатника, отметили ингибирующее действие на длину проростков растений при всех изучаемых концентрациях (1,0; 2,0; 5,0; 7,0; 10,0 мкг/л). Аналогичное действие оказывают котан и кетофос на физиологические параметры *Crepis capillaries* (L.) Wallr. (энергия прорастания и всхожесть). Как показывают результаты, оба гербицида в определенной степени снижали всхожесть и энергию прорастания семян *Crepis capillaries*. Так, всхожесть семян после обработки кетофосом уменьшалась от 88 до 48%, у семян, обработанных котаном, от 92 до 52% [7]. 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 [8]. Препараты римсульфурон и никосульфурон вызывают морфологические изменения, ингибирование роста и снижение урожая кукурузы [9]. Гербицид тотрил в диапазоне концентраций 0,5–1,5% приводил к существенному угнетению всхожести семян хлопчатника, изменению веса и длины корешков [10]. Представленный анализ литературных источников позволил прийти к заключению, что большинство ученых в своих исследованиях в качестве тест-объекта для изучения негативного действия пестицидов используют одну культуру. Однако интересным и мало изученным остается вопрос по определению влияния изучаемых препаратов на различные сельскохозяйственные культуры. В связи с этим целью нашего исследования явилось сравнительное изучение фитотоксичности различных доз БИ-58 на сельскохозяйственные культуры, возделываемые в Крымском регионе.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В своих исследованиях мы использовали БИ-58 «новый» (40% концентрат эмульсии) с рекомендуемой нормой расхода 10 мл на 20 л воды – препарат фирмы ВАСФ ОАО ВИРТАН-ПРОМЭКС, (Россия, 2008 г.), имеющий широкое применение в агропромышленном комплексе Крыма [11] как контактный и системный инсектоакарицид [12].

В качестве объекта исследования использовали проростки семян *Allium cepa* L. сорта Халцедон, *Zea mays* L. сорта Среднеспелый (гибрид кадр 267 МВ), *Helianthus annuus* L. сорта гибрид Крепыш. У указанных культур изучали энергию прорастания семян и фитотоксичность (X, %) различных доз БИ-58, документированную на основе ингибирования корневого прироста и угнетения всхожести.

Материалом для исследований служили семена *Allium cepa* L., *Zea mays* L. и *Helianthus annuus* L. обработанные 0,05; 0,1 (рекомендуемая доза); 0,2 и 0,4 мл/л концентрациями пестицида БИ-58 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 [13]. Морфометрический анализ проростков осуществляли на третьи сутки после экспозиции для чего измеряли штангенциркулем длину всех проросших за время инкубации корешков с точностью до 1 мм.

Статистическую обработку данных проводили с использованием пакета прикладных программ “Microsoft Excel 2000”. В качестве критерия оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали t-критерий Стьюдента [14]. Экспериментальные исследования проводились в 4-х кратной повторности.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты проведенного исследования показали, что изученный препарат оказывает определенное влияние на сельскохозяйственные тест-культуры, что проявляется в ингибировании корневого прироста и снижении показателя всхожести. Данные, представленные в таблице 1 свидетельствуют, что БИ-58 в дозе 0,05 мл/л оказывал положительное влияние на рост корней кукурузы. В частности длина корней проростков увеличивалась на 5,63% ($p>0,05$) по сравнению с контрольным вариантом. Аналогичная картина наблюдалась и с показателем всхожести (табл. 1).

Таблица 1.

**Влияние различных доз БИ-58 на изучаемые показатели проростков
Zea mays L. ($M\pm m$, $n=4$)**

№	Вариант	Средняя длина, мм	Фитотоксичность (X), %	Всхожесть, %
1.	К	$7,1\pm 0,66$	–	$80,25\pm 2,87$
2.	0,05 мл/л	$7,5\pm 0,40$	–	$79,00\pm 2,73$
3.	0,1 мл/л	$4,1\pm 0,42^*$	42,25	$56,25\pm 4,11^{**}$
4.	0,2 мл/л	$3,9\pm 0,17^{**}$	45,07	$55,00\pm 5,87^*$
5.	0,4 мл/л	$3,4\pm 0,21^{**}$	52,11	$51,50\pm 2,75^{**}$

Примечание: Тут и далее – отличия от контроля достоверны при * $p<0,05$; ** $p<0,01$; *** $p<0,001$ ($t_{st} = 2,0 - 2,7 - 3,5$).

Аналогичное действие указанная доза оказывала на рост корней *A. сера* L., однако данные изменения также не являлись статистически достоверными. В нашем исследовании мы наблюдали достоверное снижение показателя всхожести на 21,33% ($p<0,001$) по сравнению с контрольным вариантом (табл. 2).

Данные, представленные в таблице 3 свидетельствуют, что изученный препарат в дозе 0,05 мл/л снижал рост корней подсолнечника в 1,1 раза, однако эти изменения не были статистически достоверными.

При этом показатель всхожести снижался на 9,33% ($p<0,001$) по сравнению с контрольным вариантом. Отсутствие достоверных изменений длины корней тест-

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИТОТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ

культур позволило прийти к заключению, что доза 0,05 мл/л фитотоксическим действием не обладает.

Таблица 2.
Влияние различных доз БИ-58 на изучаемые показатели проростков
Allium cepa L. ($M \pm m$, $n=4$)

№	Вариант	Средняя длина, мм	Фитотоксичность (X), %	Всхожесть, %
1.	К	7,0±0,16	–	93,33±1,76
2.	0,05 мл/л	7,5±0,21	–	72,00±1,53***
3.	0,1 мл/л	5,8±0,02***	17,14	57,67±1,45***
4.	0,2 мл/л	4,6±0,14***	34,28	52,67±1,20***
5.	0,4 мл/л	3,9±0,09***	44,28	46,67±1,45***

Таблица 3.
Влияние различных доз БИ-58 на изучаемые показатели проростков
Helianthus annuus L. ($M \pm m$, $n=4$)

№	Вариант	Средняя длина, мм	Фитотоксичность (X), %	Всхожесть, %
1.	К	9,3±0,81	–	95,00±1,00
2.	0,05 мл/л	8,5±0,82	8,60	85,67±2,20***
3.	0,1 мл/л	8,0±1,02	13,98	85,33±0,91***
4.	0,2 мл/л	7,6±0,72	18,28	85,00±0,80***
5.	0,4 мл/л	3,9±0,67***	58,07	79,00±0,40***

При увеличении концентрации препарата проявлялось его негативное действие по всем вариантам исследования, что вызывало увеличение показателя ингибирования корневого прироста при снижении всхожести. При концентрации 0,1 мл/л длина корней кукурузы снижалась на 42,2% по сравнению с контрольным вариантом, показатель всхожести – на 24,0% соответственно. Следует отметить, что данная доза препарата является рекомендуемой для применения в сельскохозяйственном производстве, однако в наших исследованиях она оказалась фитотоксичной (рис. 1, а). Указанная доза оказалась фитотоксичной и для лука (рис. 1, б). В частности, длина корней *A. cepa* L. снижалась в 1,2 раза ($p < 0,001$), показатель всхожести – на 35,66% ($p < 0,001$) по сравнению с контрольным вариантом.

Наиболее толерантной к фитотоксическому действию препарата оказалась культура подсолнечника. При концентрации 0,1 мл/л (рекомендуемая доза) длина корней подсолнечника снижалась в 1,2 раза ($p > 0,05$) по сравнению с контрольным вариантом, показатель всхожести – на 9,67% ($p < 0,001$).

При увеличении дозы препарата наблюдалось дальнейшее снижение морфометрических показателей корней исследуемых тест-культур и энергии прорастания семян. В частности, при дозе БИ-58 0,2 мл/л длина корней кукурузы снизилась на 45,1%, показатель всхожести – на 25,3% по сравнению с контролем. Увеличение концентрации исследуемого препарата в два раза (0,4 мл/л) вызвало

снижение морфометрических показателей корешков на 52,1% и всхожести – на 28,8% по сравнению с контрольным вариантом. При концентрации 0,2 мл/л длина корней лука уменьшилась в 1,5 раза ($p<0,001$) при снижении количества проросших семян на 40,66% ($p<0,001$). Как видим, указанные концентрации БИ-58 (0,05; 0,1 и 0,2 мл/л) вызвали достоверное снижение всхожести семян в диапазоне 20–41%.

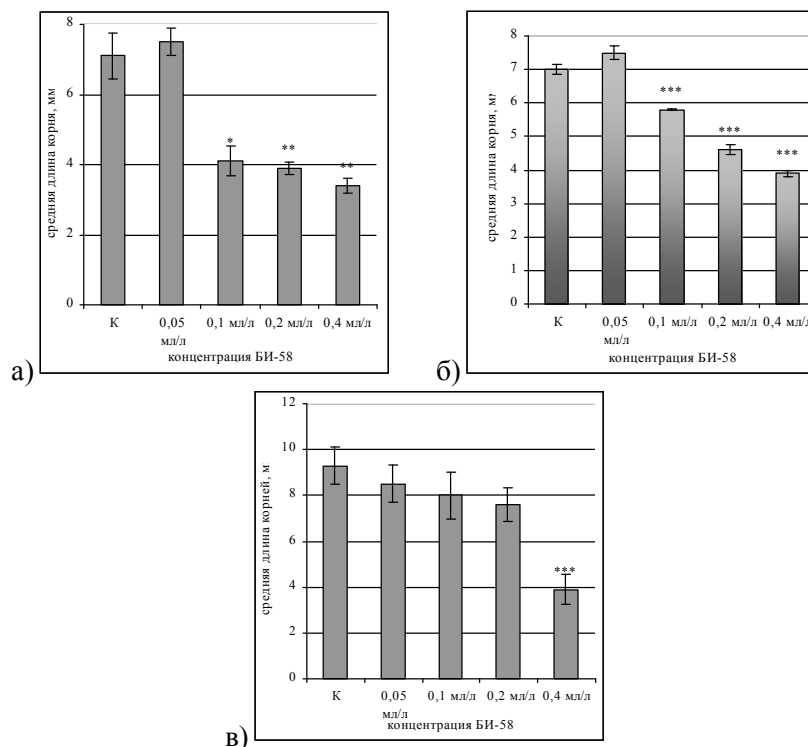


Рис. 1. Влияние различных концентраций БИ-58 на ростовые процессы: а) *Zea mays* L.; б) *Allium cepa* L.; в) *Helianthus annuus* L.

При концентрации 0,2 мл/л длина корней *H. annuus* L. уменьшилась в 1,2 раза ($p>0,05$) при снижении количества проросших семян на 10% ($p<0,001$). Полученные результаты свидетельствуют, что концентрации БИ-58 (0,05; 0,1 и 0,2 мл/л) фитотоксического действия на тест-культуру не оказывают, однако вызывают достоверное снижение всхожести семян в диапазоне 9–10%. Увеличение концентрации препарата (0,4 мл/л) вызвало резкое снижение длины корней проростков *H. annuus* L. и угнетение их всхожести. В частности, длина корней в данном варианте исследования снизилась в 2,4 раза ($p<0,001$) по сравнению с контролем. Показатель всхожести – на 16% ($p<0,001$) соответственно. Таким образом, концентрация БИ-58 0,4 мл/л обладала выраженным фитотоксическим действием на исследованную тест-культуру (см. рис. 1, в). Аналогичное действие препарат в дозе 0,4 мл/л оказывал на лук и кукурузу, что проявлялось в снижении всхожести семян и ингибировании корневого прироста. В частности, длина корней

кукурузы в данном варианте исследования снизилась в 1,8 раза ($p < 0,001$), а показатель всхожести – на 46,16% ($p < 0,001$) по сравнению с контролем.

Таким образом, повышенные концентрации БИ-58 оказывали выраженное фитотоксическое действие на исследуемые культуры, проявлявшееся в снижении всхожести семян и угнетении ростовых процессов. Полученные данные подтверждают необходимость установления нетоксичных доз препаратов с целью рекомендации их к применению в сельскохозяйственном производстве.

Результаты исследований свидетельствуют, что сельскохозяйственные культуры обладают индивидуальной чувствительностью к фитотоксическому действию пестицидов. Для более полной характеристики препарата необходимо изучение его влияния на цитогенетические показатели, что и ляжет в основу наших дальнейших исследований.

ВЫВОДЫ

1. БИ-58 оказывает фитотоксическое действие на семена *Zea mays* L., *Allium cepa* L. и *Helianthus annuus* L., проявляющееся в ингибировании корневого прироста и всхожести.
2. Концентрация БИ-58 (0,1 мл/л), рекомендуемая к применению, оказывает выраженное фитотоксическое действие на *Allium cepa* L. и *Zea mays* L., в силу чего не рекомендуется к использованию при возделывании данных культур.
3. Концентрация БИ-58 0,1 мл/л, рекомендуемая к применению, не оказывает фитотоксического действия на тест-культуру, в силу чего может быть рекомендована при возделывании *Helianthus annuus* L.
4. Доза, ниже рекомендуемой (0,05 мл/л) стимулировала рост корней и не влияла на всхожесть семян *Zea mays* L. Установлено, что БИ-58 в дозе 0,05 мл/л не оказывал фитотоксического действия на тест-культуру *Allium cepa* L., однако вызывал снижение всхожести семян на 21,33%.
5. Установлено, что БИ-58 в диапазоне концентраций 0,05 – 0,2 мл/л не оказывал выраженного фитотоксического действия на тест-культуру *Helianthus annuus* L., однако вызывал снижение всхожести семян на 9 – 10%.
6. Наибольшей чувствительностью к токсическому действию изученных концентраций БИ-58 обладали *Allium cepa* L. и *Zea mays* L., культура *Helianthus annuus* L. оказалась более толерантной.
7. Высокие концентрации БИ-58 оказывают фитотоксическое действие на семена *Allium cepa* L., *Zea mays* L. и *Helianthus annuus* L., проявляющееся в ингибировании корневого прироста и всхожести семян.

Список литературы

1. Охрана окружающей среды при использовании пестицидов / [Л. И. Бублик, В. П. Васильев, Н. А. Гороховский и др.] ; под ред. В. П. Васильева. – К. : Урожай, 1983. – 128 с.
2. Филипчук О.Д. Экоотоксикологическая оценка агроландшафтов Южно-предгорной зоны табаководства России / О.Д. Филипчук // Агрохимия. – 1999. – № 10. – С. 82–88.
3. Эмирова Д.Э. Анализ пестицидной нагрузки на сельскохозяйственные почвы Крыма / Д.Э. Эмирова, Э.Р. Алиев // Materiały IV Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji

- «Strategiczne pytania światowej nauki – 2008».– Tym 8. Rolnictwo. Weterynaria. Chemia i chemiczne technologie. Ekologia. Geografia i geologia; Przemysł. – Nauka i studia. – 2008. – S. 63–66.
4. 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.
 5. Філонік І.О. Вплив гербіцидного фону та підвищеної температури на процеси білкового метаболізму у проростках гібридів кукурудзи на ранніх етапах розвитку рослин / І.О. Філонік // Регуляція росту і розвитку рослин: фізіолого-біохімічні і генетичні аспекти. – Матеріали міжнародної наукової конференції (Харків, Україна, жовтень, 13-15, 2008 р.). – Харків, 2008. – С. 115–116.
 6. Барашкин В.А. Влияние хлорсульфурина на аминокислотный состав проростков кукурузы и хлопчатника / В.А. Барашкин, Н.И. Боровинская, И.П. Ермакова // Узб. биол. журнал. – 1991. – С. 26–28.
 7. Имамалиева Н.Х. Изучение кластогенной активности гербицидов которана и котофора на клетках *Regis capillaries* (L.) Wallr / Н.Х. Имамалиева, А.-К.Э. Эргашев // Цитология и генетика. – 1992. – Т. 26, № 1. – С. 60–63.
 8. A rapid, sensitive bioassay method for sulfonylurea herbicides / E. Hernandez-Sevillano, M. Villarroja, M. C. Chueca [et al.] // Brighton Conf. “Weeds”: Proc. Int. Conf., Brighton, 15-18 Nov., 1999. – Vol. 2. – Farnham, 1999. – P. 711–716.
 9. Rola H. Wpływ herbicydów na wzrost, rozwój i planowanie mieszańców Kykyrydzy / H. Rola : Ref. 38. Sec. nauk. Inst. ochr. rosl., Poznan, 1998 // Post. ochr. rosl. – 1998. – Vol. 38, № 1. – P. 73–78.
 10. Ибрагимова Э.Э. Цитогенетическое и общебиологическое действие гербицида тотрил на семена хлопчатника / Э.Э. Ибрагимова // Ученые записки КГИПУ. – Вып. 5. – 2004. – С. 85–89.
 11. Эмирова Д.Э. Анализ пестицидной нагрузки на агроценозы Крыма / Д.Э. Эмирова // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Выпуск 15. Биологические науки. – Симферополь : НИЦ КИПУ, 2008. – С. 69–71.
 12. Мартыненко В.И. Пестициды: Справочник. / Мартыненко В.И., Промоненко В.К. [и др.] – М. : Агропроиздат, 1992. – 307 с.
 13. Федорова Г. В. Практикум з біогеохімії для екологів : (Навчальний посібник) / Федорова Галина Володимирівна. – Київ : «КНТ», 2007. – 288 с.
 16. Плохинский Н. А. Биометрия / Н. А. Плохинский. – М. : МГУ, 1970. – 367 с.

Емірова Д.Е. Порівняльний аналіз фітотоксичної дії пестицида БІ-58 на сільськогосподарські культури / Д.Е. Емірова // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 295-301.

Був проведений порівняльний аналіз фітотоксичної дії БІ-58 на *Zea mays* L., *Allium cepa* L. і *Helianthus annuus* L. Встановлено, що концентрація 0,05 мл/л не надавала фітотоксичної дії на досліджені культури. Доза 0,1 мл/л, яка рекомендується до застосування, надавала фітотоксичну дію на насіння *Allium cepa* L. і *Zea mays* L. Високі концентрації препарату (0,2 і 0,4 мл/л) мали виражену фітотоксичну дію на вивчені культури.

Ключові слова: пестицид, БІ-58, *Zea mays* L., *Allium cepa* L., *Helianthus annuus* L., насіння, коріння.

Emirova D.E. Comparative analysis of phytotoxic action of pesticide BI-58 on agricultural cultures / Emirova D.E. // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 295-301.

The comparative analysis of phytotoxic action of BI-58 is conducted on *Zea mays* L., *Allium cepa* L. and *Helianthus annuus* L. It is established, that a concentration 0,05 ml/l did not render phytotoxic operating on investigational cultures. A dose 0,1 ml/l, recommended to the application, rendered the phytotoxic operating on the seed of *Allium cepa* L. and *Zea mays* L. High concentrations of preparation (0,2 and 0,4 ml/l) had expressed phytotoxic effect on the studied cultures.

Keywords: pesticide, BI-58, *Zea mays* L., *Allium cepa* L., *Helianthus annuus* L., seed, roots.

Поступила в редакцію 28.11.2009 з.

УДК 591.169.1:595.123+615.849.11

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ НА РЕГЕНЕРАЦИЮ ПЛАНАРИЙ *DUGESIA TIGRINA* С РАЗЛИЧНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АСИММЕТРИЕЙ

Ярмолюк Н.С.

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

У планарий с различной функциональной асимметрией обнаружены различия параметров регенерации. Электромагнитное экранирование вызывает у них одинаковые изменения регенераторных процессов, но степень их выраженности различна.

Ключевые слова: планарии, *Dugesia tigrina*, асимметрия, регенерация.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из актуальных проблем экологической биофизики является исследование феномена гиперчувствительности к действию различных факторов. Установлено, что гиперчувствительность, как и устойчивость к действию различных факторов определяются рядом индивидуальных особенностей и, в частности, функциональными асимметриями [1 – 4]. Как показали исследования последних лет, функциональная асимметрия свойственна не только позвоночным животным и человеку, но и беспозвоночным: пчелам, жукам, муравьям [5], моллюскам [6], ракам [7], крабам [8]. Описана функциональная асимметрия и у плоских червей – планарий [9], которых отличает исключительная способность к регенерации. Регенерирующие планарии в настоящее время являются тест-системой, широко используемой для изучения биологического действия различных экологических факторов [10]. Однако особенности регенерации у животных «правшей» и «левшей» не изучены, равно как и влияние на этот процесс электромагнитного экранирования (ЭМЭ). В связи с изложенным, целью настоящего исследования явилось сравнительное изучение влияния ослабленного магнитного поля на регенерацию планарий с различной функциональной асимметрией.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для определения функциональной асимметрии планарий применяли методику свободного выбора направления в Т-образном лабиринте [9]. Для этого использовали стеклянный лабиринт, состоящий из коридоров, расположенных Т-

образно длиной 6 см глубиной 1 см, шириной 5 мм, свободно открывающихся наружу. Лабиринт помещали в кристаллизатор с водой, которая заполняла его на 2/3 глубины (рис.1).

Освещенность при проведении опыта была равномерной и постоянно контролировалась. Температура воздуха в лаборатории колебалась в пределах 18-23°C.

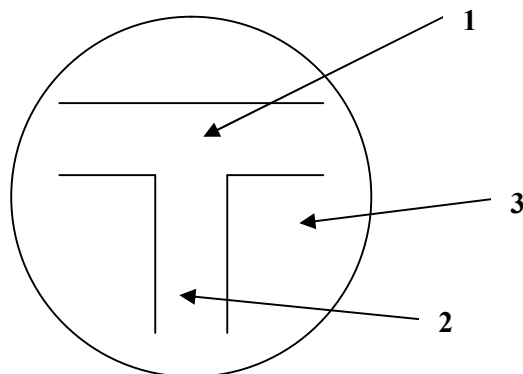


Рис. 1. Т – образный лабиринт, где 1 – коридор свободного выбора направления; 2 – стартовый коридор; 3 - кристаллизатор с водой.

В работе использовали животных длиной $\approx 10 \pm 1$ мм, у которых движение осуществлялось за счет ресничек, а не мускулатуры [11]. Во время опыта манипуляции проводили с помощью пипетки. Опыт состоял из десяти проб. Планарию помещали в стартовый коридор головным концом в направлении развилки. После выбора одного из направлений её вновь переносили в стартовый коридор, и так десять проб подряд. Затем животное возвращали в затененный стаканчик и заменяли следующей особью. После того, как заканчивали серию на пяти особях, лабиринт протирали ватой для удаления слизи и начинали следующую серию.

В итоге отмечали направление каждого сделанного планарией выбора. Суммировали число правых и левых поворотов в целом за весь опыт, что дало нам возможность разделить животных на две группы симметриков и асимметриков, а асимметриков разделить на «правшей» (R) и «левшей» (L). Далее каждую группу выделенных асимметриков делили на 2 подгруппы по 25 особей в каждой. Разделенных планарий помещали в стеклянные стаканы, содержащие по 50 мл воды.

Следующим этапом в работе под бинокулярным микроскопом глазным скальпелем в нестерильных условиях производилась ампутация 1/5 части головного конца тела планарий, содержащей головной ганглий, непосредственно под «ушами».

Первую подгруппу составил контроль, регенерация у них протекала без каких-либо дополнительных воздействий. Животных второй подгруппы содержали в экранирующей камере после декапитации в течение пятнадцати дней по 23 часа в сутки. Ежедневно в течение одного часа (всегда в одно и то же время с 10 до 11 час.) проводили контроль регенерационных процессов, фиксацию изображения, измерение температуры воды и т.д.

Для оценки динамики роста регенерационной почки (бластемы) планарии применяли метод прижизненной морфометрии, использующий компьютерные технологии анализа изображений [12, 13].

Подробное описание установки для прижизненной морфометрии, используемой в настоящем исследовании, описано ранее [14].

В качестве количественного показателя роста планарии нами использован индекс регенерации (ИР) $R=S_1/S_2$, где S_1 - площадь бластемы, S_2 - площадь всего тела регенерата в данный момент времени [12].

Для определения скорости движения (СД) планарий видеоизображения движущихся в воде червей регистрировались с частотой 30 кадров в одну секунду. Путь измерялся наложением двух участков одного видеоряда с соответствующей разницей во времени. Контрастирование проводилось при помощи стандартной операции «вычитания» для двух изображений. Подробное описание этого способа представлено ранее [15].

Ослабление электромагнитного поля достигалось применением экранирующей камеры, которая представляет собой комнату размером 2 x 3 x 2 м, изготовленную из железа «Динамо». Коэффициент экранирования постоянной составляющей магнитного поля, измеренный с помощью феррозондового магнитометра, составлял по вертикальной составляющей 4,375, по горизонтальной – 20. Измерялась также спектральная плотность магнитного шума в камере как в области ультранизких (от 2 10-4Гц до 0,2 Гц), так и в области радиочастот (от 15 Гц до 100 кГц). В области сверхнизких частот измерения производились с помощью феррозондового магнитометра в паре со спектроанализатором, в области радиочастот – индукционным методом. Внутри камеры для частот выше 170 Гц и в области частот от 2 10-3 до 0,2 Гц уровень спектральной плотности магнитного шума ниже 10 нТл/Гц0.5. Магнитное поле существенно проникает внутрь камеры на частотах 50 и 150 Гц и ниже 2 10-3Гц. Коэффициент экранирования камеры на частотах 50 и 150 Гц порядка 3.

Оценку достоверности наблюдаемых изменений проводили с помощью U-критерия Манна-Уитни и Вилкоксона. Расчеты и графическое оформление полученных в работе данных проводились с использованием программы Microsoft Excel [16].

Для анализа различий параметров регенерации у планарий с различной функциональной асимметрией, а также между интактными животными и животными, подвергнутыми действию ЭМЭ, выводился коэффициент модификации [17]:

$$KM = ((A - B) / A) \cdot 100\%;$$

где КМ – коэффициент модификации, А – среднее значение изучаемых показателей в группе планарий «правшей» (индекс регенерации и скорость движения). В – среднее значение изучаемых показателей в группе «левшей».

Коэффициент выводился в каждый день эксперимента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате тестирования 350 планарий в Т-образном лабиринте выделяли следующие группы животных: RL-формы (или «симметрики»), не обнаружившие достоверного предпочтения одного какого-либо направления движения, они составили 60% популяции, вторую группу составили R+L-формы (или

«асимметрики») – группа, в которую входили R-формы (или «правши») предпочитающие правый поворот, и L-формы (или «левши»), предпочитающие левый поворот, их насчитывалось 40% популяции. Среди асимметриков преобладают «правши», их количество составило 57%, когда в свою очередь «левшей» насчитывалось 43%. Таким образом, полученные нами данные о распределении «симметриков» и «асимметриков» в популяции согласуются с имеющимися литературными данными [9].

Результаты проведенного исследования выявили некоторые различия регенераторных процессов у интактных животных с разной функциональной асимметрией. Так, в контрольной группе «правшей» ИР со 2-х суток эксперимента возрастал с 0,0147 усл.ед. до 0,0907 усл.ед. на 15-е сутки наблюдения. В группе «левшей» значения ИР увеличивались с 0,0157 усл.ед. на 2-е до 0,0941 усл.ед. на 15-е сутки эксперимента. Таким образом, следует заметить, что ИР в группе «левшей» несколько превышает значения аналогичного показателя в группе «правшей». При этом на 10-е сутки наблюдения для планарий обеих групп отмечена остановка роста ИР.

Анализ коэффициента модификации ИР «правшей» относительно «левшей» показал, что ИР правшей был ниже аналогичного показателя у левшей на 2-е, 5-е и 7-е сутки на 7,02%, 17,76% и 19,03% соответственно. Начиная с 10-х суток и до конца эксперимента, коэффициент модификации стал ниже нуля и варьировал от -2,94% до -5,27, что свидетельствует о снижении ИР в группе «правшей» относительно «левшей» и о начале остановки роста ИР.

Скорость движения интактных животных во все сроки наблюдения, за исключением 3-х, 7-х и 13-х суток, была выше у «правшей», чем у «левшей» на 7-21% (рис. 2, А).

Коэффициент корреляции между ИР и СД интактных животных в группе «правшей» и «левшей» был одинаковый и составил 0,8 ($p < 0,001$).

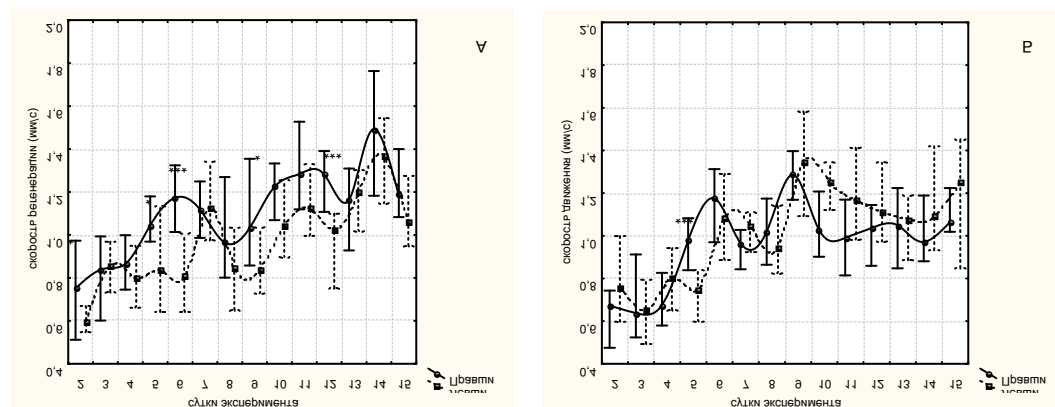


Рис.2. Динамика скорости движения планарий «правшей» и «левшей», где А – в контрольной группе; Б – в группе длительного ЭМЭ.

Примечание:

* - ($p < 0,05$) достоверность различий между данными «правшей» и «левшей».

** - ($p < 0,001$) достоверность различий между данными «правшей» и «левшей».

Таким образом выявлены некоторые различия параметров регенерации у интактных «правшей» и «левшей». У «левшей» отмечен более высокий ИР, но и более низкая СД, чем у «правшей».

Анализ результатов проведенных исследований свидетельствует о том, что ИР планарий, содержащихся в условиях экранирования, в группе «правшей» был выше, чем в группе «левшей». Так, в группе «правшей» этот показатель возрастал от 0,0192 усл.ед. на 2-е сутки до 0,0971 усл.ед. на 15-е, когда в группе «левшей» значения колебались от 0,017 усл.ед. на 2-е сутки до 0,0929 усл.ед. на 15-е. В период проведения эксперимента наблюдалась остановка регенерации на 8-е сутки, т.е. в этот день, значения ИР отличались совсем незначительно от аналогичного показателя в предыдущие сутки наблюдения. Начиная с десятых суток эксперимента в группе «правшей» рост ИР практически был остановлен. Тогда, как в группе «левшей» остановка роста ИР начала наблюдаться на одиннадцатые сутки.

При анализе коэффициента модификации индекса регенерации «правшей» относительно «левшей» в группе животных, содержащихся в условиях длительного ЭМЭ можно сказать, что индекс регенерации в группе «правшей» превышал аналогичные значения в группе «левшей». Так, его максимальное значение наблюдалось на 3-е сутки и оно составило 31,24%. В последующие сутки наблюдается некоторое снижение показателя, на 4-е сутки он был выше значений группы «левшей» на 23%, а с 5-х по 10-е сутки колебался в пределах от 1,34% до 11,82%. Таким образом, под действием ЭМЭ индекс регенерации у «правшей» возрастал относительно значений в группе «левшей».

Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что в условиях длительного ЭМЭ скорость движения «левшей» колеблется от 0,6505 мм/с до 1,3423 мм/с, что превышает изучаемые значения в группе «правшей», где показатель колебался от 0,6380 мм/с до 1,2866 мм/с (рис.2, Б).

Коэффициент корреляции между ИР и СД животных, содержащихся в условиях длительного ЭМЭ несколько снижается в группе «правшей» и составляет 0,6 ($p < 0,05$), а в группе «левшей» он был 0,7 ($p < 0,001$).

ЭМЭ изменяет СД «правшей» и «левшей» разнонаправлено. У «правшей» фиксируется её снижение на 2 – 5-е и 10 – 15-е сутки наблюдения относительно контрольных значений на 6-24% и на 10-35% соответственно, тогда как для левшей характерно наоборот возрастание СД на 8 – 12-е сутки на 4-60% и снижение на 3-е, 13-е и 14-е сутки эксперимента на 24%, 10% и 20% соответственно (рис.3). Результатом является уменьшение различий СД «правей» и «левшей», подвергнутых действию ЭМЭ, при этом в группе «левшей» наблюдается преобладание в СД.

Таким образом, у интактных планарий с различной функциональной асимметрией обнаружены различия регенераторных процессов: у «правшей» ИР ниже уровня ИР «левшей», а скорость движения «левшей» ниже скорости движения в группе «правшей». В то время как в условиях ЭМЭ ИР «правшей» увеличился относительно ИР «левшей», а скорость движения «левшей» возросла относительно аналогичного показателя «правшей».

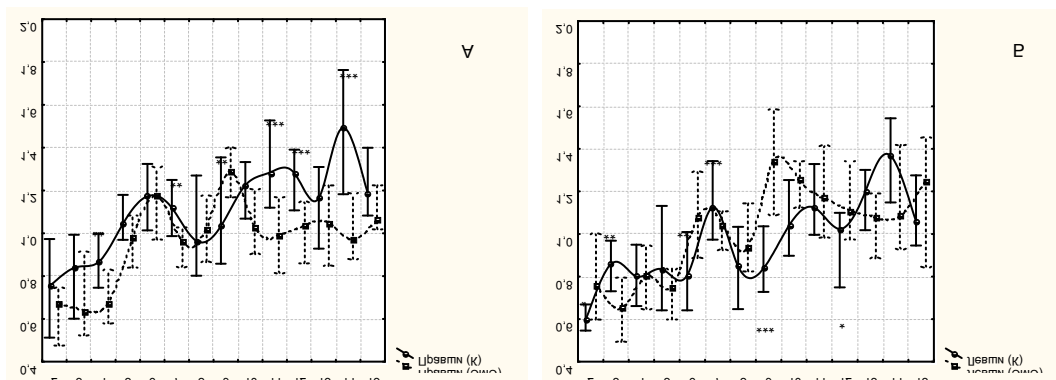


Рис.3. Динамика скорости движения планарий контрольной и экспериментальной групп, где А – «правшей»; Б – левшей.

Примечание:

* - ($p < 0,05$) достоверность различий между данными контрольной и экспериментальной групп.

** - ($p < 0,01$) достоверность различий между данными контрольной и экспериментальной групп.

*** - ($p < 0,001$) достоверность различий между данными контрольной и экспериментальной групп.

В опытах на животных, а также наблюдениях на волонтерах показано, что МПА в значительной степени определяет эффективность адаптационных процессов к изменяющимся условиям среды. Полученные нами данные о различиях регенераторных процессов у планарий «правшей» и «левшей» в условиях электромагнитного экранирования позволяют распространить эти положения и на беспозвоночных.

ЦНС в филогенетическом ряду впервые возникло у плоских червей. Их ключевая позиция в эволюционном ряду определяется концентрацией нервных элементов в ортогон и выделением головного конца нервной системы в парный ганглий [18, 19], а также появлением билатерально-симметричной организации тела.

Известно, что индивидуально-типологические характеристики нервной системы, являющейся одной из самых чувствительных систем к воздействию факторов различной интенсивности, в том числе, и к ЭМИ различных параметров [20 – 25], находят свое отражение в МПА головного мозга, а, следовательно, и в ИПФА человека и животных [3, 26 – 30].

Показано, что здоровые испытуемые и интактные животные, различающиеся профилем функциональной моторной и сенсорной асимметрии, отличаются и особенностями функционирования нервной системы. Так, у волонтеров с различной сенсорной латерализацией выявлены определенные различия в развитии психофизиологических функций. Например, у испытуемых с ведущими Пг и Пу наблюдались наиболее высокие показатели объемов механической, слуховой, зрительной памяти и коэффициента умственной продуктивности. Смысловая память лучше развита у испытуемых с сенсорным фенотипом ЛгПу, а объем зрительной

информации больше у испытуемых с сенсорным фенотипом ЛгЛу. Полученные данные согласуются с представлением о том, что МПА головного мозга является фактором, лимитирующим проявление высших психических функций [31]. При этом достоверных различий между показателями биологической активности головного мозга у представителей разных сенсорных фенотипов не выявлено.

Крысы, имеющие разный профиль моторной асимметрии, отличались и индивидуально-типологическими особенностями поведения в тесте «открытого поля» [4]. В литературе есть данные о том, что у животных, различающихся по индивидуально-типологическим особенностям поведения, имеются и существенные различия в характере энергетического, белкового и других видов метаболизма [32 – 37], активности окислительно-восстановительных ферментов [38], перекисного окисления липидов [39 – 41] и других физиологических и биохимических показателей. Установлено также, что и в основе формирования латеральной специализации мозга у человека и животных лежит биохимическая асимметрия [42, 43].

Проведенные исследования показали, что и у беспозвоночных – планарий с различной функциональной асимметрией, существуют различия показателей функционального состояния, и в частности параметров регенерации. Воздействие на них ослабленного ЭМП вызывает изменения регенераторных процессов, но направленность и степень их выраженности различна.

ВЫВОДЫ

1. У планарий с различной функциональной асимметрией выраженность параметров регенерации неодинакова. В группе интактных животных регенерация проходит несколько быстрее у «левой», нежели у «правой», а скорость движения выше у «правой», чем у «левой».
2. Обнаружена зависимость выраженности изменений регенераторных процессов у планарий различной функциональной асимметрией под действием ЭМЭ. В группе «правой» наблюдается увеличение индекса регенерации относительно группы «левой», но скорость движения «правой» падала относительно скорости движения «левой».

Список литературы

1. Ast M. Constitutional Predisposition to Central Nervous System (CNS) Disease Determined by Tesis of Lateral Asymmetry. A Preliminary Report / M. Ast, S. Rosenberg, E. Metzиг // Neuropsychobiology. – 1976. – № 4. – Р. 269–275.
2. Гюрджиян А.А. Роль функциональной асимметрии центральной нервной системы и летной деятельности / А.А. Гюрджиян, А.Г. Федорук // Космическая биология и авиационная медицина. – 1980. – № 4. – С. 41–44.
3. Брагина Н.Н. Функциональные асимметрии человека / Н.Н. Брагина, Т.А. Доброхотова – М.: Медицина, 1981. – 286 с.
4. Чуян Е.Н. Изменение содержания мелатонина в крови крыс под влиянием низкоинтенсивного электромагнитного излучения крайне высокой частоты / Е.Н. Чуян // Ученые записки ТНУ. – 2004. – № 1. – С. 12–20
5. Бианки В.Л. Асимметрия мозга животных / Бианки В.Л. – Л.: Наука, 1985. – 295 с.
6. Салимова Н.Б. Действие 5,6 – окситриптамина на поведение в лабиринте улитки. / Н.Б. Салимова, И. Милошевич, Р.М. Салимов // Ж. высш. нервн. деят. – 1984 – Т.34, № 5. – С. 941–947.

7. Удалова Г.П. Асимметрия направления движения у гаммарусов *Gammarus oceanicus* в тесте открытого поля. / Г.П. Удалова, А.Я. Карась, М.И. Жуковская // Ж. высш. нервн. деят. – 1990 – Т. 40, № 1. – С. 93–100.
8. Карась А.Я. Пространственно – моторная асимметрия у краба *Carcinus meanas* при реакции активного избегания / А.Я. Карась, Г.П. Удалова // Вестник ЛГУ. – 1988 – Сер.3, № 2. – С. 116–119.
9. Бианки В.Л. Предпочтение направления движения в Т-образном лабиринте у планарий / В.Л. Бианки, И.М. Шейман, Е.В. Зубина // Журн. высш. нервн. деят. 1990. – Т.40, №1. – С. 102–107.
10. Влияние слабого комбинированного магнитного поля на скорость регенерации планарий *Dugesia tigrina* / Х.П. Тирас, Л.К. Сребницкая, Е.Н. Ильцова [и др.] – Биофизика. – 1996 – Т.41, вып. 4, С. 826 – 831.
11. Шмидт-Нильсен К. Физиология животных: приспособление и среда / К. Шмидт-Нильсен – М: «Мир», 1982. – С. 555–643
12. Тирас Х.П. Прижизненная морфометрия планарий / Х.П. Тирас, Н.Ю. Сахарова // Онтогенез. – 1984. – Т.15 (1). – С. 42–48.
13. Тирас Х.П. Критерии и стадии регенерации у планарий / Х.П. Тирас, В.И. Хачко // Онтогенез. – 1990. – Т 21. – С. 620–624.
14. Установка для прижизненной морфометрии регенерации планарий / В.Т. Вишневский, М.М. Махонина, Н.А. Демцун [и др.] // Ученые записки ТНУ. – 2007. – Т. 20 (59), №4. – С. 18–21.
15. Темуриянц Н.А. Динамика скорости движения планарий *Dugesia tigrina*, регенерирующих в условиях электромагнитного экранирования в различные сезоны года / Н.А. Темуриянц, Н.А. Демцун, М.М. Баранова // Физика живого. – Т. 17, № 1. – 2009. – С. 112–118.
16. Лапач С.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / Лапач С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. – К: Модмон, 2000. – 319 с.
17. 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 (4). – P. 287–301.
18. Беклемишев В.Н. Основы сравнительной анатомии беспозвоночных / Беклемишев В.Н. – М.: Наука. – Т. 1, Проморфология, 1964. – 432 с.
19. Богута К.К. Отношение симметрии в нервной системе низших *Bilateria* / К.К. Богута // Зоол. журн. – 1978. – Т.57, № 12. – С. 1765–1770.
20. Холодов Ю.А. Реакция нервной системы на электромагнитные поля / Холодов Ю.А. – М.: Наука, 1975. – 207 с.
21. Сидякин В.Г. Влияние глобальных экологических факторов на нервную систему / Сидякин В.Г. – Киев: Наукова думка, 1986. – 160 с.
22. Темуриянц Н.А. Нервные и гуморальные механизмы адаптации к действию неионизирующих излучений: автореф. дисс. д-ра биол. наук / Н.А. Темуриянц – М., 1989. – 44 с.
23. Хромова С.В. Модификация миллиметровыми излучениями поведенческих реакций крыс: автореф. дисс. канд. биол. наук / С.В. Хромова – М., 1990. – 20 с.
24. Чуян Е.Н. Влияние миллиметровых волн нетепловой интенсивности на развитие гипокинетического стресса у крыс с различными индивидуальными особенностями: автореф. дисс. канд. биол. наук / Е.Н. Чуян – Симферополь, 1992. – 25 с.
25. Лебедева Н.Н. Экспериментально-клинические исследования в области биологических эффектов миллиметровых волн (обзор, часть 1) / Н.Н. Лебедева, Т.И. Котковская // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 1999. – № 3 (15). – С. 3–15
26. Нейропсихология индивидуальных различий / [Хомская Е.Д., Ефимова Н.В., Будыка Е.В., Ениколопова Е.В.] – М.: Росс. пед. агентство, 1997. – 281 с.
27. Семенович А.В. Межполушарная организация психических процессов у левшей / А.В. Семенович – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 95 с.
28. Семенович А.В. Нейропсихологический подход к типологии онтогенеза / А.В. Семенович, А.А. Цыганок // Нейропсихология сегодня. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – С. 170–183.
29. Хроноструктура биоритмов сердца и факторы внешней среды: [монография] / Т.К. Бреус, С.М. Чибисов, Р.М. Баевский, К.В. Шебзухов – М.: изд-во Российского университета дружбы народов, 2002. – 232 с.

30. Трофимова Е.В. Особенности межполушарного взаимодействия у правой и левой по данным когерентного анализа ЭЭГ / Е.В. Трофимова // ЖВНД. – 2000. – Т. 50, № 6. – С. 943–951.
31. Шанина Г.Е. Межполушарная асимметрия как фактор, лимитирующий проявления высших психических функций (Обзор литературы отечественных и зарубежных авторов) / Г.Е. Шанина // Теория и практика физической культуры. – 2002. – № 6. – С. 45–48.
32. Особенности некоторых биохимических процессов в печени крыс с различными типами поведения в открытом поле / М.Э. Краковский, Ц.Л. Каменецкая, Г.И. Трemasова [и др.] // ЖВНД. – 1989. – Т. 39, № 3. – С. 506.
33. Морфохимическая характеристика мозга крыс линии Вистар, различающихся по локомоторной активности в открытом поле / Л.М. Герштейн, А.С. Камышева, Т.Л. Чеботарева [и др.] // ЖВНД. – 1991. – Т. 41, № 2. – С. 300–305.
34. Егорова Л.К. Нейрохимические особенности крыс, различающихся по поведению в тесте эмоционального резонанса. Циклический аденозин монофосфат в структурах мозга крыс / Л.К. Егорова, М.Ю. Степаничев, Н.В. Гуляева // ЖВНД. – 1995. – Т. 45, № 5. – С. 999–1004.
35. Активность NO-синтазы и генерация активных форм кислорода в мозге старых крыс: соотношение с индивидуальным поведением / М.В. Онуфриев, М.Ю. Степаничев, Н.А. Лазарева [и др.] // Бюлл. эксперим. биол. и мед. – 1995. – Т. 120, № 8. – С. 145.
36. Гуляева Н.В. Биохимические корреляты индивидуально-типологических особенностей поведения крыс / Н.В. Гуляева, М.Ю. Степаничев // ЖВНД. – 1997. – Т. 47, вып. 2. – С. 329–338.
37. Strek K.F. Manipulation of serotonin protects against an hypoxia-induced deficit of passive avoidance response in rats / K.F. Strek // Pharmacol. Biochem. Behav. – 1989. – Vol. 33. – P. 241.
38. Краковский М.Э. Активность узловых окислительно-восстановительных ферментов у кроликов с разными типологическими особенностями / М.Э. Краковский // ЖВНД. – 1987. – Т. 37, № 3. – С. 457.
39. Влияние хронического эмоционального стресса на состояние перекисного окисления липидов в тканях и крови эмоциональных и неэмоциональных крыс / Н.А. Бондаренко, Т.А. Девяткина, О.Н. Воскресенский [и др.] // Бюлл. эксперим. биол. мед. – 1985. – Т. 100, № 5. – С. 12–17.
40. Левшина И.П. Зависимость влияния острого стресса на латерализацию продуктов перекисного окисления липидов в мозге от типологических особенностей поведения крыс / И.П. Левшина, Н.В. Гуляева // Бюлл. эксперим. биол. и мед. – 1995. – Т. 106. – С. 568–576.
41. Нейрохимические особенности крыс, различающихся по поведению в тесте эмоционального резонанса. Свободнорадикальные процессы и липиды коры больших полушарий мозга старых крыс / М.Ю. Степаничев, М.В. Онуфриев, Н.А. Лазарева [и др.] // ЖВНД. – 1995. – Т. 45, № 5. – С. 990–995.
42. Вартанян Г.А. Химическая симметрия и асимметрия головного мозга / Г.А. Вартанян, Б.И. Клементьев – М.: Медицина, 1991. – 190 с.
43. Абрамов В.В. Асимметрия нервной, эндокринной и иммунной систем / В.В. Абрамов, Т.Я. Абрамова – Новосибирск, 1996. – 267 с.

Ярмольук Н.С. Вплив електромагнітного екранування на регенерацію планарій *Dugesia tigrina* з різною функціональною асиметрією / Н.С. Ярмольук // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 302–310.

У планарій з різною функціональною асиметрією виявлені відмінності параметрів регенерації. ЕМЕ викликає у них однакові зміни регенераторних процесів, але ступінь їх вираженості різний.

Ключові слова: планарії, *Dugesia tigrina*, асиметрія, регенерація..

Yarmolyuk N.S. Influence of the electromagnetic shielding on the regeneration of planarian *Dugesia tigrina* with different functional asymmetry / N.S. Yarmolyuk // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 302–310.

At planarian with different functional asymmetry found out distinctions of parameters of regeneration. EMF causes the identical changes of processes of regenerators for them, but the degree of their expressed is different..

Keywords: planarian, *Dugesia tigrina*, asymmetry, regeneration.

Поступила в редакцию 11.12.2009 г.

Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского
Серия «Биология, химия». Том 22 (61). 2009. № 4. С. 311-316.

УДК 543.257:681.142.2

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПАРАМЕТРОВ КРИВОЙ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО ТИТРОВАНИЯ СЛАБОЙ ДВУХОСНОВНОЙ КИСЛОТЫ

Кропотов В.А.

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

Методом Монте-Карло исследовано влияние случайных погрешностей измерения на оценки параметров кривой титрования двухосновной кислоты. Установлена зависимость воспроизводимости полученных оценок от констант диссоциации и концентрации кислоты.

Ключевые слова: потенциометрическое титрование, прогнозирование погрешностей, слабая двухосновная кислота

ВВЕДЕНИЕ

Анализу влияния экспериментальных погрешностей на точность определения параметров кривой потенциометрического титрования одноосновной кислоты посвящено несколько работ [1 – 3]. Было показано, что точность получаемых оценок параметров зависит от концентрации кислоты, а в случае слабой кислоты также и от ее константы диссоциации. Оптимальная область находится в пределах pK_a 5 – 8.

В данной работе приводятся результаты аналогичного исследования потенциометрического титрования слабой двухосновной кислоты сильным основанием.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Кривые потенциометрического титрования слабой двухосновной кислоты сильным основанием с заранее известными характеристиками получали по методу Монте-Карло. Схема их генерации описана в работе [3]. Основные расчеты проводили с кривыми, содержащими 46 точек, равномерно распределенные по всей кривой титрования. Первая точка всегда соответствовала $V=0$ мл. Исходный объем титруемого раствора всегда был равен 50 мл, объемы первой и второй точек эквивалентности – 1.5 мл и 3.0 мл соответственно; K_w принимали равным 10^{-14} . Значения первой и второй констант диссоциации кислоты изменяли в пределах 10^{-3}

– 10^{-9} и 10^{-4} – 10^{-10} соответственно; концентрация кислоты составляла 3×10^{-4} М ($c_t = 0.01$ М) и 3×10^{-3} М ($c_t = 0.1$ М). Стандартные отклонения добавленного объема титранта и рН изменяли в пределах 0.0001 – 0.01 мл и 0.0001 – 0.01 ед. рН соответственно.

Оценки параметров полученных таким образом кривых титрования находили с помощью логарифмических зависимостей

$$pH = L_1 = a_1 + b_1 \lg \left[\frac{c_t(V_{e1} - V)}{V_0 + V} + x_1 \right] + w_1 b_1 \lg \left[\frac{c_t V}{V_0 + V} - x_1 - y_1 \right], \quad (1)$$

($0 \leq V \leq V_{e1}$)

$$pH = L_2 = a_2 + b_2 \lg \left[\frac{c_t(V_{e2} - V)}{V_0 + V} + x_2 + w_1 y_2 \right] + w_2 b_2 \lg \left[\frac{c_t(V - V_{e1})}{V_0 + V} - x_2 \right], \quad (2)$$

($V_{e1} \leq V \leq V_{e2}$)

$$pH = L_3 = a_3 + b_3 \lg \left[\frac{c_t(V - V_{e2})}{V_0 + V} + x_3 \right] + w_3 b_3 \lg \left[\frac{c_t V_{e2}}{V_0 + V} - x_3 \right], \quad (3)$$

($V \geq V_{e2}$)

минимизацией суммы квадратов отклонений.

$$Q = \sum_{j=1}^n \phi_j (pH_j - pN_j)^2,$$

где V_0 – начальный объем титруемого раствора; V – добавленный объем титранта; V_{e1} , V_{e2} – объемы титранта, соответствующие первой и второй точкам эквивалентности; c_t – концентрация титранта; x_i , y_i и z_i – поправки на обратимость реакций титрования H_2A ; ϕ_j – статистический вес j -го измерения, рассчитываемый по формуле:

$$\frac{1}{\phi_j} = \sigma_{pH_j}^2 \approx \sigma_{pH}^2 + \left(\frac{\partial pH_j}{\partial V} \right)^2 \sigma_V^2.$$

В рН-метрических титрованиях параметры имеют следующие значения:

$$a_1 = -\lg(K_w K_1); b_1 = -1; w_1 = -1;$$

$$a_2 = -\lg(K_w K_2); b_2 = -1; w_2 = -1;$$

$$a_3 = -\lg K_w; b_3 = 1; w_3 = 0.$$

Минимизацию проводили методом Пауэлла [5]. Подробные сведения об обработке кривых потенциометрического титрования двухосновной кислоты с помощью логарифмических зависимостей приведены в статье [6].

Средние значения и оценки стандартных отклонений искомых величин рассчитывали, по меньшей мере, по 20 повторным титрованиям по формулам.

$$\bar{U}_i = \frac{\sum_{k=1}^l U_{i,k}}{l}, \quad (4)$$

$$s_{U_i} \approx \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^l (\bar{U}_{i,k} - \bar{U}_i)^2}{l-1}}, \quad (5)$$

где $\bar{U}_{i,k}$ – оценка параметра U_i ($i=1, 2, \dots, m$; m – число определяемых параметров) кривой титрования в k -м титровании в серии из l титрований

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования изображены на рис. 1 – 3. Они относятся к титрованиям, наиболее близким к натурному эксперименту ($\sigma_v=0.001$ мл, $\sigma_{ph}=0.001$ ед. Ph). Диагональная линия на рисунках отделяет исследованную область (слева) от неисследованной, физически нереализуемой области, так как по определению константа диссоциации по первой ступени больше константы диссоциации по второй ступени.

На рис. 1 изображен контурный график зависимости стандартного отклонения оценки pK_{a1} от 1-ой и 2-ой констант диссоциации кислоты. Согласно этому рисунку, наилучшая воспроизводимость оценки 1-й константы диссоциации кислоты достигается в области, ограничиваемой внутренним замкнутым контуром ($4.8 < pK_{a1} < 6.2$ и $7.5 < pK_{a2} < 9.7$). При удалении от этой области в любую сторону воспроизводимость pK_{a1} ухудшается. Слева от нее ($pK_{a1} < 4.8$) погрешность первой константы фактически зависит только от pK_{a1} и быстро увеличивается по мере удаления от области оптимума. Правее этой области на точность оценки первой константы оказывают влияние сила кислоты по обеим ступеням диссоциации, однако соответствующая зависимость выражена заметно слабее.

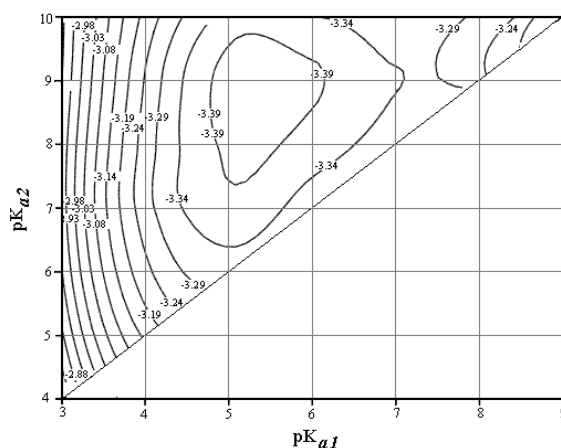
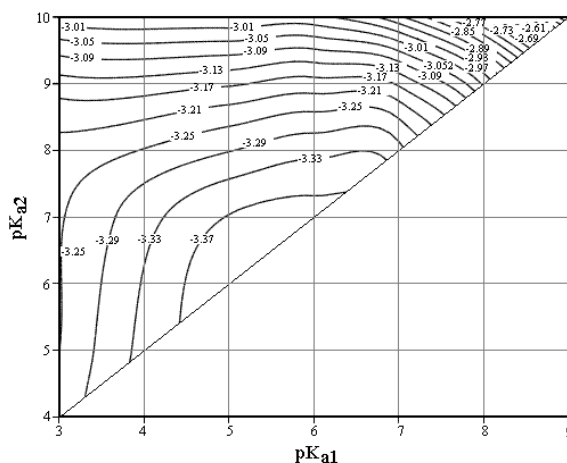


Рис. 1. Контурный график зависимости $\lg(s_{pK_{a1}})$ от pK_{a1} и pK_{a2} для титрований ($c_{HA}=3 \times 10^{-4}$ М, $\sigma_v=0.001$ мл, $\sigma_{pH}=0.001$ ед. pH).

Согласно рис. 2, наилучшая точность оценки pK_{a2} достигается в области, ограничиваемой внутренним контуром и диагональю ($4.8 < pK_{a1} < 6.2$ и $6.2 < pK_{a2} < 7.3$). Для кислоты, у которой $pK_{a2} > 8$, точность определения 2-й константы диссоциации практически зависит только от силы кислоты по второй ступени и резко возрастает с увеличением pK_{a2} . При $pK_{a2} < 8$ зависимость $s_{pK_{a2}}$ от pK_{a1} и pK_{a2} выражена относительно слабо.

Для двухосновной кислоты первая и вторая точки эквивалентности связаны между собой соотношением $V_{e2} = 2V_{e1}$. Другими словами, нет необходимости рассчитывать обе конечные точки. В данной работе находили только V_{e1} . При этом, естественно, учитывалось указанное равенство.



Зависимость $s_{Vei}=f(pK_{a1}, pK_{a2})$ изображена на рис. 3. Из этого рисунка видно, что в области до $pK_{a1} \approx 7$ и $pK_{a2} \approx 8$, погрешность конечной точки слабо зависит от констант диссоциации кислоты. За ее пределами погрешность конечной точки постепенно возрастает и становится значительной только для очень слабой по обоим ступеням диссоциации кислоты. В целом, что точность определения концентрации двух основной кислоты данным методом определяется суммарным скачком на кривой титрования.

Точность оценок параметров кривой титрования улучшается с ростом концентрации кислоты. Следует отметить, что результаты эксперимента до некоторой степени зависят от числа и характера распределения экспериментальных точек вдоль кривой титрования, а также от отношения σ_{pH}/σ_V .

ВЫВОД

1. Методом Монте-Карло исследовано влияние случайных погрешностей измерения на оценки параметров кривой титрования двухосновной кислоты. Установлена зависимость воспроизводимости полученных оценок от констант диссоциации и концентрации кислоты.

Список литературы

1. Kateman G. Weighting in interpretation of data for potentiometric acid-base titrations by non-linear regression / G. Kateman, H.C. Smit, L. Meites // Anal. Chim. Acta. – 1983. – V. 152. – P. 61–72.
2. Smit H.C. Factors affecting the precisions of potentiometric strong acid-strong base and other isovalent ioncombination titrations with data handling by non-linear regression analysis / H.C. Smit, L. Meites, G. Kateman // Anal. Chim. Acta. – 1983. – V. 153. – P. 121–131.
3. Кропотов В.А. Прогнозирование случайных погрешностей параметров кривой потенциометрического титрования: титрование сильной кислоты / В.А. Кропотов // Ученые записки ТНУ. Биология, химия. – 2007. – Т. 20 (59). № 2. – С. 108–120.
4. Бард Й. Нелинейное оценивание параметров / Й. Бард. – М.: Мир, 1979. – 349 с.
5. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование / Д. Химмельблау – М.: Мир, 1975. – 534 с.
6. Кропотов В.А. Аппроксимация кривых потенциометрического титрования логарифмическими зависимостями. Обработка титрования двухосновной кислоты / В.А. Кропотов // Ученые записки ТНУ. Биология, химия. – 2002. – Т. 15, № 1. – С. 93–102..

Кропотов В.А. Прогнозування випадкових похибок параметрів кривої потенціометричного титрування слабкої двоосновної кислоти / В.А. Кропотов // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 311–316.

Методом Монте-Карло досліджено вплив випадкових похибок вимірювання на оцінку параметрів кривої титрування випадкових похибок вимірювання на оцінку параметрів кривої титрування двоосновної кислоти. Встановлено залежність відтворення одержаних оцінок від констант дисоціації та концентрації кислоти.

Ключові слова: Потенціометричне титрування, прогнозування похибок, слабка двоосновна кислота.

Kropotov V. A. Prediction of random errors of the potentiometric titration curve parameters of the weak two-basic acid / V. A. Kropotov // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 311–316.

An influence of random errors of measurement on estimations of a titration curve parameters of the two-basic acid is investigated by the Monte-Carlo method. Dependence of repeatability of the estimations produced on the dissociation constants and concentration of acid is established.

Keywords: Potentiometric titration, error prediction, weak two-basic acid.

Поступила в редакцию 30.09.2009 г.

УДК 539.194

ПРИМЕНЕНИЕ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРИВЕДЕННЫЙ МОМЕНТ ИНЕРЦИИ МОЛЕКУЛ 2-НИТРО-3-МЕТИЛФЕНОЛА

Куркчи Э.У., Шейх-Заде М.И.

¹*РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет, Симферополь, Украина,
e-mai:csepu@gala.net*

Метод факторного анализа использован для оценки влияния геометрических параметров молекулы на величину приведенного момента инерции $I_{пр}$ на примере 2-нитро-3-метилфенола в *цис*-конформации. Получена математическая модель такого влияния в виде уравнения регрессии, из анализа которого сделан вывод, что доминирующее влияние на значение $I_{пр}$ этой молекулы оказывает геометрия волчка (О-Н-группа), а влияние геометрии заместителей в бензольном кольце оказывается заметно менее существенным. **Ключевые слова:** факторный анализ, молекула, геометрические параметры, приведенный момент инерции.

ВВЕДЕНИЕ

При нахождении вида потенциальной функции внутреннего вращения молекулы по данным ИК спектров, необходимо вычисление приведенного момента инерции $I_{пр}$, который является кинематической характеристикой внутреннего вращения молекулы. При таких расчетах часто применяют модель полужесткой молекулы, когда жесткий волчок соединён с жестким остовом. По смыслу величины $I_{пр}$ несущественно какую группу считать волчком, а какую – остовом, но для расчетов целесообразнее принимать в качестве волчка более лёгкую и простую по геометрии группу. Существуют методики достаточно простого расчета $I_{пр}$ непосредственно из геометрических параметров молекулы [1,2]. В этом случае достоверность данных по геометрии молекулы играет важную роль. Анализ литературных данных показывает, что геометрические параметры одной и той же молекулы, найденные разными методами (и даже одним и тем же методом), отличаются между собой. В качестве примера в табл.1 приведены данные для молекулы фенола.

Использование данных разных авторов по геометрии одной и той же молекулы приводит к неоднозначности в величине $I_{пр}$ и, соответственно, к неоднозначности значений параметров потенциальной функции внутреннего вращения.

Целью данной работы было оценить, какие геометрические параметры молекулы оказывают преимущественное влияние на значение $I_{пр}$.

Таблица 1.

Геометрические параметры молекулы фенола

$r(\text{C-C})$, Å	$r(\text{C-H})$, Å	$r(\text{C-O})$, Å	$r(\text{O-H})$, Å	$\angle\text{CCC}$, град	$\angle\text{CCH}$, град	$\angle\text{CON}$, град	β^* , град	литература
1,3933	1,083	1,374	0,957	119,2- 120,9	119,2- 121,6	108,8	2,52	[3]
1,397	1,076- 1,084	1,364	0,956	120	120	109,0	2,2	[4]
–	–	1,369	0,941	–	–	107,5	4,833	[5]
1,31- 1,44	–	1,41	–	117-124	–	–	0	[6]
–	–	–	–	–	–	–	5	[7]
1,3954	1,082	1,379	0,944	–	–	105,4	–	[8]
β^* – угол между связью C-O и осью Z, проходящей через атомы C ₁ и C ₄ .								

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для решения поставленной задачи удобно воспользоваться методами планирования эксперимента (факторного анализа) [9], с помощью которых можно получить математическую модель влияния геометрических параметров на значение $I_{\text{пр}}$. В качестве объекта исследования выбран 2-NO₂-3-CH₃- фенол, так как полученные в данной работе результаты предполагается использовать в дальнейшем при определении вида потенциальной функции внутреннего вращения этой молекулы. Данные, имеющиеся в литературе (например, [2]), указывают на то, что значение $I_{\text{пр}}$ существенно зависит от геометрии волчка. Кроме того, априори можно предположить, что значение $I_{\text{пр}}$ будет зависеть и от угла θ выхода плоскости нитрогруппы из плоскости бензольного кольца. Согласно [10] для 2-метил-нитробензола угол $\theta = 30^\circ$. Исходя из сказанного, в качестве параметров варьирования выбраны следующие величины: $\angle\beta$, $\angle\text{CON}$, $\angle\theta$, $\angle\text{ONO}$, $r(\text{C-O})$, $r(\text{O-H})$, $r(\text{C-N})$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Введем обозначения: $x_1 = \angle\beta$, $x_2 = \angle\text{CON}$, $x_3 = r(\text{C-O})$, $x_4 = r(\text{O-H})$, $x_5 = \angle\theta$, $x_6 = r(\text{C-N})$, $x_7 = \angle\text{ONO}$, $y = I_{\text{пр}}$. Величины x_i будем называть факторами. Ограничимся рассмотрением линейной модели, которая может быть представлена уравнением

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^7 b_i \cdot x_i \quad (1)$$

Для нахождения коэффициентов b_0 , b_i ($i=1, 2, \dots, 7$) была построена в кодированных величинах матрица планирования типа 2^{7-4} (1/16-реплика) с генерирующими соотношениями $x_4 = -x_1 \cdot x_2$, $x_5 = -x_1 \cdot x_3$, $x_6 = -x_2 \cdot x_3$, $x_7 = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$, которая представлена в табл. 2.

Нулевой уровень для каждого фактора выбирался таким образом, чтобы натуральное значение фактора на нижнем уровне равнялось значению этого фактора для равновесной конфигурации молекулы. Интервал варьирования каждого фактора выбирался таким, чтобы охватить разброс значений этого фактора, представленный в доступной нам литературе. Расчеты проводились для *цис*-формы 2-NO₂-3-CH₃-фенола. Геометрия равновесной конфигурации принималась как для фенола [3], расстояния C-N и геометрия NO₂- группы принимались как для нитробензола [11], геометрия CH₃-группы и расстояние C₃-C принимались как в толуоле [12]. Значения y находились по формулам, приведенным в [1] с использованием рабочей матрицы в именованных значениях факторов. Полученные значения y приведены в табл.2.

Таблица 2.

Матрица планирования №1 типа 2⁷⁻⁴ в кодированных величинах

x_0	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	$y \cdot 10^3$ а.е.м. · А ²
+	—	—	—	—	—	—	—	752,449
+	+	—	—	+	+	—	+	940,126
+	—	+	—	+	—	+	+	806,533
+	+	+	—	—	+	+	—	682,444
+	—	—	+	—	+	+	+	755,189
+	+	—	+	+	—	+	—	975,366
+	—	+	+	+	+	—	—	698,280
+	+	+	+	—	—	—	+	726,291

Рассмотрим какие из факторов x_i оказывают доминирующее влияние на значение y . Для этого необходимо вычислить значения коэффициентов b_i в уравнении (1). Матрица планирования, представленная в табл.1, позволяет получить совместные оценки коэффициентов регрессии

$$\begin{aligned}
 b'_1 &= \beta_1 - \beta_{24} - \beta_{35} - \beta_{67}, & b'_2 &= \beta_2 - \beta_{14} - \beta_{36} - \beta_{57}, & b'_3 &= \beta_3 - \beta_{15} - \beta_{26} - \beta_{47}, \\
 b'_4 &= \beta_4 - \beta_{12} - \beta_{37} - \beta_{56}, & b'_5 &= \beta_5 - \beta_{13} - \beta_{27} - \beta_{46}, & b'_6 &= \beta_6 - \beta_{17} - \beta_{23} - \beta_{45}, \\
 b'_7 &= \beta_7 - \beta_{16} - \beta_{25} - \beta_{34}.
 \end{aligned}$$

Для того, чтобы оценить линейные члены отдельно от парных взаимодействий, была реализована еще одна матрица планирования типа 2⁷⁻⁴ (1/16–реплика) с генерирующими соотношениями: $x_4 = x_1 \cdot x_2$, $x_5 = x_1 \cdot x_3$, $x_6 = x_2 \cdot x_3$, $x_7 = x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$. Такая матрица позволяет получить совместную оценку для коэффициентов b''_i , в которых все парные взаимодействия имеют знаки плюс. Тогда отдельные оценки для линейных членов можно получить путем усреднения первой и второй системы оценок: $b_i = (b'_i + b''_i) / 2$. Полученное таким образом уравнение регрессии для рассматриваемой задачи имеет вид:

$$\hat{y} = (798,267 + 25,443 \cdot x_1 - 61,405 \cdot x_2 + 2,706 \cdot x_3 + 69,790 \cdot x_4 - 7,744 \cdot x_5 + 6,266 \cdot x_6 + 7,023 \cdot x_7) \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

Для оценки значимости коэффициентов уравнения (2) нужно знать величину дисперсии воспроизводимости $S_{\{y\}}^2$. Данная работа представляет по существу вычислительный эксперимент [13]. Специфика вычислительного эксперимента такова, что значение $S_{\{y\}}^2$ оказывается равной нулю. Это связано с тем, что в каждой строке матрицы планирования $\bar{y}_u = y_{uj}$, где u - номер строки матрицы, $\bar{y}_u$ - среднее арифметическое значение y в u -той строке, y_{uj} - результат отдельного вычисления в u -той строке, j - номер отдельного вычисления в u -той строке ($j=1, 2, \dots, n$), n - число вычислений y в u -той строке. Поэтому ошибки Δb_i оказываются равными нулю и все коэффициенты в уравнении (2) нужно признать значимыми. Так как использованные реплики являются насыщенными, то число степеней свободы $f=0$ и нет возможности строгой проверки адекватности полученной модели с помощью критерия Фишера [2]. Оценку адекватности можно провести косвенным образом путем сравнения значений y_u , полученных по формулам, приведенным в [1] и значений $\hat{y}_u$, вычисленных по уравнению [2]. Например, значения y_1 и $\hat{y}_1$, т.е. для равновесной конфигурации рассматриваемой молекулы, оказываются равными $752,449 \cdot 10^{-3}$ а.е.м. $\text{\AA}^2$ и $756,189 \cdot 10^{-3}$ а.е.м. $\text{\AA}^2$ соответственно (разница составляет 0,5 %), что является вполне приемлемым.

Из уравнения (2) видно, что доминирующее влияние на значение y оказывают факторы x_4, x_2, x_1 , т.е. геометрия волчка (ОН-группа), причем увеличение значений факторов x_1, x_4 приводит к росту величины y , а увеличение значения фактора x_2 приводит к уменьшению величины y . Влияние остальных факторов оказывается заметно менее существенным.

ВЫВОДЫ

1. Получена математическая модель влияния геометрических параметров на значение $I_{\text{пр}}$ в *цис*-форме 2-нитро-3-метилфенола.
2. Показано, что доминирующее влияние на $I_{\text{пр}}$ указанной молекулы оказывает геометрия волчка (ОН-группа), а влияние геометрии заместителей в бензольном кольце оказывается заметно менее существенным

Список литературы

1. Марголин Л.Н. Вычисление приведенных моментов инерции для внутреннего вращения в симметричных молекулах / Л.Н. Марголин, Ю.А. Пентин, В.И. Тюлин // Опт. и спектр. – 1973. – Т. 35. – № 5. – С. 824–827.
2. Quade C.R. Internal rotation in completely asymmetric molecules. III Theory for molecules with twofold potential barriers / C.R. Quade // J.Chem.Phys. – 1967. – V. 47. – № 3. – P. 1073–1090.
3. Larsen N.W. Microwave spectra of the six mono- ^{13}C -substituted phenols and some monodeuterated species of phenol. Complete substitution structure and absolute dipole moment / N.W. Larsen // J.Mol.Struct. – 1979. – V. 51. – № 2. – P. 175–190.

4. Pedersen T. Microwave spectra of the six monodeuteriophenols. Molecular structure, dipole moment and barrier to internal rotation of phenol / T. Pedersen, N.W. Larsen, L. Nygaard // J.Mol.Struct. –1969. – V. 4. – № 1. – P. 59–77.
5. Quade C.R. Contributions of internal rotation to the rotational coefficient in phenol / C.R. Quade // J.Chem.Phys. – 1968. – V. 48. –№ 2. – P. 5490–5493.
6. Китайгородский А.И. Строение органического вещества. Данные структурных исследований. 1929 –1970 / А.И. Китайгородский, П.М. Зорький, В.К. Бельский. – М.: Наука, 1980. – 648 с.
7. Bist H.D. The vibrational spectrum and torsion of phenol / H.D. Bist, J.C.D. Brand, D.R. Williams // J.Mol.Spectrosc. –1967. – V. 24. –№ 4. – P. 402–412.
8. Forest H. Microwave spectra of some isotopically substituted phenol / H. Forest, B.P. Dailey // J.Chem.Phys. – 1966. – V. 45. – № 5. – P. 1736–1746.
9. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента / В.Б. Тихомиров. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 264 с.
10. Шорыгин П.П. О зависимости спектров ароматических нитросоединений от угла поворота нитрогруппы вокруг связи C-N / П.П. Шорыгин, З.Ф. Ильичева // Изв.АН СССР. Сер.физ. –1958. – Т. 22. – № 9. – С. 1058–1062.
11. Вилков Л.В. Определение геометрического строения свободных молекул / Л.В. Вилков, В.С. Мастрюков, Н.И. Садова. –Л.: Химия, 1978. – 224 с.
12. Свердлов Л.М. Колебательные спектры многоатомных молекул / Л.М. Свердлов, М.А. Ковнер, Е.П. Крайнов. – М.: Наука, 1970. – 560 с.
13. Основы научных исследований/ Под ред. Крутова В.И. и Попова В.В. – М.: Высшая школа. –1989. – 400 с.

Куркчи Э.У. Застосування факторного аналізу щодо оцінки впливу геометричних параметрів на приведений момент інерції молекул 2-нітро-3-метилфенолу / Э.У. Куркчи, М.И. Шейх-Заде // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 317-321.

Метод факторного аналізу застосовано для оцінки впливу геометричних параметрів молекули на величину приведенного моменту інерції I_{pr} на прикладі 2-нітро-3-метилфенолу в *cis*-конформації. Одержана математична модель такого впливу у вигляді рівняння регресії, з аналізу котрого зроблено висновок, що домінуючий вплив на значення I_{pr} цієї молекули оказує геометрія дзиги (О-Н-група), а вплив геометрії замісників у бензеновому кільці є помітно менш впливовим.

Ключові слова: факторний аналіз, молекула, геометричні параметри, приведений момент інерції..

Kurchi E. The application of factor analysis for the estimation of the influence of geometric parameters on the reduced moment of inertia in 2-nitro-3-methylphenol molecules / E. Kurchi, M.I. Sheikh-Zade // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. - Series: Biology, chemistry. - 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 317-321.

The method of factor analysis has been used for the estimation of the influence of geometric parameters on the value of the reduced moment of inertia I_r on the example 2-nitro-3-methylphenol in *cis*- conformation. The mathematical model of such influence in the form of regression equation has been obtained, from the analysis of which a conclusion has been made that a dominant influence on I_r value of this molecule makes the top geometry (OH-group), but the influence of the geometry substitutes in benzene ring is noticeably less essential.

Keywords: factor analysis, molecule, geometric parameters, reduced moment of inertia.

Поступила в редакцію 01.09.2009 г

УДК 541.183+544.47

МИКРОБНЫЙ СОСТАВ И БАКТЕРИЦИДНЫЕ СВОЙСТВА БИОКОМПЛЕКСОВ ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ИХ УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ

Никипелова Е.М.¹, Ставицкая С.С.², Николенко С.И.¹, Миронюк Т.И.²

*¹УкрНИИ медицинской реабилитации и курортологии Украины, Одесса, Украина
²Институт сорбции и проблем эндоэкологии НАН Украины, Киев, Украина*

Проведены микробиологические исследования глубоководных донных отложений (ДО) Черного моря и некоторых углеродных композитов на их основе. Показано влияние микробного состава ДО и композитов на их каталазные, бактерицидные свойства, что важно для их дальнейшего использования в лечебных целях.

Ключевые слова: глубоководные донные отложения Черного моря, углеводные компоненты, микробный состав, бактерицидность.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшими свойствами биоконплексов природного происхождения – лечебных грязей (пелоидов) (П), определяющими их терапевтическое действие, является, кроме их высокой коллоидальности, гидрофильности, теплоудерживающей способности, наличие различных биологически активных химических соединений, которыми обогащаются морские донные отложения в результате жизнедеятельности специфической микрофлоры [1].

Как известно, большую роль в функционировании морских экосистем играют гетеротрофные микроорганизмы (бактерии, дрожжи, грибы). Они занимают ведущее место в кругообороте органического вещества в океане, регенерации биогенных элементов и др. соединений [2].

Донные отложения (ДО) – это особая динамическая система со сложными физико-химическими показателями и биологическим составом. Оседание неорганических и органических веществ и микрофлоры является одним из физических факторов процесса самоочищения морских акваторий. Однако ДО являются не только природной средой концентрации, сохранения (выживания) и отмирания микроорганизмов, а и источником вторичного их поступления в воду.

Сведения о микрофлоре ДО Черного моря содержат информацию всего лишь об ограниченном круге микроорганизмов [3], тогда как интерес вызывает определение в ДО микроорганизмов, присущих пелоидам, продукты метаболизма которых обладают биологической активностью.

Микроорганизмы играют значительную роль в формировании биологической активности пелоидов. Поэтому, оценка качества пелоидов кроме санитарно-микробиологических исследований должна включать и характеристику их микробного состава. Автохтонная микрофлора [3] пелоидов, имеющая полифункциональные ферментные системы, высокую биохимическую активность и способность к быстрому размножению, играет важную роль в функционировании таких экосистем, как грязевые источники.

Полученные ранее данные о микробиологии пелоидов различного генеза обобщены в монографиях и оригинальных статьях [2-8]. Однако и сегодня необходимо иметь представление о микробном ценозе каждого из грязевых месторождений, которые используются в лечебной практике. Кроме того, заслуживает внимания рассмотрение вопроса об антибактериальной активности ДО в плане их терапевтической активности.

Микрофлора пелоидов тесно связана с их физико-химическим составом. Установлено [8-10], что от соотношения эколого-трофических групп микроорганизмов в биоценозе и физико-химических характеристик среды зависит направление и активность процессов, происходящих в грязевом субстрате, что влияет на выживаемость патогенных и условно-патогенных бактерий, попадающих в пелоиды, и не являющихся их постоянными обитателями.

Общепринято, что одним из основных действующих факторов влияния пелоидов является и биологическое действие их разнообразных химических компонентов, многие из которых служат продуктами метаболизма микроорганизмов. К ним относятся сероводород, аммиак, ферменты, витамины, антибиотики и др.

Специалисты подтверждают [6,11-14] огромную роль в пелоидоценозе процессов сульфатредукции, гниения, маслянокислого брожения. Существует ряд экспериментальных данных [15, 16], подтверждающих, что пелоиды с различным химическим составом обладают отличным друг от друга биологическим действием. Так, противовоспалительная активность пелоидов Соленого лимана (Днепропетровская обл.), в которых содержание сероводорода было в 10 раз меньше, чем в пелоидах Куяльницкого лимана, была незначительной.

Вообще каждому типу пелоидов свойственен свой микробный состав. Продукты микробного синтеза – белки, каротиноиды, липиды, аминокислоты и др. являются носителями высокой биологической активности. Экспериментально подтверждено [16] влияние пелоидов на жизнедеятельность и персистентные особенности бактерий.

Наличие в пелоидах бактерицидного эффекта открывает возможность их использования в качестве природных антимикотических препаратов при грибковых поражениях кожных покровов, вызываемых дерматофитами [17]. О пользе лечения пелоидами свидетельствуют результаты грязелечения открытых инфицированных ран [18]. Это подтвердили и дальнейшие исследования с количественным учетом выживаемости патогенной микрофлоры в пелоидах [19].

С учетом вышеизложенного, представляло интерес изучить возможности использования ДО Черного моря в лечебной практике. Для этого предстояло

выявить влияние микробного состава на бактерицидные свойства ДО и специально синтезированные на их основе углеродно-минеральные композиты (КС).

Анализ полученных результатов показал [20], что исследуемые образцы ДО по основным физико-химическим характеристикам отвечают требованиям, предъявляемым к лечебным грязям (пелоидам) [15].

Основная цель данной работы – изучение таксономической структуры микробных составов исследуемых природных ДО и КС; определение эколого-трофических групп микроорганизмов – компонентов природной экосистемы глубоководных донных отложений Черного моря и КС; проведение анализа структуры микробных группировок ДО и КС по данным высеваемости микроорганизмов отдельных эколого-трофических групп.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для исследования были выбраны донные отложения Черного моря (район Севастополя) с глубины залегания 2020 м, изученные нами ранее [21, 22]. На их основе специально были получены 2 комбинированных сорбента (КС-14 и КС-15) в соотношении угля к пелоиду 1:50. В качестве угольной составляющей в КС-14 был выбран уголь марки ZL-302 (производство Китай), активированный, а в КС-15 – дробленный уголь из фруктовой косточки КАУ, окисленный в жидкой фазе 25 % HNO_3 до емкости 1,8 мг-экв/г в Н-форме [22].

Микробиологические исследования природных донных отложений Черного моря были выполнены с использованием методов [23] и в ГОСТ [24].

Численность сапрофитных и спорообразующих бактерий выявляли на рыбопептонном агаре, гетеротрофов, продуцирующих аминокислоты, — на среде Вербиной, актиномицетов – на среде Краинского, стрептомицетов – на питательной среде с органическим азотом; плесневых грибов и дрожжей – на среде Сабуро, амилолитических бактерий – на крахмальном агаре, целлюлозоразлагающих аэробов – на среде Гетчинсона, целлюлозоразлагающих анаэробов – на среде Омелянского, метанобразующих – на среде Баркера, маслянокислых – на среде Бейеринка, жироразлагающих – на среде Селибера, углеводородокисляющих – на среде Таусона, аммонифицирующих – на РПБ, с индикаторами на аммиак и сероводород, денитрифицирующих бактерий – на среде Гильтая.

Также было осуществлено биотестирование ДО относительно высеваемости микобактерий, являющихся индикаторами загрязнения органическими отходами.

Численность жизнеспособных клеток микроорганизмов выражали количеством колониеобразующих единиц (КОЕ) с последующим перерасчетом на 1 г осадка.

Изучение бактерицидной активности ДО и КС изучали с помощью эталонных штаммов: *Escherichia coli* (штамм 846), *Staphylococcus aureus* (штамм 209), *Pseudomonas aeruginosa* (штаммы №4, № 415). Бактериальные суспензии готовили из однодневных агаровых культур. По бактериальному стандарту мутности устанавливали концентрацию, которая равнялась 10^6 КОЕ в 1 см^3 . Бактерицидную активность осадков относительно *E.coli* изучали в динамике через каждые сутки до полного отмирания тест-культуры. При значении индекса бактерицидности от 50 до 100 % - проба оценивалась как высоко бактерицидная; от 39 до 49 % - умеренно

бактерицидная, от 1 до 38% - низко бактерицидная [23]. Индекс бактерицидности определяли по формуле, учитывающей логарифм колониеобразующих единиц кишечной палочки, которые угнетаются экстрактом ДО, а также отрезок времени, в течение которого происходило отмирание тест-культуры.

Бактерицидное действие ДО относительно всех указанных штаммов изучали методом блоков.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В табл. 1-3 приведены результаты исследования глубоководных ДО Черного моря и композитов на их основе, которые показали, что наиболее интенсивно в них протекали процессы разложения и переработки органических остатков. Особой активностью отличались сапрофитные бактерии; микроорганизмы, усваивающие органический азот, продуценты аминокислот, маслянокислые, тионовые, аммонифицирующие бактерии — продуценты аммиака и сероводорода, метанобразующие.

В природных осадках найдены железоокисляющие гетеротрофные бактерии. Высокая метаболическая активность бактерий, перерабатывающих органические вещества, может опосредованно свидетельствовать об обогащении осадков ценными биостимуляторами.

Из отложений высеяны миксобактерии [25]. Известно, что наличие их в природных водах может составлять до 5 КОЕ/см^3 . То, что численность этих бактерий в исследуемых образцах ДО достигала 10^1 КОЕ/см^3 , может указывать на антропогенное влияние в процессе их отбора.

Исследование бактерицидного действия ДО методом блоков показало наличие у них умеренной антимикробной активности только относительно тест-культуры синегнойной палочки (*Pseudomonas aeruginosa*, штамм № 415).

Как было отмечено ранее [26], прямая зависимость между количеством микроорганизмов и каталазной активностью ДО (грунта) наблюдается, когда микрофлора находится в активном состоянии и не наблюдается, когда она неактивна. Соотношения высеваемости сапрофитных бактерий в разных пробах показали, что больше всего бактерий наблюдалось в образце КС-15. В этом же образце наблюдалось и количественное преобладание бактерий, перерабатывающих органический азот.

Однако факт гибели кишечной палочки через 4 суток после контаминации даже при такой значительной её дозе как 10^6 КОЕ/см^3 , внесенной непосредственно в пелоидную суспензию, дает возможность оценивать исследованные ДО как высокобактерицидные и использовать их в качестве природного лечебного средства при ряде заболеваний.

Из обеих проб КС (КС-14 и КС-15, табл. 4, 5) высеяны спорообразующие бактерии, колонии которых были схожи с *Bacillus mycoides*. Эти аэробы широко распространены в природе, участвуя в разложении белков, образуют аммиак.

Накопление свободных аминокислот, являющихся одной из частей кругооборота азота за счет развития в исследуемых пробах гетеротрофных бактерий — продуцентов аминокислот, может способствовать формированию гумуса.

МИКРОБНЫЙ СОСТАВ И БАКТЕРИЦИДНЫЕ СВОЙСТВА

Продуценты аминокислот были найдены только в пробе КС-15, и количество их было значительным. В пробах также найдены амилолитические бактерии, которые, благодаря ферменту амилазе, способны разлагать крахмалсодержащие вещества. Наибольшее их количество зафиксировано в образце КС-14.

Таблица 1.

Высеваемость микроорганизмов таксономических групп из глубоководных донных отложений Черного моря, КОЕ/г

Микроорганизмы	Количество
Сапрофитные бактерии – продуценты каталазы	$6,0 \cdot 10^2$
Микроорганизмы, усваивающие органический азот	10^4
Гетеротрофные бактерии – продуценты аминокислот	$2,0 \cdot 10^3$
Амилолитические	$4,5 \cdot 10^2$
Железоокисляющие	$3,0 \cdot 10^2$
Марганецокисляющие	0
Миксобактерии	10^1
Спорообразующие	0
Актиномицеты	0
Стрептомицеты	0
Дрожжи	0
Плесневые грибы	0

Таблица 2.

Оценка интенсивности развития микроорганизмов эколого-трофических групп глубоководных донных отложений Черного моря, баллы

Микроорганизмы	Баллы
Маслянокислые	5
Жирорасщепляющие	2
Углеводородокисляющие	0
Сульфатредуцирующие (<i>Desulfovibrio desulfuricans</i>)	2
Тионовые (<i>Thiobacillus thioautotrophicus</i>)	4
Серобактерии	3
Аммонифицирующие аэробы	5
«-« продуценты NH_3	5
«-« продуценты H_2S	5
Аммонифицирующие анаэробы	5
«-« продуценты NH_3	0
«-« продуценты H_2S	5
Денитрифицирующие	2
Целлюлозоразлагающие аэробы	0
Целлюлозоразлагающие анаэробы	0
Метанобразующие	4

Таблица 3.
Высеваемость микроорганизмов эколого-трофических групп из глубоководных донных отложений, КОЕ/г

Микроорганизмы	Количество
Маслянокислые	10^4
Жирорасщепляющие	10^2
Угледородокисляющие	0
Сульфатредуцирующие (<i>Desulfovibrio desulfuricans</i>)	1,0
Тионовые (<i>Thiobacillus thioarus</i>)	10^3
Серобактерии	+
Аммонифицирующие аэробы	10^3
«-« продуценты NH_3	10^3
«-« продуценты H_2S	10^3
Аммонифицирующие анаэробы	10^4
«-« продуценты NH_3	0
«-« продуценты H_2S	10^4
Денитрифицирующие	10^1
Целлюлозоразлагающие аэробы	0
Целлюлозоразлагающие анаэробы	0
Метанобразующие	10^3

Таблица 4.
Высеваемость микроорганизмов таксономических групп из композитов КС, КОЕ/г

Микроорганизмы	Количество	
	КС-14	КС-15
Сапрофитные бактерии —продуценты каталазы	$2,1 \cdot 10^3$	$8,8 \cdot 10^3$
Олигокарбофильные бактерии	$2,0 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$
Микроорганизмы, усваивающие органический азот	$2,0 \cdot 10^3$	$4,0 \cdot 10^3$
Гетеротрофные бактерии – продуценты аминокислот	0	$\frac{1}{4}$ чашки сплошной рост
Амилолитические	$1,8 \cdot 10^2$	$3,0 \cdot 10^1$
Железоокисляющие	$1,2 \cdot 10^2$	$1,8 \cdot 10^2$
Марганецокисляющие	0	0
Миксобактерии	0	0
Спорообразующие	10^3	10^3
Актиномицеты	0	0
Стрептомицеты	0	0
Дрожжи	0	0
Плесневые грибы	10^1	0

Во всех пробах найдены аммонифицирующие бактерии, обогащающие среду протеазами. Они способны повышать концентрацию минеральных азотистых соединений, фосфорной кислоты, которая является физиологически активным веществом.

Таблица 5.

Оценка интенсивности развития микроорганизмов эколого-трофических групп композитов на основе глубоководных донных обложений Черного моря, баллы

Микроорганизмы	Количество	
	КС-14	КС-15
Маслянокислые	4	5
Жирорасщепляющие	4	5
Углеводородокисляющие	0	0
Сульфатредуцирующие (<i>Desulfovibrio desulfuricans</i>)	0	0
Тионовые (<i>Thiobacillus thioparus</i>)	5	5
Серобактерии	5	5
Аммонифицирующие аэробы	5	5
«-« продуценты NH ₃	0	5
«-« продуценты H ₂ S	5	5
Аммонифицирующие анаэробы	0	0
«-« продуценты NH ₃	5	5
«-« продуценты H ₂ S	5	5
Денитрифицирующие	0	0
Целлюлозоразлагающие аэробы	0	0
Целлюлозоразлагающие анаэробы	0	4

В пробах обнаружены тионовые аэробные бактерии, которые окисляют сероводород и метанобразующие бактерии, вызывающие брожение органических кислот. Обнаружены также маслянокислые бактерии, расщепляющие углеводы и спирты, а также их соединения с образованием кислот жирного ряда, спирта, ацетона, водорода и CO₂. Высеяны жирорасщепляющие бактерии, которые характеризуются липолитической активностью.

Липазы активно используются в клинической медицине в связи с проблемой атеросклероза; протеазы – в связи с фибринолитической и тромболитической активностью и противовоспалительным действием. Наиболее активными эти бактерии были в пробе КС-15. В обеих пробах наблюдалась высокая интенсивность развития денитрифицирующих бактерий, способствующих освобождению субстрата от нитритов и нитратов.

Исследуемые пробы композитов характеризовались слабым бактерицидным действием относительно тест-культуры кишечной палочки.

ВЫВОДЫ

1. Анализ полученных данных свидетельствует о том, что таксономическая структура микробных ценозов исследуемых донных отложений Черного моря и композитов, полученных на их основе, представлена только бактериями.
2. Впервые проведен анализ структуры микробных группировок ДО по данным высеваемости микроорганизмов отдельных эколого-трофических групп, который показал, что в исследуемых пробах под действием микробов преобладали процессы трансформирования азота и углеродсодержащих

- органических веществ. Выяснено, что микробиологический состав биоккомплексов природного происхождения и их углеродных композитов оказывает влияние на бактерицидные свойства исследуемых систем.
3. Количество выявленных эколого-трофических групп было индивидуальным для каждой пробы ДО и КС, что связано с их физико-химическими особенностями. Преимущественное содержание в природных осадках тионовых и амонифицирующих аэробных бактерий свидетельствовало о протекании достаточно активных окислительных процессов.
 4. При оценке антимикробного действия ДО относительно кишечной и синегнойной палочек методом блоков, бактерицидное действие ДО проявлялось только относительно тест-культур синегнойной палочки.
 5. Вместе с тем, по влиянию на *E. coli*, внесенную непосредственно в пелоидную суспензию (заражающая доза 10^6 КОЕ/см³), ДО были отнесены к высокобактерицидным.
 6. Высокая метаболическая активность бактерий, перерабатывающих органические вещества, может свидетельствовать об обогащении донных отложений ценными биостимуляторами. Из композитов КС-14 и КС-15 с соотношением углеродной к минеральной составляющей 1:50 наиболее перспективным для дальнейших исследований оказался образец КС-15.

Список литературы

1. Ступикова Н.А. Физико-химические и микробиологические исследования лечебной грязи месторождения Озеро Утиное Камчатской области / Н.А. Ступикова, С.В. Мурадов // Вестник ДВО РАН. – 2005. – № 3. – С. 76–82.
2. Израэль Ю. А. Антропогенная экология океана / Ю.А. Израэль, А.В. Цыбань:– Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 528 с.
3. Говорин И.А. Аллохтонные бактерии в экосистеме «Морская среда — гидробионты — донные отложения» / И.А. Говорин // Гидробиологический журнал. – 2007. – Т.43. – № 2. – С. 50-62.
4. Кудрявцев В.М. Численность, биомасса и продукция бактериопланктона в открытой части Балтийского моря / В.М. Кудрявцев, А.В. Цыбань // Гидробиологический журнал. – 2001. – Т. 37. – № 1. – С. 48–53.
5. Бурдян Н.В. Анаэробная микрофлора донных осадков Севастопольских бухт (Черное море) / Н.В. Бурдян // Экология моря. – 2004. – Вып. 66. – С. 19–23.
6. Рубенчик Л.И. Микроорганизмы и микробиальные процессы в соляных водоемах Украины / Л.И. Рубенчик – К.: Академия наук УССР. – 1948. – 118 с.
7. Кузнецов С.И. Роль микроорганизмов в образовании сапропелевых отложений / С.И. Кузнецов // Микробиология. – 1951. – Т. 20. – № 3. – С. 245–255.
8. Кузнецов С.И. Микробиология пелоидов / С.И. Кузнецов // Курортные ресурсы СССР. – М.: 1956. – С. 475–491.
9. Николенко С.И. Приоритетная роль микробиологических методов в оценке качественного состояния пелоидов / С.И. Николенко, В.Ю. Ярмолинец, М.Л. Померанц // Международный симпозиум УССР—Венгрия «Актуальные вопросы пелоидобальнеотерапии» 24—25 октября 1990 г. – Одесса, 1990. – С. 21–23.
10. Ніколенко С.І. Місце мікробіологічних досліджень у комплексній оцінці пелоїдів / С.І. Ніколенко, Л.О. Осіпчук // Український бальнеологічний журнал. – 2004. – № 3, 4. – С. 17–19.
11. Малкова С. Б. Санитарная и микробиологическая характеристика лечебной грязи озера Соленого курорта Усть — Кут и установление сроков ее самоочищения и регенерации / С.Б. Малкова, В.И. Лимитовская // Вопросы изучения лечебных минеральных вод, грязей и климата. – 1974. – Т. 29. – С. 119–127.

12. Николенко С.И. Бактериальное население пелоидов Куяльницкого лимана / С.И. Николенко // Курортология и физиотерапия. Респ. межвед. сб. – К.: Здоров'я. – 1982. – Вып. 15. – С. 13–16.
13. Dartevelle Z. L'étang de Virelles bacteriologie des sediments / Z. Dartevelle, J. Veorhaegen // Bull. Inst.roy.sci.natur.Belg.Biol. – 1981. – Vol. 53. – P. 13–290.
14. О возможности повторного использования лечебной грязи озера Гопри / А.А. Колесникова, Л.А. Плисова, Е.М. Никипелова [и др.] // Курортология и физиотерапия. Респ. межвед. сб. Киев: Здоровье, 1989. – Вып. 22 – С. 14–16.
15. Лечебные грязи (пелоиды) Украины / Под общей редакцией М. В. Лободы, К. Д. Бабова, Т. А. Золотарева, Е. М. Никипеловой. – К.: Наукова думка. – 2006. – 352 с.
16. Новожилова М. И. Микрофлора лечебных грязей Казахстана / М.И. Новожилова, Л.Ф. Фролова. – Алма-Ата, 1975. – 180 с.
17. Шинкаренко А.Л. Органические вещества лечебных грязей и их роль в механизме лечебного действия на организм / А.Л. Шинкаренко, Н.Г. Миленина // Сб.науч.трудов Пятигорского НИИ курортологии и физиотерапии «Грязевые препараты». – Томск, 1981. – С. 30–33.
18. Руководство. Основы курортологии / Под ред. Александрова В.А. – 1956 г
19. Новые гепатопротекторные и противовоспалительные препараты пелоидов / [Саратиков А.С., Буркова В.Н., Венгеровский А.И., Кураколова Е.А.] – Томск: изд-во Томского университета, – 2005.– 12 с.
20. Нікіпелова О.М. Властивості глибоководних донних осадів Чорного моря / О.М. Нікіпелова // Вісник Одеського національного університету. Вип. Хімія. – 2009. – Т. 14, вип. 3, С. 91–96.
21. Изучение минерального, химического состава, структурно-сорбционных свойств донных осадков как основных компонентов энтеросорбентов и аппликационных материалов / С.С. Ставицкая, Н.Т. Каргель, Н.Н.Цыба [и др.] // ЖПХ.– 2007.– Т.81, № 3. – С.381–387.
22. Получение и свойства комбинированных сорбентов на основе модифицированного угля и глубоководных пелоидных систем / С.С. Ставицкая, В.М.Викарчук, Н.Н.Цыба [и др.] // Эфферентная терапия.– 2007. –Т.13, № 4.– С.13–20.
23. Ніколенко С.І. Посібник з методів контролю природних мінеральних вод, штучно-мінералізованих вод та напоїв на їх основі. Ч. 2 Мікробіологічні дослідження/ Ніколенко С.І., Глуховська С.М., Померанець М.Л. – Одеса: ЮНЕСКО соціо, 2002. – 38 с.
24. Продукты пищевые. Метод определения дрожжей и плесневых грибов: ГОСТ 10444.12-88. [Введ. 01.01.90]. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 10 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).
25. Николенко С.И. Использование миксобактерий в качестве индикаторов сельскохозяйственного загрязнения природных курортных ресурсов / С.И. Николенко, В.А. Иваница // Медицинская реабилитация, курортология, физиотерапия. –1995. – № 1. – С. 53–58.
26. Андрюк К.І. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження / Андрюк К.І., Іутинська Г.О., Антипчук А.Ф. – К.: Обереги. – 2001. – 240 с.

Нікіпелова О.М. Мікробний склад і бактерицидні властивості біокомплексів природного походження та їх вуглецевих композитів / О.М. Нікіпелова, С.С. Ставицька, С.І. Ніколенко, Т.І. Миронюк // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 322-331.

Проведено мікробіологічні дослідження глибоководних донних відкладень (ДВ) Чорного моря та деяких вуглецевих компонентів на їх основі. Показано вплив мікробного складу ДВ та компонентів на їх каталазні, бактерицидні властивості, що важливо для їх подальшого використання з лікувальною метою.

Ключові слова: глибоководні донні відкладення Чорного моря, вуглецеві компоненти, мікробний склад, бактерицидність

Nikipelova O.M. Microbe composition and bactericidal properties of natural biocomplex and their carbon compozits / O.M. Nikipelova, S.S. Stavitskaya, S.I. Nicolenko, T.I. Mironyuk // Scientific Notes of Taurida V. Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 322-331.

Microbiological researches of deep-water ground deposits (GD) of the Black sea and some carbon components on their basis are conducted. Influencing the microbe composition GD and components is shown on their catalazical, bactericidal properties, that is important for their subsequent use with the medical purpose.

Keywords: deep-water ground deposits of the Black sea, carbon components, microbe composition, bactericidis.

Поступила в редакцию 30.09.2009 г.

УДК 544.175 + 546.66

МОЛЕКУЛЯРНОЕ СТРОЕНИЕ И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА БИЯДЕРНОГО КОМПЛЕКСА ЛАНТАНА С 5-ГИДРОКСИ-3-МЕТИЛ-1- ФЕНИЛ-4-ФОРМИЛ-ПИРАЗОЛОМ

Шульгин В.Ф.¹, Абхаирова С.В.², Конник О.В.³, Кискин М.А.⁴, Еременко И.Л.⁴

¹*Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина,
e-mail: vshul@crimea.edu*

²*РВУЗ Крымский инженерно-педагогический университет, Симферополь, Украина,*

³*Севастопольский научно-производственный центр стандартизации, метрологии и
сертификации, Севастополь, Украина,*

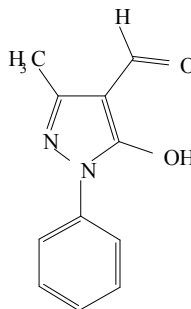
⁴*Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН, Москва, Россия*

Описаны синтез и результаты исследования кристаллической структуры комплекса лантана с 5-гидрокси-3-метил-1-фенил 4-формилпиразолом (HL) состава $[La_2(\mu-L)_3(L)_3(H_2O)_3] \cdot 2CH_3OH$.

Ключевые слова: лантан, фенилпиразол, рентгеноструктурный анализ, кристаллическая структура

ВВЕДЕНИЕ

Координационные соединения лантаноидов постоянно привлекают внимание исследователей, поскольку особенности электронного строения позволяют использовать их в качестве узкополосных люминофоров различного назначения [1, 2]. Комплексы данного типа перспективны как материалы для создания оптических светодиодов и как реактивы для ранней диагностики онкологических заболеваний. При их синтезе важной задачей является подбор т.н. "фотоантен" - лигандов, обеспечивающих оптимальные условия для поглощения энергии возбуждения и ее переноса на центральный атом. В качестве фотоантен исследовано большое число органических лигандов, из которых одними из наиболее эффективными оказались производные пиразола [2]. В то же время структурная химия комплексов лантаноидов с лигандами данного типа мало изучена. Целью настоящей работы является изучение особенностей молекулярного строения и кристаллической структуры комплекса лантана с 5-гидрокси-3-метил-1-фенил-4-формилпиразолом (HL).



МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Синтез исследуемого координационного соединения осуществлен по следующей методике. К суспензии 0.12 г (0.003 моля) мелкоизмельченного гидроксида натрия в 25 мл 96%-ного этанола добавили 0.606 г (0.003 моля) 5-гидрокси-3-метил-1-фенил-4-формилпиразола, полученного по литературной методике [3]. Полученную смесь перемешивали на магнитной мешалке до полного растворения вещества (20-30 минут). К полученному раствору добавили 0.372 г (0.001 моля) гептагидрата хлорида лантана, перемешивали еще полчаса и оставили для кристаллизации. Выпавшие через несколько суток кристаллы отфильтровали и промыли на фильтре небольшим количеством этанола. Получено 0.684 г бесцветного мелкокристаллического вещества. Выход продукта составляет 85 % от теоретически возможного.

Монокристаллы состава $[\text{La}_2(\mu\text{-L})_3(\text{L})_3(\text{H}_2\text{O})_3] \cdot 2\text{CH}_3\text{OH}$ выращены перекристаллизацией из смеси вода – метанол (примерно 1 к 1 по объему). Рентгеноструктурное исследование проведено на автоматическом четырехкружном дифрактометре Bruker Smart Apex II (MoK_α -излучение, графитовый монохроматор, $\lambda = 0.71073 \text{ \AA}$). Кристаллы триклинные с линейными размерами $0.25 \times 0.25 \times 0.20 \text{ мм}$. Пространственная группа P-1, $a = 15.050(3)$, $b = 16.884(3)$, $c = 17.006(3) \text{ \AA}$, $\alpha = 116.40(3)$, $\beta = 97.31(3)$, $\gamma = 108.73(3)^\circ$, $V = 3475.0(20) \text{ \AA}^3$. Для $\text{C}_{68}\text{H}_{68}\text{La}_2\text{N}_{12}\text{O}_{17}$ $M = 1603.16$; $Z = 2$; $d_{\text{расч.}} = 1.532 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$; $\mu = 1.290 \text{ мм}^{-1}$. Варьирование θ от 1.41 до 26.37° , сегмент сферы $-18 \leq h \leq 18$, $-21 \leq k \leq 21$, $-21 \leq l \leq 21$. Всего было собрано 31809 отражений, из которых 14190 являются симметрически независимыми (R-фактор усреднения 0.0501). В уточнении использовано 14190 отражений с $I > 2\sigma(I)$ (904 уточняемых параметра). Окончательные значения факторов расходимости $R = 0.0412$ и $R_w = 0.0964$; GOOF 0.993. Остаточная электронная плотность из разностного ряда Фурье 0.713 и $-0.790 \text{ е/}\text{\AA}^3$. Учет поглощения в кристаллах выполнен по методу азимутального сканирования. Структура расшифрована прямым методом и уточнена методом наименьших квадратов в полноматричном анизотропном приближении с использованием комплекса программ SHELXS-97 и SHELXL-97 [4]. Полный набор рентгеноструктурных данных будет задепонирован в Кембриджском банке структурных данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По данным рентгеноструктурного анализа исследуемый комплекс имеет молекулярное биядерное строение (рис. 1). Катионы лантана расположены на расстоянии 4.222(2) Å друг от друга, структурно неэквивалентны и связаны с тремя анионами 5-гидрокси-4-формилпиразола, хелатирующими центральный атом атомами кислорода карбонильной и депротонированной гидроксильной группы. Образующиеся хелатные циклы неплоские, атомы лантана отклоняются от плоскости, образованной хелатофорной группой, на 0.650 – 0.764 Å для атома La(2) и на 0.401 и 0.613 Å для атома La(1). Исключение составляет практически плоский металлоцикл La1O3C16C13C12O4, для которого отклонение атома лантана от плоскости лиганда составляет всего 0.043 Å.

Бинуклеирующие лиганды структурно неэквивалентны. Один лиганд, связанный с атомом La(1), и два лиганда, связанные с атомом La(2), занимают терминальное положение. Остальные пиразолатные лиганды выполняют наряду с хелатирующей бидентатно-мостиковую функцию и связывают центральные атомы альдегидным атомом кислорода. Образующийся биядерный фрагмент La₂O₃ характеризуется малыми валентными углами O-La-O (61.15 – 65.55 °), что свидетельствует о значительном напряжении металлоциклов. Валентные углы La-O-La лежат в диапазоне 101.83 – 107.32 ° и несколько искажены по сравнению с ожидаемыми для sp³-гибридизированных атомов кислорода.

Атом La(1) дополнительно координирует две, а атом La(2) - одну молекулу воды, что приводит к повышению их координационного числа до девяти. Геометрия образующихся координационных полиэдров (рис. 1) соответствует искаженным одношапочным архимедовым антипризмам, сопряженным общей гранью.

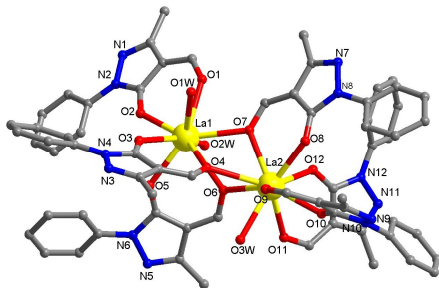


Рис. 1. Общий вид и нумерация атомов для [La₂(μ-L)₃(L)₃(H₂O)₃]·2CH₃OH. Атомы водорода и внешнесферные молекулы метанола не показаны.

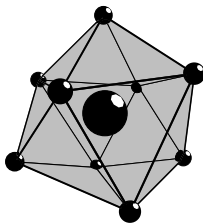


Рис. 2. Координационный полиэдр атома La(1).

Таблица 1.
Основные длины связей и валентные углы при атоме La(1) для комплекса $[\text{La}_2(\mu\text{-L})_3(\text{L})_3(\text{H}_2\text{O})_3]\cdot 2\text{CH}_3\text{OH}$.

Связь	$d/\text{\AA}$	Угол	$\omega/\text{град}$
La(1)-O(3)	2.436(3)	O(3)-La(1)-O(2)	79.14(11)
La(1)-O(2)	2.495(3)	O(3)-La(1)-O(5)	70.22(12)
La(1)-O(5)	2.495(3)	O(2)-La(1)-O(5)	74.75(12)
La(1)-O(1)	2.532(4)	O(3)-La(1)-O(1)	116.62(12)
La(1)-O(2W)	2.560(3)	O(2)-La(1)-O(1)	70.25(11)
La(1)-O(7)	2.627(3)	O(5)-La(1)-O(1)	141.67(11)
La(1)-O(4)	2.642(4)	O(3)-La(1)-O(2W)	145.28(12)
La(1)-O(6)	2.650(4)	O(2)-La(1)-O(2W)	74.47(12)
La(1)-O(1W)	2.676(3)	O(5)-La(1)-O(2W)	81.24(13)
La(2)-O(10)	2.470(3)	O(1)-La(1)-O(2W)	74.89(13)
La(2)-O(8)	2.508(3)	O(3)-La(1)-O(7)	129.97(11)
La(2)-O(12)	2.514(3)	O(2)-La(1)-O(7)	140.88(10)
La(2)-O(9)	2.514(4)	O(5)-La(1)-O(7)	134.41(11)
La(2)-O(11)	2.516(4)	O(1)-La(1)-O(7)	72.71(11)
La(2)-O(3W)	2.570(4)	O(2W)-La(1)-O(7)	84.25(12)
La(2)-O(7)	2.614(4)	O(3)-La(1)-O(4)	72.61(11)
La(2)-O(6)	2.620(3)	O(2)-La(1)-O(4)	151.41(10)
La(2)-O(4)	2.795(3)	O(5)-La(1)-O(4)	91.31(12)
		O(1)-La(1)-O(4)	127.01(11)
		O(2W)-La(1)-O(4)	128.81(11)
		O(7)-La(1)-O(4)	65.55(10)
		O(3)-La(1)-O(6)	118.83(11)
		O(2)-La(1)-O(6)	131.29(11)
		O(5)-La(1)-O(6)	71.16(11)
		O(1)-La(1)-O(6)	123.23(11)
		O(2W)-La(1)-O(6)	66.90(11)
		O(7)-La(1)-O(6)	63.38(10)
		O(4)-La(1)-O(6)	62.83(11)
		O(3)-La(1)-O(1W)	68.60(11)
		O(2)-La(1)-O(1W)	102.19(12)
		O(5)-La(1)-O(1W)	138.49(11)
		O(1)-La(1)-O(1W)	65.88(11)
		O(2W)-La(1)-O(1W)	138.89(12)
		O(7)-La(1)-O(1W)	73.12(11)
		O(4)-La(1)-O(1W)	71.74(11)
		O(6)-La(1)-O(1W)	126.39(10)

Длины связей и валентные углы в пределах органических лигандов близки к обычным величинам [5]. Кристаллическая структура комплекса характеризуется

развитой системой водородных связей (табл. 2) и короткими межлигандными контактами (расстояния между атомами порядка 3.7-3.8 Å).

Таблица 2.

Система водородных связей в кристаллической структуре комплекса
[La₂(μ-L)₃(L)₃(H₂O)₃]·2CH₃OH

Донор	Акцептор	Преобразования симметрии для акцептора	d(D-H) Å	d(H...A) Å	<DHA	d(D...A) Å
O2W	N1	-x+1, -y+2, -z+1	0.853	2.074	177.08	2.926
O2W	O2S	x, y, z	0.862	2.009	147.85	2.777
O3W	O1S	x, y, z	0.857	1.976	163.48	2.808
O3W	N5	-x, -y+1, -z	0.856	2.176	149.96	2.949
O1S	N9	-x, -y, -z	0.820	1.991	166.42	2.794
O2S	N11	-x+1, -y+1, -z	0.820	2.229	124.05	2.772

ВЫВОД

В результате проведенного исследования объективно установлена молекулярная структура биядерного комплекса лантана с 5-гидрокси-3-метил-4-формил-1-фенилпиразолом (HL) состава [La₂(μ-L)₃(L)₃(H₂O)₃]·2CH₃OH

Список литературы

1. Каткова М.А. Координационные соединения редкоземельных металлов с органическими лигандами для электролюминесцентных диодов / М.А. Каткова, А.Г. Витухновский, М.Н. Бочкарев // Успехи химии. – 2005. – Т. 74. – № 12. – С. 1194–1214.
2. Кузьмина Н.П. Фото- и электролюминесценция координационных соединений РЗЭ(III) / Н.П. Кузьмина, С.В. Елисеева // Журн. неорганической химии. – 2006 – Т. 51. – № 1. – С. 80–96.
3. Квитко И.Я. О строении продукта гидролиза 1-фенил-3-метил-4-диметиламинометил-5-пиразолона / И.Я. Квитко, Б.А. Порай-Кошиц // ЖОХ. – 1964. – Т.34, № 9. – С. 3005–3012.
4. Sheldrick G. M. SHELX97. Program for the Solution of Crystal Structures / G.M. Sheldrick. – Göttingen University, Göttingen (Germany), 1997.
5. Tables of lengths determined by X-ray and neutron diffraction. Part 1. Bond lengths in organic compounds / F.H. Allen, O. Kennard, D.G. Watson [et al] // J. Chem. Soc. Perkin Trans. 2 – 1987. – Pt. 2. – № 12. – P. 1–19.

Шульгін В.Ф. Молекулярна будова і кристалічна структура биядерного комплексу лантану з 5-гідрокси-3-метил-1-феніл-4-формілпіразолом / В.Ф. Шульгін, С.В. Абхаїрова, О.В. Коннік, М.А. Кіскін, І.Л. Єрьоменко // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 332-337.

Описано синтез і результати дослідження кристалічної структури комплексу лантану з 5-гідрокси-3-метил-1-феніл 4-формілпіразолом (HL), що має склад [La₂(μ-L)₃(L)₃(H₂O)₃]·2CH₃OH.

Ключові слова: лантан, фенілпіразол, рентгеноструктурний аналіз, кристалічна структура.

Shul'gin V.F. Molecular and crystal structure of the binuclear lanthanum complex with 5-hydroxy-3-methyl-1-phenyl-4-formylpirazole / V.F. Shul'gin, S.V. Abkhairova, O.V. Konnic, M.A. Kiskin, I.L. Eremenko // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 332-337.

The synthesis and results of molecular and crystal structure investigation of the binuclear lanthanum complex with 5-hydroxy-3-methyl-1-phenyl 4-formylpirazole are described.

Keywords: lanthanum, phenylpirazole, X-Ray analysis, crystal structure.

Поступила в редакцию 18.11.2009 г.

УДК 546.562 + 547.288.3 + 544.175

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ БИЯДЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ МЕДИ(II) НА ОСНОВЕ АЦИЛГИДРАЗОНОВ N-ЗАМЕЩЕННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ АСПАРАГИНОВОЙ КИСЛОТЫ

Шульгин В.Ф.¹, Русанов Э.Б.², Гусев А.Н.¹, Замниус Е.А.¹, Конник О.В.³

¹Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, Симферополь, Украина,
e-mail: vshul@crimea.edu

²Институт органической химии НАН Украины, Киев, Украина

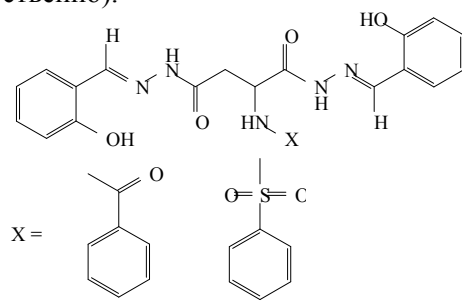
³Севастопольский научно-производственный центр стандартизации, метрологии и
сертификации, Севастополь, Украина,

Описан синтез и результаты исследования методом рентгеноструктурного анализа молекулярного строения и кристаллической структуры биядерных комплексов меди(II) с бис(салицилиден)гидразонами N-бензоил- и N-фенилсульфоаспарагиновой кислоты.

Ключевые слова: медь(II), аспарагиновая кислота, диацилгидразон, кристаллическая структура.

ВВЕДЕНИЕ

В литературе описаны результаты исследования кристаллической структуры серии спейсерированных биядерных комплексов меди(II) на основе ацилгидразонов предельных дикарбоновых кислот [1 – 7]. Интерес к комплексам данного типа обусловлен в первую очередь особенностями их спектров ЭПР, в которых наблюдается сверхтонкая структура их семи линий, как результат обменного взаимодействия неспаренных электронов с двумя эквивалентными ядрами меди, оба природных изотопа которой имеют ядерный спин 3/2 [8, 9]. В настоящем сообщении описан синтез и результаты исследования молекулярного строения и кристаллической структуры биядерных комплексов меди(II) с бис(салицилиден)гидразонами N-бензоил- и N-фенилсульфоаспарагиновой кислоты (H₄L¹ и H₄L² соответственно).



МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Синтез исходных пролигандов осуществлен по стандартной схеме: кислота → метиловый эфир → гидразид → салицилиденгидразон [8, 9].

N-Бензоиласпарагиновая и N-фенилсульфоаспарагиновая кислоты получены по стандартной методике, описанной в [10]. Синтез исследуемых координационных соединений осуществлен методом, разработанным ранее для спейсерированных димеров меди(II) на основе ацилдигидразонов алифатических дикарбоновых кислот.

Исследуемые координационные соединения синтезировали по следующей методике. К суспензии, содержащей 5 ммоль дигидразида N-замещенной аспарагиновой кислоты в 50 мл этанола, добавили 11 ммоль салицилового альдегида. Смесь кипятили при перемешивании на магнитной мешалке в течение 2 часов. Полученный раствор охладили до комнатной температуры, добавили 11 ммоль моногидрата ацетата меди(II) и перемешивали до полного растворения соли (3-5 часов). Образовавшийся осадок отделили фильтрованием, промывали водой, затем этанолом и высушили на воздухе. Полученный продукт растворили в 10 мл пиридина, раствор выдержали сутки и высадили комплекс водой. Осадок отфильтровали, промыли водой, этанолом и высушили на воздухе. В результате получили мелкокристаллический порошок темно-зеленого цвета. Выход продукта составляет около 75 % от теоретического в расчете на исходный дигидразид.

Монокристаллы выращены перекристаллизацией из смеси метанол – пиридин. Рентгеноструктурное исследование проведено на автоматическом четырехкружном дифрактометре Bruker Smart Apex II (MoK α - излучение, графитовый монохроматор). Учет поглощения в кристаллах выполнен по методу азимутального сканирования. Структуры расшифрованы прямым методом и уточнены методом наименьших квадратов в полноматричном анизотропном приближении с использованием комплекса программ SHELXS-97 и SHELXL-97 [11]. Кристаллографические данные, детали расшифровки и уточнения структур приведены в табл. 1. Полный набор рентгеноструктурных данных будет задепонирован в Кембриджском банке структурных данных.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что комплекс на основе бис(салицилиден)гидразона N-бензоиласпарагиновой кислоты (соединение **1**) имеет состав [Cu₂L·2Py]·2CH₃OH·H₂O и содержит два структурно эквивалентных атома меди, расположенные на расстоянии 8,811 Å друг от друга. Общий вид молекулы представлен на рис. 1, наиболее важные длины связей и валентные углы сведены в табл. 2. Две молекулы метанола и молекула воды занимают внешнесферное положение и связаны водородными связями между собой и с донорными атомами ацилгидразона (рис. 1).

Координационный полиэдр катиона меди(II) может быть описан как слегка искаженная тетрагональная пирамида, основание которой образовано донорными атомами ацилгидразона (2N+O) и атомом азота координированной молекулы

пиридина. Вершину пирамиды занимает атом кислорода, входящий в состав соседней биядерной молекулы. При этом длины связей Cu1-O4' (2.763 Å) и Cu2-O1' (2.610 Å) заметно превышают длины связей атомов меди с донорными атомами, лежащими в основании тетрагональной пирамиды (1.901 – 2.012 Å). Атомы меди при этом отклоняются от плоскости основания пирамиды в сторону ее вершины на 0.086 и 0.091 Å для Cu1 и Cu2 соответственно, что приближается к диапазону (0,11 – 0,21 Å), характерному для комплексов данного типа [8, 9].

Таблица 1.

Кристаллографические данные и детали расшифровки и уточнения структуры комплексов 1 и 2

	1	2
Брутто-формула	C ₃₇ H ₃₉ Cu ₂ N ₇ O ₈	C ₃₅ H ₃₃ Cu ₂ N ₆ O _{7.5} S
<i>M_r</i>	836.83	816.81
Сингония	моноклинная	Триклинная
Простр. группа	P2 ₁	P-1
<i>a</i> (Å)	10.3316(7)	10.4714(4)
<i>b</i> (Å)	16.7552(9)	12.9702(5)
<i>c</i> (Å)	11.0137(6)	14.6187(9)
α (град.)	90.00	104.763(2)
β (град.)	105.758(3)	93.082(2)
γ (град.)	90.00	111.4240(10)
<i>Z</i>	2	2
<i>V</i> (Å ³)	1834.91(19)	1763.31(14)
Температура (К)	296(2)	293(2)
μ (mm ⁻¹)	1.222	1.324
<i>d</i> (выч.) (г/см ³)	1.515	1.538
λ (Å)	0.71073	0.71073
варьирование θ (град)	1.92 - 26.54	1.77 - 26.54
Измерено рефлексов	12706	20957
Число независимых отражений	4128	6818
<i>R</i>	0.0489	0.0426
<i>R_w</i>	0.0755	0.1139
GOF	0.974	1.043
$\Delta\rho$, max., min. (e·Å ⁻³)	0.659; -0.703	0.344; -0.324

Дополнительная координация атомами меди феноксильных атомов кислорода соседних молекул приводит к связыванию биядерных комплексов в полимерную цепь (рис. 2). Следует отметить, что для спейсированных димеров меди с полиметиленовыми мостиками подобный вид взаимодействия нетипичен [9, 10] и зарегистрирован впервые.

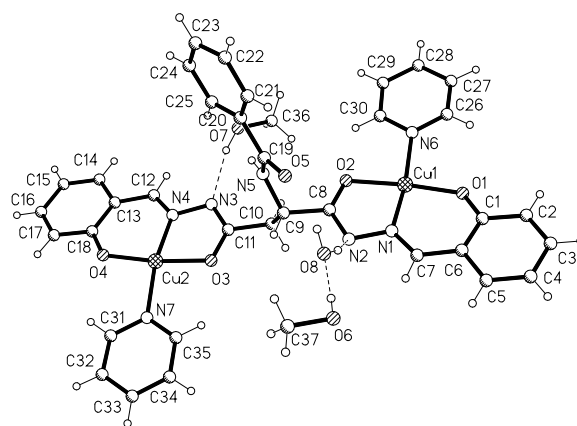


Рис. 1. Общий вид и нумерация атомов комплекса 1.

Таблица 2.

Основные длины связей (d) и валентные углы (ω) в молекуле комплекса 1

Связь	d, Å	Угол	ω, град.
Cu1-O1	1.905(4)	O1Cu1N1	92.49(19)
Cu1-N1	1.915(5)	O1Cu1O2	173.35(16)
Cu1-O2	1.954(4)	N1Cu1O2	80.91(19)
Cu1-N6	1.997(5)	O1Cu1N6	93.9(2)
Cu2-O4	1.901(4)	N1Cu1N6	169.1(2)
Cu2-N4	1.927(5)	O2Cu1N6	92.5(2)
Cu2-O3	1.947(4)	O4Cu2N4	92.2(2)
Cu2-N7	2.012(5)	O4Cu2O3	172.78(19)
N1-C7	1.283(7)	N4Cu2O3	81.1(2)
N1-N2	1.409(6)	O4Cu2N7	94.6(2)
N2-C8	1.326(7)	N4Cu2N7	166.0(2)
N3-C11	1.289(8)	O3Cu2N7	92.6(2)
N3-N4	1.407(6)		
N4-C12	1.290(7)		
O2-C8	1.273(7)		
O3-C11	1.292(7)		

Длины связей азот-углерод- (1,283 – 1,326 Å) несколько превышают стандартную длину двойной связи N-C (1,277 – 1,280 Å). В то же время связь N-N (1,407 и 1,409 Å) заметно короче стандартной одинарной связи азот-азот (1,451 Å), что типично для комплексов меди(II) с ацилгидразонами [1-9] и свидетельствует о частичной делокализации двойных связей в пределах хелатоформной группировки с образованием сопряженной π-системы. Длины связей в пределах бинуклеирующего лиганда и координированных молекул пиридина имеют обычные значения [12].

Хелатные циклы слегка изогнуты и развернуты друг относительно друга на угол порядка 5° .

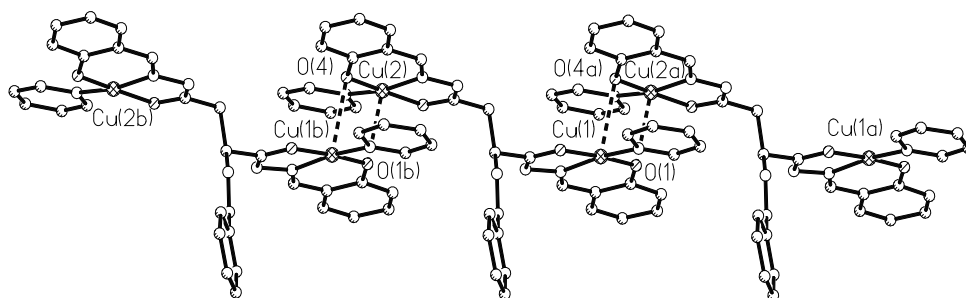


Рис. 2. Полимерный фрагмент кристаллической структуры комплекса **1**.

Общий вид молекулы комплекса $[\text{Cu}_2\text{L}^2 \cdot 2\text{Py}] \cdot 1,5\text{H}_2\text{O}$ (**2**) представлен на рис. 3, наиболее важные длины связей и валентные углы сведены в табл. 3. Комплекс имеет биядерное строение и содержит два структурно эквивалентных атома меди, расположенные на расстоянии $8,669 \text{ \AA}$ друг от друга. Координационный полиэдр образован двумя атомами кислорода и атомом азота дважды депротонированного ацилгидразонного фрагмента. Четвертое место в координационной сфере занято атомом азота молекулы пиридина. Молекула воды и две молекулы метанола занимают внешнесферное положение и связаны водородными связями между собой и атомом азота гидразонного фрагмента (расстояния $\text{N3} \dots \text{O7}$ и $\text{O7} \dots \text{O8}$ составляют 2.867 и $2.693 \text{ \AA}$ соответственно).

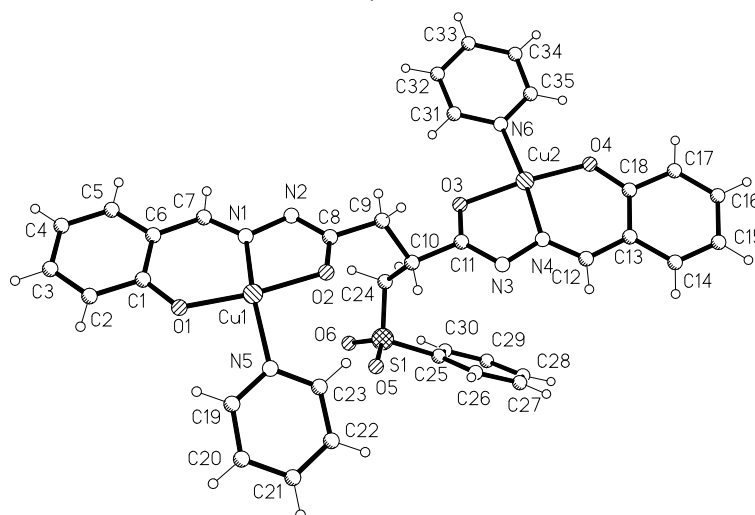


Рис. 3. Общий вид и нумерация атомов комплекса **2**.

Таблица 3.
Основные длины связей (d) и валентные углы (ω) в молекуле комплекса 2

Связь	d, Å	Угол	ω , град.
Cu1-O1	1.889(2)	O1 Cu1 N1	94.03(10)
Cu1-N1	1.919(2)	O1 Cu1 O2	174.00(10)
Cu1-O2	1.950(2)	N1 Cu1 O2	80.72(9)
Cu1-N5	2.017(3)	O1 Cu1 N5	91.85(10)
Cu2-O4	1.888(2)	N1 Cu1 N5	159.77(11)
Cu2-N4	1.932(3)	O2 Cu1 N5	94.07(10)
Cu2-O3	1.948(2)	O4 Cu2 N4	93.08(10)
Cu2-N6	2.000(3)	O4 Cu2 O3	173.74(9)
N1-C7	1.283(4)	N4 Cu2 O3	80.68(10)
N1-N2	1.401(3)	O4 Cu2 N6	92.80(10)
N2-C8	1.306(4)	N4 Cu2 N6	174.07(10)
N3-C11	1.309(4)	O3 Cu2 N6	93.45(10)
N3-N4	1.407(3)		
N4-C12	1.281(4)		
O2-C8	1.299(3)		
O3-C11	1.290(4)		

Длины связей C-N (1.281 – 1.309 Å) несколько превышают стандартную длину двойной связи углерод-азот. В то же время связь N-N (1.401 и 1.407 Å) короче стандартной одинарной связи азот-азот.

Хелатные циклы слегка изогнуты и развернуты друг относительно друга на угол 4,69 и 4,58° для Cu1 и Cu2 соответственно.

Интересной особенностью структуры комплекса **2** является связывание молекул в centrosymmetric димеры, построенные по типу "голова к голове", за счет дополнительного взаимодействия атома Cu1 с атомом O2 соседнего комплекса, который достраивает координационный полиэдр меди до тетрагональной пирамиды (рис. 4). При этом расстояние Cu1 ... O2 составляет 2.615 Å.

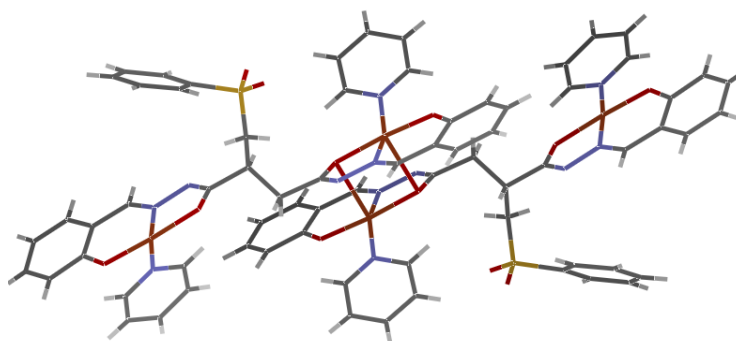


Рис. 4. Димерный фрагмент кристаллической структуры комплекса **2**.

В димерном фрагменте Cu_2O_2 атомы меди расположены на расстоянии 3,398 Å, а величины валентных углов CuOCu и OCuO равны 95,11 и 84,89 ° соответственно. Атом меди выведен из плоскости основания пирамиды в сторону феноксильного атома кислорода на 0,150 Å. что характерно для координации по типу [4+1].

ВЫВОД

В результате проведенного исследования изучены особенности молекулярного строения и кристаллической структуры биядерных комплексов меди(II) с бис(салицилиден)гидразонами N-бензоил- и N-фенилсульфоаспарагиновой кислоты. Впервые для спейсерированных комплексов меди, в которых координационные полиэдры связаны полиметиленовыми мостиками, зарегистрировано образование феноксильных мостиков между катионами меди(II).

Список литературы

1. Ларин Г.М. Структура и спектр ЭПР биядерных комплексов меди(II) с бис(салицилиден)гидразоном глутаровой кислоты / Г.М. Ларин, В.Ф. Шульгин, Е.А. Сарнит // Журн. неорган. химии. – 2000. – Т. 45, № 6. – С. 1010–1015.
2. Молекулярное строение и спектры ЭПР комплексов меди(II) с ацилдигидразонами 2-гидроксипропиофенона / Г.М. Ларин, В.Ф. Шульгин, А.Н. Гусев [и др.] // Известия Академии наук. Серия химическая. – 2004. – № 5. – С. 740–743.
3. Спейсерированные биядерные комплексы меди(II) с ацилдигидразонами алифатических дикарбоновых кислот и 2-гидрокси-5-нитроацетофенона / В.Ф. Шульгин, А.Н. Гусев, А.Н. Чернега [и др.] // Известия Академии наук. Серия химическая. – 2007. – № 2. – С. 229–233.
4. Молекулярная и кристаллическая структура биядерного комплекса меди(II) с ацилдигидразоном янтарной кислоты и трифторацетилацетона / Г.М. Ларин, В.Ф. Шульгин, Е.Д. Мельникова [и др.] // Известия Академии наук. Серия химическая. – 2009. – № 7. – С. 1304–1310.
5. Шульгин В.Ф. Молекулярная и кристаллическая структура биядерного комплекса меди(II) с диацилгидразоном глутаровой кислоты и 5-гидрокси-3-метил-1-(4'-хлорфенил)-4-формилпиразола / В.Ф. Шульгин, Э.Б. Русанов, А.И. Обух // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология и химия». – 2006. – Т. 20 (59). – № 4. – С. 172–177.
6. Биядерные комплексы меди(II) с ацилдигидразонами предельных дикарбоновых кислот и пировиноградной кислоты / В.Ф. Шульгин, А.И. Обух, Э.Б. Русанов [и др.] // Журнал неорганической химии. – 2009. – Т. 54, № 7. – С. 1137–1142.
7. Биядерные комплексы меди(II) с ацилдигидразонами 4-формил-5-гидрокси-3-метил-1-фенилпиразолов / В.Ф. Шульгин, А.И. Обух, Э.Б. Русанов [и др.] // Журнал неорганической химии. – 2009. – Т. 54, № 8. – С. 1288–1295.
8. Larin G.M. Weak Spin-Spin Exchange Coupling in Copper(II) Dimers with Long Copper-Copper Distances / G.M. Larin, V.F. Shul'gin // Russian Journal of Inorganic Chemistry. – 2006. – Vol. 51. – Suppl.1. – P. S28–S48.
9. Ларин Г.М. Обменные взаимодействия в биядерных комплексах меди(II) с ацилдигидразонами предельных дикарбоновых кислот / Г.М. Ларин, В.В. Минин, В.Ф. Шульгин // Успехи химии. – 2008. – Т. 77, № 5. – С. 477–491.
10. Синтезы органических препаратов. Сб 2. М.: Иностранная литература. – 1949. – С. 158.
11. Sheldrick G.M. SHELX97. Program for the Solution of Crystal Structures / G.M. Sheldrick. – Göttingen University, Göttingen (Germany), 1997.
12. Tables of lengths determined by X-ray and neutron diffraction. Part 1. Bond lengths in organic compounds / F.H. Allen, O. Kennard, D G. Watson [et al] // J. Chem. Soc. Perkin Trans. 2 – 1987. – Pt. 2, № 12. – S. 1–19.

Шульгин В.Ф. Синтез та дослідження будови біядерних комплексів купруму(II) на основі діацилгідразонів N-замішених похідних аспарагінової кислоти / В.Ф. Шульгин, Е.Б. Русанов, А.Н. Гусев, К.А. Замниус, О.В. Конник // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 4. – С. 338-345.

Описано синтез і результати дослідження молекулярної будови і кристалічної структури біядерних комплексів купруму(II) з біс(саліциліден)гідрозонами N-бензоіл- і N-фенілсульфоаспарагінової кислоти методом рентгеноструктурного аналізу.

Ключеві слова: купрум(II), аспарагінова кислота, діацилгідразон, кристалічна структура.

Shul'gin V.F. Synthesis and structure investigation of the binuclear copper(II) complexes with acyldihydrazones of aspartic acid's N-derivates / V.F. Shul'gin, E.B. usanov, N.A.Gusev, E.A. Zamnius, O.V. Konnic // Scientific Notes of Taurida V.Vernadsky National University. – Series: Biology, chemistry. – 2009. – V.22 (61). – № 4. – P. 338-345.

The synthesis and the results of molecular and crystal structure investigation of the binuclear copper(II) complexes with N-derivates aspartic acid's acyldihydrazones by X-Ray technique was described.

Keywords: copper(II), aspartic acid, diacylhydrazone, crystal structure.

Поступила в редакцію 16.10.2009 г.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абрамова Катерина Володимирівна	Дніпропетровський національний університет ім. Олесь Гончара, магістр кафедри фізіології людини та тварин.
Абхаирова Сусанна Велишаевна	РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», аспирант кафедры трудового обучения, адрес: г. Симферополь, пер. Учебный, 8.
Алиева Тамила Алиевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: chadess@mail.ru, тел. (0652) 637556.
Ананченко Марина Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: mermaid.ka@mail.ru.
Андреева Наталья Алексеевна	Научно-исследовательский центр Вооруженных Сил Украины “Государственный океанариум”, ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук, e-mail: nataliy-andreev@yandex.ru.
Артамонова Юлия Владимировна	Саратовский государственный технический университет, аспирант кафедры эргономики и безопасности жизнедеятельности, e-mail: art-julia85@rambler.ru.
Бабаева Милена Искендеровна	Саратовский государственный технический университет, аспирант кафедры эргономики и безопасности жизнедеятельности.
Баевский Алексей Михайлович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры органической химии, e-mail: tgamma@ukr.net, тел. (0652)63-06-90.
Баевский Михаил Юрьевич	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат химических наук, доцент кафедры органической химии, e-mail: b_m_y@mail.ru, тел. (0652) 63-06-90.
Баулин Сергей Иванович	Саратовский государственный университет им. Н.Г.Чернышевского, доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник лаборатории электромагнитных полей.
Белоусов Александр Анатольевич	Селекционно-генетический институт УААН – Национальный центр семеноводства и сортоизучения, лаборатория генетико-биотехнологических медотв селекції кукурудзы, доктор биологических наук, тел. (0482) 395246.

Бирюкова Елена Александровна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, ассистент Центра коррекции функционального состояния, e-mail: biotema@rambler.ru.
Богданова Ольга Дмитриевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: timur@crimea.edu.
Гамма Татьяна Викторовна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: tgamma@ukr.net, тел. (0652)63-06-90.
Горная Оксана Ивановна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: gornaya-o@ukr.net.
Губкина Дарья Геннадьевна	Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Георгиевского, ассистент кафедры нормальной физиологии, e-mail: Gubkina_Danuta@mail.ru.
Гусев Алексей Николаевич	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат химических наук, доцент кафедры общей химии, e-mail: galex0330@rambler.ru.
Давыдов Вадим Вячеславович	ГУ «Институт охраны здоровья детей и подростков АМНУ», доктор медицинских наук, заведующий лабораторией возрастной эндокринологии и обмена веществ, e-mail: davydov@kharkov.com.
Демцун Наталья Александровна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: demtsun@mail.ru.
Джелдубаева Эльвиза Рашидовна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: delviza@rambler.ru.
Епишкин Игорь Владимирович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, соискатель кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: tgamma@ukr.net, тел. 63-06-90
Еременко Игорь Леонидович	Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук, академик РАН, доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией.
Ёлкина Наталья Маратовна	Крымский факультет Запорожского национального университета, преподаватель кафедры физической культуры спорта и здоровья человека, кандидат биологических наук, e-mail: nataleiolkina@gmail.com.

Залевская Ирина Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры биохимии, e-mail: inz3@mail.ru.
Замниус Екатерина Анатольевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, студентка 4 курса химического факультета, специализант кафедры общей химии.
Заячникова Татьяна Валентиновна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, ассистент Центра коррекции функционального состояния человека, тел. (0652) 230290.
Ибрагимова Эвелина Энверовна	РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», кандидат биологических наук, преподаватель кафедры биологии, экологии и безопасности жизнедеятельности, e-mail: evelina_biol@mail.ru.
Кабузенко Светлана Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии растений и биотехнологии, тел (0652) 608465.
Казакова Вера Валентиновна	Крымский медицинский государственный университет им. С.И. Георгиевского, доцент кафедры медицинской биологии, кандидат биологических наук, тел. (0652) 694965.
Кайко Султание Аметовна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, студентка 4 курса биологического факультета, специализантка кафедры физиологии человека и животных и биофизики.
Кириллова Алла Викторовна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики.
Кискин Михаил Александрович	Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук, кандидат химических наук, старший научный сотрудник, e-mail: mkiskin@igic.ras.ru
Ковалевская Елена Эммануиловна	Национальный антарктический научный центр МОН Украины, научный сотрудник.
Коваленко Анна Алексеевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: anna.kovalenco@gmail.com.
Конарева Ирина Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры общей психологии, e-mail: viola@crimea.edu, тел.(0652) 440030.
Кондратьева Наталья Львовна	НИЦ ВСУ «Государственный океанариум», научный сотрудник, e-mail: chechina0001@mail.ru.

Конник Олег Владимирович	Севастопольский научно-производственный центр стандартизации, метрологии и сертификации, директор, кандидат химических наук, доцент, e-mail: stmet@sebastopol.ua.
Коношенко Светлана Владимировна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой биохимии, тел. (0652) 608090.
Коренюк Иван Иванович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: tgamma@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.
Кропотов Валерий Алексеевич	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доцент кафедры физической и аналитической химии, кандидат химических наук, e-mail: vkropotov@crimea.edu.
Куркчи Эмиль Усеинович	РВУЗ «Крымский инженерно- педагогический университет», заведующий лабораторией кафедры трудового обучения, e-mail: csepu@gala.net.
Лесова Людмила Даниловна	РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», кандидат биологических наук, доцент кафедры дефектологии, e-mail: csepu@gala.net.
Лисинчук Вадим Владимирович	Национальный антарктический научный центр МОН Украины, врач 13-й УАЭ.
Луцюк Николай Витальевич	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, младший научный сотрудник по ПНИЛ, e-mail: biofeedback@bk.ru
Ляшенко Валентина Петрівна	Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, доктор біологічних наук, професор кафедри фізіології людини і тварин, e-mail: lyashenkov@mail.ru.
Мадяр Стефан-Апгар Иосифович	Национальный антарктический научный центр МОН Украины, научный сотрудник.
Мельникова Оксана Зинонівна	Запорізький державний медичний університет, кандидат біологічних наук, доцент кафедри медичної фізики, біофізики та вищої математики.

Миронюк Тамила Ивановна	Институт сорбции и проблем эндоэкологии НАН Украины, младший научный сотрудник.
Мишин Николай Петрович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, преподаватель кафедры медико-биологических основ физической культуры, e-mail: nerpa@list.ru.
Моисеенко Евгений Васильевич	Институт физиологии им. А.А.Богомольца НАН Украины, ведущий научный сотрудник, доктор медицинских наук, e-mail: moiseenko@diph.kiev.ua
Нагаева Елена Ивановна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры медико-биологических основ физической культуры, тел. (0652) 250755.
Найдич Сергей Иванович	РВУЗ: «Крымский инженерно-педагогический университет», доцент кафедра физического воспитания, кандидат биологических наук
Недбайло Ирина Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского студентка биологического факультета, специализантка кафедры биохимии, тел.(0652) 608090.
Никипелова Елена Михайловна	УкрНИИ медицинской реабилитации и курортологии Украины, руководитель государственного центра стандартизации и контроля качества природных и приформированных средств, кандидат химических наук.
Никифоров Иван Ростиславович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, тел. (0652) 608603, e-mail: parmenion86@mail.ru
Николенко Светлана Ивановна	УкрНИИ медицинской реабилитации и курортологии Украины, старший научный сотрудник, г. Одесса, тел.725-02-92.
Никольская Виктория Александровна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского кандидат биологических наук, доцент кафедры биохимии, e-mail: arphanisomenon@mail.ru, тел.(0652) 608090.
Омельченко Александр Владимирович	Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского, ведущий специалист, младший научный сотрудник кафедры физиологии растений и биотехнологии, тел. (0652) 608485, e-mail: omesavl@ukr.net.
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.

Панов Иван Наркиссович	КРУ им. Н.А. Семашко, врач высшей категории, тел. (0652) 247512.
Панова Светлана Алексеевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики.
Плотникова Елена Викторовна Подунай Юлия Александровна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, выпускница кафедры биохимии. Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры биохимии, e-mail: grab-ua@yandex.ru.
Полевик Игорь Венедиктович	Крымский государственный медицинский университет им. С.И. Гергиевского, доцент кафедры фармакологии, кандидат медицинских наук, тел. 294890
Попкова Лариса Леонидовна	ЮФ "Крымский агротехнологический университет" НАУ, кандидат биологических наук, доцент кафедры фитодизайна, ботаники и физиологии растений, e-mail: ophris97@rambler.ru.
Раваева Марина Юрьевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, ассистент Центра коррекции функционального состояния человека, e-mail: mravaeva@ukr.net.
Редько Алина Владимировна	ГУ «Институт охраны здоровья детей и подростков АМНУ», аспирант лаборатории возрастной эндокринологии и обмена веществ, e-mail: davydov@kharkov.com
Рогачева Светлана Михайловна	Саратовский государственный технический университет, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой эргономики и безопасности жизнедеятельности, e-mail: smro13@land.ru.
Руднева Ирина Ивановна	Институт биологии южных морей НАН Украины, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела ихтиологии, e-mail: svg-41@mail.ru.
Русанов Эдуард Борисович	Институт органической химии НАН Украины, кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории рентгеноструктурных исследований, e-mail: xray@bpci.kiev.ua
Сафронова Нина Степановна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физической реабилитации, тел. (0652)255047.
Севериновська Анна Леонідівна	Дніпропетровський національний університет ім. Олеся Гончара, студентка кафедри фізіології людини та тварин.

Севериновська Олена Вікторівна	Дніпропетровський національний університет ім. Олеса Гончара, доктор біологічних наук; професор кафедри фізіології людини та тварин, e-mail: e_severinovskaya@mail.ru.
Семенюк Валерій Петрович	Национальный антарктический научный центр МОН Украины, врач 14-й УАЭ.
Серигов Владимир Алексеевич	Селекционно-генетический институт УААН – Национальный центр семеноводства и сортоизучения, лаборатория первичного семеноводства, кандидат сельскохозяйственных наук, тел. (0482) 395246.
Сеттарова Зарема Сеттаровна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, студентка 5 курса биологического факультета, специализантка кафедры физиологии человека и животных и биофизики.
Сидоренко Ганна Григорівна	Дніпропетровський національний університет імені Олеса Гончара, викладач кафедри фізіології людини і тварин, e-mail: annuschka_@mail.ru.
Симчук Андрей Павлович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кафедра экологии и рационального природопользования, доктор биологических наук, e-mail: ecology@crimea.edu.
Ставицкая Светлана Сафоновна	Институт сорбции и проблем эндоекологии НАН Украины, кандидат химических наук, старший научный сотрудник.
Сухова Лилия Леонидовна	ГУ «Институт охраны здоровья детей и подростков АМНУ», кандидат биологических наук, старший лаборант с в/о лаборатории возрастной эндокринологии и обмена веществ, e-mail: sukhova@inbox.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.
Теплицкая Людмила Михайловна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии растений и биотехнологии, e-mail: btc@tnu.crimea.ua.
Трибрат Наталья Сергеевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: tribratnatalia@rambler.ru
Хусаинов Денис Рашидович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: tgamma@ukr.net.

Чаус Тетяна Григорівна	Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, кандидат біологічних наук, доцент кафедри фізіології людини і тварин, e-mail: annuschka_@mail.ru.
Черетаєв Игорь Владимирович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: 5612178@ukr.net.
Черный Сергей Васильевич	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, младший научный сотрудник по ПНИЛ, кандидат биологических наук, e-mail: neurolab@mail.ru.
Чечина Ольга Николаевна	НИЦ ВСУ «Государственный океанариум», ведущий научный сотрудник, доктор биологических наук, e-mail: chechina0001@mail.ru.
Чуян Евгений Викторович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, младший научный сотрудник по ПНИЛ, e-mail: timur@crimea.edu.
Чуян Елена Николаевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой физиологии человека и животных и биофизики, директор Центра коррекции функционального состояния человека, e-mail: elena-chuyan@rambler.ru.
Шейх-Заде Мамет - Исмет	РВУЗ «Крымский инженерно- педагогический университет», доцент кафедры трудового обучения, кандидат физико-математических наук, e-mail: csepu@gala.net.
Шульгин Виктор Федорович	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой общей химии, e-mail: vshul@crimea.edu.
Эйсмонт Евгения Владимировна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, младший научный сотрудник по ПНИЛ, e-mail: jema07@mail.ru, тел. 63-75-56
Эмирова Диляра Энверовна	РВУЗ «Крымский инженерно-педагогический университет», аспирант кафедры биологии, экологии и безопасности жизнедеятельности, e-mail: emirovadilyara@mail.ru.
Ярмолюк Наталья Сергеевна	Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского, аспирант кафедры физиологии человека и животных и биофизики, e-mail: nat_yarm@mail.ru.

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Андреева Н. А.

МИКРОФЛОРА ОРГАНОВ ПОГИБШИХ ДЕЛЬФИНОВ-АФАЛИН3

**Артамонова Ю.В., Рогачева С.М., Бабаева М.И., Баулин С.И., Чуюн Е.Н.,
Джелдубаева Э.Р.**

СОЧЕТАННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
НИЗКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ И ИОНОВ СВИНЦА НА ЖИВОТНЫХ.....9

Бирюкова Е.А., Чуюн Е.Н., Богданова О.Д.

СИНХРОНИЗАЦИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В КАРДИО-
РЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЕ У ИСПЫТУЕМЫХ С РАЗНЫМ ТИПОМ
ВЕГЕТАТИВНОЙ РЕГУЛЯЦИИ18

**Гамма Т.В., Епишкин И.В., Хусаинов Д.Р., Баевский М.Ю., Баевский А.М.,
Коренюк И.И.**

ПРОТИВОБОЛЕВЫЕ ЭФФЕКТЫ НОВОСИНТЕЗИРОВАННЫХ
ПРОИЗВОДНЫХ 1,5-БЕНЗОДИАЗЕПИНОНА-230

Губкина Д.Г., Кайко С.А., Сеттарова З.С., Павленко В.Б.

ИЗМЕНЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВАРИАЦИОННОЙ ПУЛЬСОМЕТРИИ
ПОД ВЛИЯНИЕМ СЕАНСОВ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПО ЭЭГ36

Демцун Н.А.

ОСОБЕННОСТИ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ
РЕГЕНЕРИРУЮЩИХ ПЛАНАРИЙ В РАЗЛИЧНЫЕ СЕЗОНЫ ГОДА.....41

Ёлкина Н.М., Коношенко С.В., Плотникова Е.В., Казакова В.В.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ
ЭРИТРОЦИТОВ В УСЛОВИЯХ ИНИЦИАЦИИ ОКИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕАКЦИЙ
IN VITRO В ПРИСУТСТВИИ ГЛЮКОЗЫ РАЗНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ50

Ибрагимова Э.Э.

ИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ЭКОСИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЫЛЬЦЫ
PINUS SYLVESTRIS L.54

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

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ КРАТКОСРОЧНОЙ ПАМЯТИ У ДЕТЕЙ66

Коваленко А.А.

ВЛИЯНИЕ ТРЕВОЖНОСТИ НА ВОСПРИЯТИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНО ЗНАЧИМЫХ
СТИМУЛОВ У ЧЕЛОВЕКА72

Конарева И.Н.

ИЗМЕНЕНИЯ ЭЭГ ЧЕЛОВЕКА ПОД ДЕЙСТВИЕМ АДАПТОГЕНОВ
РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ81

Костюк А. С., Темурьянц Н. А. ИЗМЕНЕНИЕ ИНФРАДИАННОЙ РИТМИКИ БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ МОЛЛЮСКОВ <i>HELIX ALBESCENS</i> ПРИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ЭКРАНИРОВАНИИ	87
Мишин Н.П. РЕФЛЕКТОРНЫЕ ЭФФЕКТЫ МИОРЕЛАКСАЦИИ У СПОРТСМЕНОВ И ЛИЦ, НЕ ЗАНИМАЮЩИХСЯ СПОРТОМ.....	95
Никольская В.А., Недбайло И.Н. ВЛИЯНИЕ ГИПЕРИНСУЛИНЕМИИ НА ОТДЕЛЬНЫЕ БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ У БОЛЬНЫХ С НАДПОЧЕЧНИКОВОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТЬЮ	106
Омельченко А.В., Кабузенко С.Н., Белоусов А.А., Сериков В.А. ЛОКАЛИЗАЦИЯ НАТРИЯ В КОМПАРТМЕНТАХ ТКАНЕЙ КОРНЕЙ И НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ ГИБРИДОВ КУКУРУЗЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ В СВЯЗИ С ИХ СОЛЕУСТОЙЧИВОСТЬЮ	112
Панова С.А., Нагаева Е.И., Кириллова А.В., Панов И.Н. ВЛИЯНИЕ ТРЕНИРОВКИ МЕЛКОЙ МОТОРИКИ НА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДЕТЕЙ С ЗАДЕРЖКОЙ ПСИХИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ	122
Подунай Ю.А., Залевская И.Н., Руднева И.И. ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА АКТИВНОСТИ КАТЕПСИНОВ И СОДЕРЖАНИЯ СРЕДНЕМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПЕПТИДОВ В МЫШЦАХ МОРСКОГО ЕРША	128
Попкова Л.Л., Теплицкая Л.М. ПРОЦЕССЫ МОРФОГЕНЕЗА В ДЛИТЕЛЬНО КУЛЬТИВИРУЕМЫХ КАЛЛУСАХ БОЯРЫШНИКА ПОЯРКОВОЙ (<i>CRATAEGUS ROJARKOVAE</i> KOSSYCH).....	135
Редько А.В., Сухова Л.Л., Давыдов В.В. АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ КАТАБОЛИЗМА КАРБОНИЛЬНЫХ ПРОДУКТОВ ОБМЕНА В СУБКЛЕТОЧНЫХ ФРАКЦИЯХ МОЗГА И ПЕЧЕНИ КРЫС ПУБЕРТАТНОГО ВОЗРАСТА	145
Сафронова Н.С., Найдич С.И., Полевик И.В. ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ НАГРУЗОК И ПРИЕМА ЭНЕРГИИ НА ФОРМИРОВАНИЕ НЕСПЕЦИФИЧЕСКИХ АДАПТАЦИОННЫХ РЕАКЦИЙ ОРГАНИЗМА ФУТБОЛИСТОВ.....	152
Севериновская Е.В., Абрамова К.В., Севериновская А.Л. ВЛИЯНИЕ КРАТКОВРЕМЕННОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАГРУЗКИ НА СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТУЮ СИСТЕМУ У ДЕТЕЙ РАЗНЫХ ВОЗРАСТНЫХ ГРУПП.....	158
Сидоренко Г. Г., Чаус Т. Г., Ляшенко В. П., Мельникова О. З. ФОРМУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ АКТИВНОСТІ ГІПОКАМПА ЗА УМОВ ДОВГОТРИВАЛОГО СТРЕСУ І МОДУЛЮЮЧОЇ ДІЇ НЕЙРОФАРМАКОЛОГІЧНИХ ЛІГАНДІВ	167

Симчук А.П. ВНУТРИПОПУЛЯЦИОННАЯ ДИФФЕРЕНЦИАЦИЯ ТРОФИЧЕСКИХ НИШ ПАРАЗИТОВ ЗЕЛЕННОЙ ДУБОВОЙ ЛИСТОВЕРТКИ В МИКРОСООБЩЕСТВАХ ДУБРАВ КРЫМА	174
Трибрат Н.С., Чуян Е.Н., Раваева М.Ю. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ РАЗЛИЧНОГО ДИАПАЗОНА НА ПРОЦЕССЫ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ	182
Черетаев И.В., Хусаинов Д.Р., Коренюк И.И., Гамма Т.В. ХАРАКТЕРИСТИКА И МЕХАНИЗМЫ ИМПУЛЬСНОЙ АКТИВНОСТИ НЕЙРОНОВ ВИНОГРАДНОЙ УЛИТКИ.....	202
Черный С.В., Моисеенко Е.В., Павленко В.Б., Семенюк В.П., Лисинчук В.В., Коваленко А.А, Мадяр С.-А. И., Ковалевская Е.Э. ПЕРЕСТРОЙКИ ЦЕРЕБРАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОГЕНЕЗА ЧЕЛОВЕКА ПОСЛЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОЙ АНТАРКТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕДИЦИИ	216
Чечина О.Н., Кондратьева Н.Л. ВАРИАЦИИ ДЫХАТЕЛЬНОГО РИТМА У ДЕТЕНЫШЕЙ АФАЛИНЫ (<i>TURSIOPS TRUNCATUS</i>) В РАННЕМ ПОСТНАТАЛЬНОМ ПЕРИОДЕ	231
Чуян Е.Н., Ананченко М.Н. ИНДИВИДУАЛЬНО-ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССОВ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ: ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	236
Чуян Е.Н., Заячникова Т.В., Горная О.И. МОДИФИЦИРУЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ГИПОКИНЕТИЧЕСКОГО СТРЕССА НА ИЗМЕНЕНИЕ БОЛЕВОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ У КРЫС ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ВЫЗВАННОЙ ТОНИЧЕСКОЙ СОМАТИЧЕСКОЙ БОЛИ.....	255
Чуян Е.Н., Никифоров И.Р., Раваева М.Ю., Бирюкова Е.А., Чуян Е.В., Богданова О.Д. ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ММ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И ФРАКТАЛЬНОЙ НЕЙРОДИНАМИКИ	268
Эйсмонт Е.В., Алиева Т.А., Луцук Н.В., Павленко В.Б. КОРРЕКЦИЯ ТРЕВОЖНОСТИ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ С ПОМОЩЬЮ КУРСА СЕАНСОВ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ.....	286
Эмирова Д.Э. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИТОТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ПЕСТИЦИДА БИ-58 НА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ КУЛЬТУРЫ	295

Ярмолюк Н.С. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ НА РЕГЕНЕРАЦИЮ ПЛАНАРИЙ <i>DUGESIA TIGRINA</i> С РАЗЛИЧНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ АСИММЕТРИЕЙ	302
--	-----

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Кропотов В.А. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ПАРАМЕТРОВ КРИВОЙ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО ТИТРОВАНИЯ СЛАБОЙ ДВУХОСНОВНОЙ КИСЛОТЫ	311
Куркчи Э.У., Шейх-Заде М.И. ПРИМЕНЕНИЕ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА ПРИВЕДЕННЫЙ МОМЕНТ ИНЕРЦИИ МОЛЕКУЛ 2-НИТРО-3-МЕТИЛФЕНОЛА	317
Никипелова Е.М., Ставицкая С.С., Николенко С.И., Миронюк Т.И. МИКРОБНЫЙ СОСТАВ И БАКТЕРИЦИДНЫЕ СВОЙСТВА БИОКОМПЛЕКСОВ ПРИРОДНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ И ИХ УГЛЕРОДНЫХ КОМПОЗИТОВ.....	322
Шульгин В.Ф., Абхаирова С.В., Конник О.В., Кискин М.А., Еременко И.Л. МОЛЕКУЛЯРНОЕ СТРОЕНИЕ И КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА БИЯДЕРНОГО КОМПЛЕКСА ЛАНТАНА С 5-ГИДРОКСИ-3-МЕТИЛ-1-ФЕНИЛ- 4-ФОРМИЛ-ПИРАЗОЛОМ	332
Шульгин В.Ф., Русанов Э.Б., Гусев А.Н., Замниус Е.А., Конник О.В. СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СТРОЕНИЯ БИЯДЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ МЕДИ(II) НА ОСНОВЕ АЦИЛГИДРАЗОНОВ N-ЗАМЕЩЕННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ АСПАРАГИНОВОЙ КИСЛОТЫ	338
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ	346
СОДЕРЖАНИЕ	354