УДК [612.82:616.839]-053.6

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЙ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ БИОУПРАВЛЕНИИ ПАРАМЕТРАМИ РИТМА СЕРДЦА У ПОДРОСТКОВ ПРИПОЛЯРНОГО РЕГИОНА

[1,2]Поскотинова Л.В., [1]Демин Д.Б., [1]Кривоногова Е.В.

[1]Институт физиологии природных адаптаций Уральского отделения Российской академии наук, Архангельск, e-mail: liliya200572@mail.ru;

[2]Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова

Целью исследования являлось изучение спектральных параметров электроэнцефалограммы в фоне и после однократного сеанса биоуправления с целью усиления вагусных влияний на ритм сердца у подростков 14 и 16–17 лет, проживающих в приполярных районах Архангельской области. Выявлены различные варианты изменений спектральных характеристик электроэнцефалограммы у подростков в активную фазу становления пубертата (14 лет) и наиболее однонаправленные изменения электроэнцефалограммы на завершающем этапе пубертата (16–17 лет). У подростков 16–17 лет после сеанса биоуправления увеличение суммарной мощности спектра вариабельности сердечного ритма сопровождалось повышением спектральной мощности альфа-активности в центральных, передних и височных областях мозга. При этом в правых центральной, лобной и височной областях регистрировали снижение тета-активности и повышение бета[1]-активности головного мозга. Полученные результаты рассматриваются с позиции оптимизации корково-подкорковых взаимоотношений при активизации вагусных резервов сердечной деятельности у подростков в дискомфортных условиях Севера.

Ключевые слова: электроэнцефалограмма, вариабельность сердечного ритма, биоуправление, подростки, Север

AGE FEATURES OF A BRAIN BIOELECTRIC ACTIVITY DURING HRV BIOFEEDBACK SESSION IN ADOLESCENTS OF SUBPOLAR REGION

[1,2]Poskotinova L.V., [1]Demin D.B., [1]Krivinogova E.V.

[1]The Institute of Environmental Physiology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, e-mail: liliya200572@mail.ru;

[2]Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov

The aim was to investigate a spectral parameters of electroencephalogram before and after an once session of heart rate variability (HRV) biofeedback to increase in vagal influences on a heart rhythm in adolescents 14 and 16–17 years living in Subpolar region of the Arkhangelsk area. There were revealed various variants of spectral characteristics of an electroencephalogram in persons 14 years old and more specific electroencephalogram pattern in persons 16–17 years old. An increase in total power of HRV after a once session of HRV was accompanied by rising of spectral power of alpha activity in the central, frontal and temporal brain regions. Thus in the right central, frontal and temporal brain regions registered depression of theta-activity and rising of beta[1]-activity of a brain. The results are discussed from the perspective of optimizing the cortico-subcortical interrelations during increase in reserves of vagal activity in adolescents in uncomfortable environment of the North.

Keywords: electroencephalogram, heart rate variability, HRV biofeedback, adolescents, the North

Проблема коррекции вегетативных дисфункций у подростков циркумполярных территорий остается актуальной. Реактивность симпатического отдела вегетативной регуляции сердечной деятельности у подростков Севера достаточно высока и зависит от продолжительности светового дня, широты проживания и сезонных гормональных перестроек [8, 10, 13]. Одним из перспективных методов немедикаментозной коррекции сердечного ритма, при котором происходит усиление вагусных влияний на ритм сердца, сосудистой дистонии является метод биоуправления параметрами вариабельности снижения явлений симпатикотонии [12, 14]. При этом наблюдаются и различные варианты перестроек в амплитудно-частотной структуре биоэлектрической активности головного мозга, которые, в свою очередь, зависят от исходных уровней активности тиреоидной и серотонинергической систем [3, 4, 5, 6]. Учитывая разные уровни сформированности биоэлектрического паттерна головного мозга на различных возрастных этапах пубертата, представляется важным определить направленность изменений электрофизиологических свойств головного мозга при биоуправлении параметрами ритма сердца у подростков в зависимости от их возраста в условиях приполярного региона. В связи с вышеизложенным цель работы заключалась в выявлении изменений спектральной мощности электроэнцефалограммы (ЭЭГ) у подростков-северян 14 и 16–17 лет в результате однократного сеанса биоуправления с целью усиления вагусных влияний на ритм сердца.

Материалы и методы исследования

Обследованы 43 учащихся двух сельских общеобразовательных средних школ Приморского района Архангельской области – 20 учащихся 8 класса в возрасте 14 лет (12 мальчиков и 8 девочек) и 23 учащихся 11 класса в возрасте 16–17 лет (10 мальчиков и 13 девочек). Все обследованные лица не имели острых заболеваний на момент обследования, неврологических нарушений и кардинальной патологии в анамнезе. От всех учащихся и их родителей было получено информированное согласие на участие в исследовании, одобренном биоэтическим комитетом Института физиологии природных адаптаций УрО РАН. Регистрацию показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) проводили в положении сидя с помощью прибора «Варикард» («Рамена», Россия) [1]. Для реализации принципа биологической обратной связи (БОС) обследуемый получал на экране монитора информацию о состоянии суммарной мощности спектра ВСР – Total Power (TP, мс^2) с обновлением показателя каждые 5 секунд. Формирование состояния, отражающего изменение выбранного параметра, производилось посредством стратегии «свободного поиска» – сочетание спокойного глубокого дыхания с эффективным плавным выдохом, мышечной расслабленности и создания положительно окрашенных мысленных образов [11]. Критерием эффективности БОС-тренинга считали повышение суммарной мощности спектра ВСР и снижение индекса напряжения регуляторных систем (ИН). В исследовании представлены данные тех учащихся, у которых исходные показатели ВСР свидетельствовали о нормо- и симпатикотонии (ИН > 50 усл. ед.). ЭЭГ регистрировали в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами на ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131-03» (НПКФ «Медиком МТД», Россия) монополярно от 16 стандартных отведений (O1, O2, P3, P4, C3, C4, F3, F4, Fp1, Fp2, F7, F8, T3, T4, T5, T6) с ушными референтными электродами (A1 слева, A2 справа), установленных по международной системе 10–20 в полосе 1–30 Гц. Схема сеанса включала следующие этапы:

1) 5-минутная запись ЭЭГ с закрытыми глазами (регистрация фона, реакция активации) с одновременной регистрацией параметров ВСР;

2) 5-минутная процедура БОС-тренинга, проводимая с открытыми глазами по вышеописанной методике без регистрации ЭЭГ;

3) 5-минутная запись ЭЭГ с закрытыми глазами (реакция последействия) с одновременной регистрацией параметров ВСР.

При оценке ЭЭГ каждого испытуемого выделяли безартефактные отрезки записи, абсолютные значения мощностей спектра в мкВ^2 анализировали по тета – (4–8 Гц), альфа – (8–13 Гц), бета$_1$ – (13–24 Гц) диапазонам. Изменения дельта-активности (1–4 Гц) не рассматривались, так как дельта-волны были единичными, не превышающими амплитуды доминирующей активности головного мозга. Статистическую обработку полученных результатов проводили непараметрическими методами с помощью компьютерного пакета прикладных программ Statistica 5.5 («StatSoft», США). Учитывали медиану (Me) и межквартильный размах при 25 и 75 % уровнях значений выборки. Для проверки статистической гипотезы межгрупповой разности использовали для трех зависимых выборок критерий χ-квадрат при ранговом дисперсионном анализе ($df = 2$, $p < 0{,}05$) и для двух зависимых выборок критерий Вилкоксона ($p < 0{,}05$).

Результаты исследования и их обсуждение

Предварительно проведенный анализ не выявил выраженных половых различий при реактивности вегетативных и мозговых структур при сеансе биоуправления, что позволило объединить данные лиц мужского и женского пола. У подростков независимо от возраста при сеансе биоуправления происходило усиление вагусных влияний на ритм сердца – значимое повышение показателя TP, у подростков 14 лет – показателя pNN50 (процент последовательных пар кардиоинтервалов, различающихся более, чем на 50 мсек за время записи), а также значимое снижение ИН (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Показатели ВСР у подростков 14 лет в динамике сеанса биоуправления параметрами ритма сердца (Me (25;75))

	Фон (1)	БОС (2)	Последействие (3)	
ЧСС, уд./мин	85,61 (79,30; 92,98)	85,94 (79,49; 92,27)	88,80 (82,88; 92,08)	$p_{1-2} > 0{,}05$; $p_{2-3} > 0{,}05$ $p_{1-3} > 0{,}05$
pNN50, %	14,68 (9,11;30,04)	21,27 (13,34;33,42)	14,54 (4,59;25,06)	$p_{1-2} = 0{,}045$; $p_{2-3} < 0{,}001$ $p_{1-3} = 0{,}010$
TP, мс^2	2015,52 (1454,11; 2745,81)	3937,45 (3167,92; 5268,57)	1924,16 (1413,06; 2722,94)	$p_{1-2} < 0{,}001$; $p_{2-3} < 0{,}001$ $p_{1-3} > 0{,}05$
ИН, усл.ед.	133,24 (102,42; 173,55)	71,58 (65,58; 92,72)	141,57 (88,53; 220,14)	$p_{1-2} < 0{,}001$; $p_{2-3} < 0{,}001$ $p_{1-3} = 0 > 0{,}05$

Таблица 2

Показатели ВСР у подростков 16–17 лет в динамике сеанса биоуправления параметрами ритма сердца (Me (25;75))

	Фон	БОС	Последействие	
ЧСС, уд./мин	77,64 (68,76;82,18)	78,58 (72,68;83,63)	78,88 (69,85;82,21)	$p_{1-2} > 0,05$; $p_{2-3} > 0,05$ $p_{1-3} > 0,05$
pNN50, %	24,15 (13,27;42,51)	30,21 (17,59;37,36)	17,72 (11,17;35,31)	$p_{1-2} > 0,05$; $p_{2-3} > 0,05$ $p_{1-3} = 0,019$
TP, мс^2	2477,63 (1593,80; 3409,33)	4936,74 (3006,36;5 622,66)	2341,92 (1742,77;3598,39)	$p_{1-2} < 0,001$; $p_{2-3} < 0,001$ $p_{1-3} = 0,223$
ИН, усл.ед.	85,28 (59,40;147,11)	50,36 (37,94;93,99)	101,26 (65,76;166,28)	$p_{1-2} < 0,001$; $p_{2-3} < 0,001$ $p_{1-3} = 0,673$

В ходе сеанса БОС-тренинга также наблюдали сдвиг доминирующего пика спектральной мощности ВСР в низкочастотный диапазон, что может указывать на активизацию барорефлекторных механизмов. Тем не менее детальный анализ изменений спектральных показателей различных частотных диапазонов при таком воздействии не представлялся возможным для однозначной интерпретации и нуждается в отдельном исследовании, так как все испытуемые стремились замедлить ритм дыхания менее 9 дыхательных циклов в минуту, особенно мальчики. На этапе последействия, когда обследуемый переходил в состояние, аналогичное исходному фону, показатели ВСР стремились к фоновым значениям.

Изменения биоэлектрической активности головного мозга у 14-летних подростков были разнонаправленные после сеанса БОС-тренинга. Общегрупповые изменения мощностей спектров ЭЭГ выражались лишь в значимом снижении тета-активности в префронтальной области справа (F4-A2, $p = 0,035$) и повышении бета$_1$-активности в сенсомоторной зоне справа (C3-A1, $p = 0,025$). Повышение мощности спектра альфа-активности в затылочных областях (O1, O2) на этапе последействия выявлено у 10 человек, а понижение у 11 человек. Таким образом, у подростков 14 лет выявлены различные варианты реактивности мозговых структур на однократный сеанс биоуправляемого повышения вагусных влияний на ритм сердца [5].

У старших подростков 16–17 лет реакция на процедуру биоуправления была более определенной (табл. 3). Разнонаправленные изменения значений мощностей спектра ЭЭГ касались лишь затылочных и теменных областей (у 13 человек было здесь повышение, а у 10 человек снижение мощности альфа-активности), что не позволило получить здесь общегрупповых статистически значимых различий (значения в областях P3-P4 в табл. 3 опущены). В центральных, передних и височных областях мозга наблюдали повышение альфа-активности, а в правых центральной, лобной и височной областях регистрировали сдвиг частотных характеристик ЭЭГ в сторону более высоких частот. Так, в отведениях C4, F4 и T4 наблюдали значимое снижение тета-активности после БОС-тренинга, в то время как в C4, T4 и F8 происходило значимое усиление бета$_1$-активности.

Заключение

Достижение успеха в саморегуляции с целью усиления вагусных влияний на ритм сердца достигается различными стратегиями у подростков в активную фазу становления пубертата (14 лет) и наиболее однонаправленны на завершающем этапе пубертата (16–17 лет). При этом у одних индивидуумов происходит десинхронизация основного ритма в области зрительной коры, у других гиперсинхронизация данного вида ритма, что отражает доминирующую роль либо восходящих активирующих влияний ретикулярной формации либо таламических структур на кору больших полушарий. Сочетанное усиленное влияние таламических и стволовых структур на биоэлектрогенез коры обусловливает усиление альфа-активности в центральных и передних областях мозга [2]. Усиление бета$_1$-активности в правой центрально-передневисочной области свидетельствует о вовлечении сенсо-моторной области

коры и медио-базальных, возможно эмоциогенных структур [7] при реализации индивидуальной стратегии эффективности биоуправления как вида когнитивной деятельности. Более выраженные перестройки биоэлектрического паттерна в правых отделах головного мозга свидетельствуют также об активизации центральных мозговых структур, связанных с сердечно-сосудистой афферентацией [15], что может оптимизировать вегетативную регуляцию сердечной деятельности организма. Снижение выраженности медленно-волновых и повышение роли высокочастотных ритмов в центральных и передних отделах мозга после данного вида БОС-тренинга отражают процессы снижения активности глубинных структур и повышения активности коры мозга. Это также является фактором оптимизации возрастного становления нейрофизиологических функций у подростка, особенно в условиях дискомфортной среды Севера.

Таблица 3

Показатели ЭЭГ (в мкВ^2) у подростков 16-17 лет до и после сеанса биоуправления параметрами ВСР (Me (25;75)), *n* = 23

	тета 4-8 Гц			альфа 8-13 Гц			бета$_1$ 13-24 Гц		
	Фон	Последействие		Фон	Последействие		Фон	Последействие	
O1-A1	13,10 (7,73;27,55)	13,17 (8,45;22,53)		73,89 (41,06;143,85)	99,30 (54,41;152,06)		17,20 (12,84;23,44)	18,68 (12,03;26,25)	
O2-A2	15,06 (11,16;22,39)	12,77 (7,94;20,22)		99,37 (38,94;168,45)	101,12 (48,28;225,78)		18,94 (12,52;29,72)	17,97 (12,05;25,53)	
C3-A1	18,64 (14,31;28,15)	18,59 (14,09;23,48)		30,50 (15,02;57,97)	30,93 (18,40;75,32)	p = 0,007	9,33 (6,84;13,10)	9,93 (7,05;13,41)	
C4-A2	19,47 (12,21;25,21)	18,54 (12,05;22,53)	p = 0,04	35,85 (15,94;52,95)	36,49 (17,50;70,88)	p = 0,03	8,72 (6,13;13,77)	11,08 (6,48;14,32)	p = 0,025
F3-A1	19,18 (14,16;26,70)	18,57 (14,84;24,27)		27,75 (15,15;41,50)	29,83 (16,15;53,23)	p = 0,006	9,31 (6,50;14,39)	9,21 (6,49;15,00)	
F4-A2	17,84 (14,67;21,38)	16,61 (13,84;22,27)	p = 0,032	26,39 (14,60;43,35)	29,96 (14,45;49,98)	p = 0,007	7,87 (5,95;14,45)	9,77 (5,76;15,40)	
Fp1-A1	14,56 (10,88;19,58)	14,70 (11,12;18,54)		18,40 (11,77;30,54)	19,42 (12,37;30,87)	p = 0,007	8,18 (4,97;9,40)	7,46 (5,47;9,34)	
Fp2-A2	16,58 (10,89;22,39)	16,09 (10,30;22,02)		21,36 (12,32;35,63)	26,57 (13,34;34,13)	p = 0,007	7,17 (5,47;11,01)	7,27 (5,59;11,47)	
F7-A1	9,12 (6,91;11,60)	8,44 (5,88;10,58)		12,74 (7,59;20,36)	14,61 (8,73;22,85)	p = 0,005	5,49 (3,29;6,55)	5,79 (3,48;7,52)	
F8-A2	8,91 (5,78;12,34)	8,78 (6,02;11,32)		14,00 (8,11;21,44)	16,21 (6,68;27,49)	p = 0,003	5,95 (3,44;8,61)	7,16 (4,19;9,41)	p = 0,010
T3-A1	8,92 (7,70;12,95)	8,57 (6,67;13,29)		16,13 (8,12;27,14)	15,88 (9,69;30,84)		6,08 (5,15;8,83)	6,61 (4,79;8,60)	
T4-A2	9,25 (6,53;11,72)	8,61 (6,02;10,14)	p = 0,037	17,77 (7,02;25,72)	17,80 (7,91;27,26)	p = 0,045	5,89 (4,27;9,03)	6,65 (4,42;9,36)	p = 0,020
T5-A1	11,34 (6,64;17,34)	9,94 (6,13;14,99)		35,48 (13,98;60,03)	38,49 (14,25;62,39)	p = 0,015	9,61 (6,48;15,85)	10,85 (7,18;15,34)	
T6-A2	9,39 (6,49;18,27)	9,73 (6,36;17,25)		49,38 (16,97;70,52)	50,50 (19,21;79,87)	p = 0,024	8,91 (4,98;14,98)	8,42 (5,00;16,33)	

Работа поддержана грантом Президиума УрО РАН №12-У-4-1019.

Список литературы

1. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Л.В. Чирейкин и др. // Вестник аритмологии. – 2001. – №24. – С. 65–87.

2. Болдырева Г.Н. Электрическая активность мозга человека при поражении диэнцефальных и лимбических структур. – М.: Наука, 2000. – 181 с.

3. Дёмин Д.Б., Поскотинова Л.В., Кривоногова Е.В. Роль фонового тиреоидного статуса в изменении ЭЭГ подростков при биоуправлении параметрами сердечного ритма // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. – 2011. – Т. 97, № 11. – С. 1262–1269.

4. Кривоногова Е.В., Поскотинова Л.В., Дёмин Д.Б. Сравнительный анализ структуры ЭЭГ и параметров вариабельности сердечного ритма при БОС-тренинге в зависимости от уровня серотонина в сыворотке крови девушек 15–17 лет // Бюллетень сибирской медицины. – 2011. – Т. 10, № 4. – С. 21–26.

5. Кривоногова Е.В., Поскотинова Л.В., Дёмин Д.Б. Эффективность функционального биоуправления вегетативными параметрами и биоэлектрическая активность головного мозга у подростков // Экология человека. – 2009. – № 12. – С. 39–42.

6. Кривоногова Е.В., Поскотинова Л.В.Соотношение уровня тиреоидных гормонов и показателей вариабельности ритма сердца у подростков в контрастные сезоны года на Севере // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. – 2008. – Т. 87, № 6. – С. 149–152.

7. Лапшина Т.Н. Психофизиологическая диагностика эмоций человека по показателям ЭЭГ: дис. … канд. психол. наук. – М., 2007. – 133 с.

8. Меньшикова Л.И., Макарова В.И. Основные проблемы здоровья детей на Севере России // Экология человека. – 2003. – №1. – С. 39–41.

9. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения. – Иваново: Иван. гос. мед. академия, 2002. – 290 с.

10. Об этнической обусловленности значений артериального давления у детей, проживающих в регионах

Крайнего Севера / В.Г. Часнык, О.А. Кононова, Е.В. Синельникова и др. // Якутский медицинский журнал. – 2005. – №4. – С. 8–10.

11. Поскотинова Л.В., Семенов Ю.Н. Способ коррекции вегетативных дисбалансов с помощью комплекса для обработки кардиоинтервалограмм и анализа вариабельности сердечного ритма «Варикард 2.51», работающего под управлением компьютерной программы ISCIM 6.1 (BUILD 2.8), с использованием биологической обратной связи // Патент России 2317771. Бюл. № 6.

12. Пятакович Ф.А., Якунченко Т.И. Разработка условно-вероятностных моделей паттернов вариативности межпульсовых интервалов для оптимизации диагностики успешности и эффективности проведенного биоуправляемого игрового тренинга // Успехи современного естествознания. – 2010 – № 10. – С. 68–71.

13. Токарев С.А., Буганов А.А., Уманская Е.Л. Предикторы и пути профилактики сердечно-сосудистой патологии у подростков Крайнего Севера // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. – 2005. – Т.4, №2. – С. 83–86.

14. Heart Rate Variability Biofeedback Increases Baroreflex Gain and Peak Expiratory Flow / Paul M. Lehrer, Evgeny Vaschillo, Bronya Vaschillo et al. // Psychosomatic Medicine – 2003. – Vol. 65. – P. 796–805.

15. The effect of lateral visual fixation and the direction of eye movements on heartbeat discrimination / J. Weisz, L. Balazs, E. Lang, G. Adam // Psychophysiology. – 1990. – Vol. 27, № 4. – P. 527–533.

References

1. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnykh elektrokardiograficheskikh sistem (metodicheskie rekomendatsii). R.M. Baevskiy, G.G. Ivanov, L.V. Chireykin i dr. – Vestnik aritmologii, 2001, no. 24, pp. 65–87.

2. Boldyreva G.N. Elektricheskaya aktivnost' mozga cheloveka pri porazhenii dientsefal'nykh i limbicheskikh struktur. Moskow, Nauka, 2000. 181 p.

3. Demin D.B., Poskotinova L.V., Krivonogova E.V. Rol' fonovogo tireoidnogo statusa v izmenenii EEG podrostkov pri bioupravlenii parametrami serdechnogo ritma – Rossiyskiy fiziologicheskiy zhurnal im. I.M. Sechenova, 2011, T. 97, no. 11, pp. 1262–1269.

4. Krivonogova E.V., Poskotinova L.V., Demin D.B. Sravnitel'ny analiz struktury EEG i parametrov variabel'nosti serdechnogo ritma pri BOS-treninge v zavisimosti ot urovnya serotonina v syvorotke krovi devushek 15-17 let – Byulleten' sibirskoy meditsiny, 2011, T. 10, no. 4, pp. 21–26.

5. Krivonogova E.V., Poskotinova L.V., Demin D.B. Effektivnost' funktsional'nogo bioupravleniya vegetativnymi parametrami i bioelektricheskaya aktivnost' golovnogo mozga u podrostkov – Ekologiya cheloveka, 2009, no. 12, pp. 39–42.

6. Krivonogova E.V., Poskotinova L.V. Sootnoshenie urovnya tireoidnykh gormonov i pokazateley variabel'nosti ritma serdtsa u podrostkov v kontrastnye sezony goda na Severe – Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo, 2008, T. 87, no. 6, pp. 149–152.

7. Lapshina T.N. Psikhofiziologicheskaya diagnostika emotsiy cheloveka po pokazatelyam EEG: diss. … kand.psikhol. nauk, Moskva, 2007. 133 p.

8. Men'shikova L.I., Makarova V.I. Osnovnye problemy zdorov'ya detey na Severe Rossii – Ekologiya cheloveka, 2003, no. 1, pp. 39–41

9. Mihaylov V.M. Variabel'nost' ritma serdtsa: opyt prakticheskogo primeneniya. Ivanovo: Ivan. gos. med. akademiya, 2002. 290 p.

10. Ob etnicheskoy obuslovlennosti znacheniy arterial'nogo davleniya u detey, prozhivayuschikh v regionakh Kraynego Severa. V.G. Chasnyk, O.A.Kononova, E.V.Sinel'nikova i dr. – Yakutskiy medicinskiy zhurnal, 2005, no.4, pp. 8–10.

11. Poskotinova L.V., Semenov Yu.N. Sposob korrektsii vegetativnyh disbalansov s pomosch'yu kompleksa dlya obrabotki kardiointervalogramm i analiza variabel'nosti serdechnogo ritma «Varikard 2.51», rabotayuschego pod upravleniem komp'yuternoy programmy ISCIM 6.1 (BUILD 2.8), s ispol'zovaniem biologicheskoy obratnoy svyazi. Patent Rossii 2317771. Byul. no. 6.

12. Pyatakovich F.A., Yakunchenko T.I. Razrabotka uslovno-veroyatnostnykh modeley patternov variativnosti mezhpul'sovykh intervalov dlya optimizatsii diagnostiki uspeshnosti i effektivnosti provedennogo bioupravlyaemogo igrovogo treninga – Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya, 2010, no. 10, pp. 68–71.

13. Tokarev S.A., Buganov A.A., Umanskaya E.L. Prediktory i puti profilaktiki serdechno-sosudistoy patologii u podrostkov Kraynego Severa – Pediatriya. Zhurnal im. G.N. Speranskogo, 2005, T.4, no. 2, pp. 83–86.

14. Heart Rate Variability Biofeedback Increases Baroreflex Gain and Peak Expiratory Flow / Paul M. Lehrer, Evgeny Vaschillo, Bronya Vaschillo et al. – Psychosomatic Medicine, 2003, Vol. 65. – pp. 796–805.

15. The effect of lateral visual fixation and the direction of eye movements on heartbeat discrimination. J. Weisz, L. Balazs, E. Lang, G. Adam – Psychophysiology, 1990, Vol. 27, no. 4, pp. 527–533.

Рецензенты:

Грибанов А.В., д.м.н., профессор, директор Института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск;

Бебякова Н.А., д.б.н., профессор, заведующая кафедрой медицинской биологии и генетики Северного государственного медицинского университета, г. Архангельск.

Работа поступила в редакцию 06.04.2012.