

УДК [612.82: 616.839] – 053.6

БИОУПРАВЛЕНИЕ ПАРАМЕТРАМИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА И УРОВЕНЬ СЕРОТОНИНА У МОЛОДЫХ ЛИЦ НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА И АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

^{1,2}Кривоногова Е.В., ^{1,2}Поскотинова Л.В., ^{1,2}Дёмин Д.Б., ¹Ставинская О.А.

¹ФГБУН Институт физиологии природных адаптаций УрО РАН, Архангельск,
e-mail: elena200280@mail.ru;

²Институт медико-биологических исследований САФУ им. М.В. Ломоносова, Архангельск

Проведен анализ изменений вегетативной регуляции ритма сердца при биоуправлении параметрами ритма сердца и уровня серотонина в сыворотке крови у молодых лиц в возрасте 14–17 лет Ненецкого автономного округа и Архангельской области. У девушек и юношей Ненецкого автономного округа содержание серотонина выше, чем у девушек и юношей Архангельской области. Успешность биоуправления параметрами ритма сердца у девушек и юношей Ненецкого автономного округа сопровождается значительным увеличением барорефлекторной активности, что свидетельствует о роли серотонина в повышении барорефлекторной чувствительности. У молодых лиц Ненецкого автономного округа и Архангельской области при успешном биоуправлении снижается активность надсегментарных отделов вегетативной регуляции ритма сердца.

Ключевые слова: биоуправление параметрами ритма сердца, Север, серотонин, вегетативная нервная система

A BIOFEEDBACK BY HRV-PARAMETRES AND SEROTONIN LEVELS IN YOUNG PEOPLE OF THE NENETS AUTONOMOUS DISTRICT AND ARKHANGELSK AREA

^{1,2}Krivoronova E.V., ^{1,2}Poskotinova L.V., ^{1,2}Demin D.B., ¹Stavinskaya O.A.

¹The Institute of Environmental Physiology Ural Branch RAS, Archangelsk,
e-mail: elena200280@mail.ru;

²Institute of Bio-Medical Research of Northern Arctic Federal University
named after M.V. Lomonosov, Archangelsk

The aim was to investigate a heart rate variability (HRV) biofeedback parameters and the serotonin serum level in young people aged 14–17 years – inhabitants of the Nenets Autonomous Okrug and Arkhangelsk region. The girls and boys of the Nenets Autonomous District have higher serotonin serum level than in the girls and the boys of the Arkhangelsk region. The success of HRV-biofeedback in a girls and a boys of the Nenets Autonomous District have was accompanied by a significant increase in baroreflex activity, indicating that the role of serotonin in the increased baroreflex sensitivity. A successful HRV-biofeedback in a young people of the Nenets Autonomous District and Arkhangelsk region was accompanied by reduced subcortical center activity of a sympathetic heart rate regulation.

Keywords: HRV-biofeedback, the North, serotonin, autonomic nervous system

Функциональное биоуправление с использованием биологической обратной связи (БОС) широко применяется для коррекции патологических состояний организма, задержек психического развития, психоэмоциональных расстройств, а также моделирования и активизации собственных защитных механизмов и резервных возможностей организма с помощью интеграции его психических и физиологических функций [1, 6, 7]. При БОС-тренингах происходят адаптационные перестройки, которые затрагивают регуляторные системы организма. Ведущим свойством функциональной системы любого уровня организации является принцип саморегуляции [9]. Суть саморегулирования состоит в направленном на достижение конкретного результата управления органами и процессами их функционирования в организме по принципу обратных связей. Функцию каналов связи могут выполнять рецепторы, нервные клетки, биологические активные вещества и др. Нервная и гуморальная

регуляция функций тесно взаимосвязаны и образуют единую нейрогуморальную регуляцию. Вариабельность сердечного ритма (ВСР) является отражением комплекса различных влияний внешней среды и рассматривается как достаточно объективный маркер приспособительных реакций [3]. Симпато-адреналовая и парасимпатическая система с их гормонами и медиаторами-катехоламинами является одной из нейрогуморальных систем организма, осуществляющей интеграцию деятельности человека в меняющихся условиях существования, в частности, в экстремальных. Серотонинергическая система участвует в регуляции сердечно-сосудистой и пищеварительной систем, регулирует мышечный тонус, чувствительность фоторецепторов и механорецепторов, нарушения в ее функционировании приводят к серьезным патологиям [12]. Таким образом, цель данной работы заключалась в выявлении характера изменений параметров вариабельности ритма сердца при БОС-тренинге в зависимости от

уровня серотонина в сыворотке крови у молодых лиц Ненецкого автономного округа и Архангельской области.

Материалы и методы исследования

Обследовано 30 девушек и 31 юноша Ненецкого автономного округа (НАО) и 56 девушек и 27 юношей Архангельской области (АО). Все обследованные лица в возрасте 14–17 лет были практически здоровые и относились к I и II группе здоровья. Средний возраст у девушек НАО составил $15,2 \pm 1,04$, у девушек АО – $15,9 \pm 0,9$, у юношей НАО – $15,46 \pm 1,1$, у юношей АО – $16,4 \pm 1,6$. Исследования проходили с соблюдением норм биомедицинской этики. Испытуемым предъявляли задание – сеанс адаптивного биоуправления, который проводили по авторской методике Л.В. Поскотиновой и Ю.Н. Семенова (патент № 2317771) [4]. Суть методики в том, чтобы с помощью дыхания активизировать вагусные влияния на ритм сердца. В качестве управляемого параметра variability сердечного ритма (BCP) использовали TP, mc^2 (total power, суммарная мощность спектра BCP), отражающий вагусные влияния на ритм сердца. В процессе обследуемый так подбирает свое состояние, чтобы повышались значения TP, mc^2 . Рекомендовалось сочетать спокойное дыхание с акцентом на выдох, мышечное расслабление и представление приятных образов.

В сеансе адаптивного биоуправления по параметрам BCP учитывали три этапа. 1 этап: регистрация параметров BCP в покое (5 мин); 2 этап: адаптивное биоуправление параметрами BCP (5 мин); 3 этап: регистрация параметров BCP в покое (5 мин).

Оценка состояния вегетативной нервной системы осуществлялась по показателям BCP, оцениваемых с применением аппаратно-программного комплекса «Варикард» (г. Рязань). Использовали временной и спектральный виды анализа: ЧСС – частота сердечных сокращений, SDNN (standard deviation of the NN interval – суммарный эффект вегетативной регуляции кровообращения), RMSSD (the square root of the mean squared differences of successive NN intervals – тонус парасимпатического отдела), pNN50 (активность парасимпатического звена вегетативной регуляции), индекс напряжения регуляторных систем (SI – stress-index), TP, mc^2 (суммарная мощность спектра BCP), показатели HF% (мощность в высокочастотном диапазоне 0,4–0,15 Гц, отражает активность парасимпатического отдела вегетативной нервной системы), LF% (мощность в низкочастотном диапазоне 0,15–0,04 Гц, ассоциируется с барорецепторной функцией регуляции артериального давления, которая осуществляется с участием как парасимпатической, так и симпатической вегетативной иннервации), VLF% (мощность в сверхнизкочастотном диапазоне 0,04–0,015, связана с влиянием надсегментарных отделов вегетативной нервной системы, эндокринных или гуморальных факторов на синусовый узел). Критериями эффективности БОС-тренинга являлись стабилизация или снижение индекса напряжения (SI) в сочетании с увеличением суммарной мощности спектра BCP (TP, mc^2). Уровень серотонина определяли в сыворотке крови методом иммуноферментного анализа с помощью набора «Serotonin ELISA» (Германия). Нормативные значения уровня серотонина в сыворотке крови для девушек составляют 80–450 нг/мл, для юношей 40–400 нг/мл. Статистиче-

ская обработка материалов проводилась с помощью программ Statistica 5.5. В связи с тем, что подавляющее большинство исследуемых параметров не имеют нормального распределения, в представленной работе они описаны медианой и 25, 75 перцентилями. Достоверность различий между группами определялись с использованием метода Манна-Уитни. Статистическая значимость различий исследуемых величин при биоуправлении к фону определялись с использованием метода Вилкоксона. Различия считали значимыми при уровне $p < 0.05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ уровня серотонина в сыворотке крови у молодых лиц Ненецкого автономного округа и Архангельской области выявил более высокие концентрации серотонина у девушек и юношей НАО. Так, содержание серотонина в крови у юношей НАО составил 339,8 (295,1; 382,5) нг/мл, а у юношей АО – 91,3 (80,1; 98,3) нг/мл. Концентрация серотонина у девушек НАО составляет 365,8 (287,3; 455,5) нг/мл, у девушек АО – 99,4 (80,6; 210,2) нг/мл. Аналогичная картина была обнаружена и у взрослого населения: у жителей Ненецкого автономного округа уровень серотонина значимо выше, чем у жителей, проживающих в Архангельской области [8].

Сравнительный анализ исходных значений параметров variability ритма сердца у девушек НАО и АО не выявил достоверных различий (табл. 1). В процессе биоуправления частота сердечных сокращений практически не меняется, повышается общий тонус вегетативной нервной системы (SDNN), тонус парасимпатического отдела (RMSSD, pNN50), общая суммарная мощность спектра TP, мощность низкочастотного (LF%) компонента спектра BCP, снижаются мощности сверхнизкочастотного (VLF%) и высокочастотного (HF%) компонентов спектра BCP, индекс напряжения SI у девушек независимо от места проживания (табл. 1). После прекращения БОС-тренинга значения параметров BCP возвращаются к исходным значениям. Корреляционный анализ показал, что уровень серотонина положительно коррелирует с мощностью низкочастотного (LF%) компонента спектра BCP ($r = 0,36$, $p = 0,001$). По данным спектрального анализа BCP у девушек НАО при биоуправлении выявлены существенно более высокие значения показателя низкочастотного компонента спектра BCP по сравнению с девушками АО.

При сравнении фоновых значений variability ритма сердца в покое у юношей НАО и АО также не выявлено достоверных различий (табл. 2). Во время сеанса биоу-

правления отмечается повышение RMSSD, pNN50, SDNN, спектральных характеристик ритма сердца LF%, TP и снижение индекса напряжения (SI). У юношей НАО, как и у девушек НАО, наблюдается более значительное повышение мощности низкочастотного компонента (LF %) при БОС-тренинге.

У юношей выявлена отрицательная корреляционная связь уровня серотонина с мощностью сверхнизкочастотного компонента (VLF%) спектра ВСП ($r = -0,28$, $p = 0,03$). У юношей НАО при БОС-тренинге наблюдается более значимое снижение VLF % по сравнению с юношами АО.

Таблица 1

Параметры variability сердечного ритма у девушек
Ненецкого автономного округа и Архангельской области (Me (25;75))

Показатели	Ненецкий автономный округ			Архангельская область		
	Фон	БОС-тренинг	После БОС-тренинга	Фон	БОС-тренинг	После БОС-тренинга
ЧСС, мс	83,3 (80,7; 86,5)	81,9 (77,8;88,4)	84,8 (79,2;88,3)	80,1 (73,1;88,1)	79,5 (74,6;87,4)	81,3 (73,4;88,8)
RMSSD, мс	37,4 (27,7;44,4)	43,8 (34,9;54,1) p1,2 = 0,0001	36,1 (27,7;44,3)	37,8 (29,1;50,2)	46,59 (35,9;60,4) p4,5 = 0,0001	35,7 (24,3;49,6)
pNN50	19,1 (8,7;31,05)	27,1 (16,8;33,1) p1,2 = 0,01	19,8 (9,9;31,6)	17,5 (7,0;36,9)	25,4 (14,6;41,6) p4,5 = 0,02	16,7 (4,5;31,3)
SDNN, мс	45,8 (36,2;55,3)	70,1 (57,4;88,1) p1,2 = 0,0001	50,6(43,4;59,1)	48,4 (36,7;62,2)	74,0 (59,9;87,3) p4,5 = 0,0001	46,8 (35,1;60,5)
TP, мс ²	2049,5 (1296,6;2626,7)	4455,5 (3221,3;6405,7) p1,2 = 0,0001	2375 (1887,9;3229,9)	2231,8 (1434,5;3360,4)	4351,5 (3184,0;5481,7) p4,5 = 0,0001	2280,1 (1221,9;3456,9)
SI	122,6 (93,4;233,7)	62,8 (47,2;96,8) p1,2 = 0,0001	110,3 (90,8;157,2)	116,1 (70,2;207,9)	63,1 (39,5;92,7) p4,5 = 0,0001	132,3 (66,3;231,3)
HF%	49,7 (38,7;54,8)	17,8 (12,9;23,4) p1,2 = 0,0001	41,4 (27,7;48,9)	44,2 (34,6;55,4)	35,8 (17,7;57,7) p4,5 = 0,0001	41,2 (31,4;49,1)
LF%	32,7 (28,7;39,5)	71,5 (60,7;82,2), p1,2 = 0,0001, p2,5 = 0,03	43,6 (33,0;52,2)	36,5 (27,5;43,9)	53,4 (33,5;74,2) p4,5 = 0,0001	39,4 (33,4;47,1)
VLF%	16,7 (11,3;22,1)	6,2 (3,9;11,5), p1,2 = 0,0001	13,7 (9,5;21,6)	16,5 (11,8;22,1)	8,8 (5,6;12,8) p4,5 = 0,0001	17,4 (10,7;22,1)

Таблица 2

Параметры variability сердечного ритма у юношей Ненецкого автономного округа
и Архангельской области (Me(25;75))

Показатели	Ненецкий автономный округ			Архангельская область		
	Фон	БОС-тренинг	После БОС-тренинга	Фон	БОС-тренинг	После БОС-тренинга
ЧСС, мс	79,6 (70,4;87,8)	78,2 (72,3; 83,9)	80,1 (72,8;87,6)	78,2 (72,2;85,5)	80,1 (74,9;85,6)	80,1(73,8;85,8)
RMSSD, мс	32,2 (21,7;56,5)	40,3 (32,4;56,8) p1,2 = 0,003	29,8 (21,3;53,5)	36,9 (31,1;49,8)	45,1 (34,5;52,5) p4,5 = 0,006	35,1 (26,1;42,6)
pNN50	13,9 (4,2;47,6)	20,5 (9,4;37,5)	11,3 (4,1;40,4)	20,7 (12,3;30,4)	25,6 (13,3;34,6), p4,5 = 0,03	15,9 (6,6;26,6)
SDNN, мс	44,2 (34,9;64,9)	76,8 (61,07;96,6) p1,2 = 0,0001	45,5 (34,3;66,1)	44,8 (36,4;63,1)	70,1 (57,1;100,6) p4,5 = 0,001	49,2 (36,4;57,2)
TP, мс ²	1798,5 (1088,9;3468,1)	5093,7 (3472,6;7891,9) p1,2 = 0,0001	2029,7 (1266,5;3896,2)	1841,7 (1233,1;2706,6)	4174,1 (2923,8;5713,5) p4,5 = 0,0001	2259,2 (1268,1;3331,9)
SI	145,0 (67,4;238,0)	62,2 (27,1;89,6) p1,2 = 0,0001	140,1 (54,2;250,5)	118,9 (69,6;193,6)	70,1 (33,6;94,4) p4,5 = 0,0001	134,8 (69,9;191,1)
HF%	44,7 (21,7;57,9)	12,5 (6,9;22,2) p1,2 = 0,0001	28,5 (18,4;48,3)	46,3 (29,7;51,9)	20,8 (15,7;35,8) p4,5 = 0,003	31,9 (21,2;42,5)
LF%	36,5 (28,9;54,1)	78,6 (57,5;85,8) p1,2 = 0,0001	52,9 (35,1;62,5)	39,7 (33,9;52,1)	64,2 (54,3;72,1) p4,5 = 0,0001	50,6 (39,8;55,8)
VLF%	14,9 (10,1;20,5)	7,32 (3,89;9,86) p1,2 = 0,0001, p2,5 = 0,01	16,1 (11,3;23,5)	13,5 (10,2;17,2)	10,3 (6,2;15,9) p4,5 = 0,04	16,2 (12,1;19,4)

Повышение мощности низкочастотного (LF%) компонента ВСР связывают также и с замедлением частоты дыхания во время биологической обратной связи [14]. Рост LF% указывает также на активное включение вазомоторного центра в процессе регулирования сосудистого тонуса. Система регуляции сосудистого тонуса включает в себя чувствительность рецепторов растяжения в стенках аорты и сонных артерий, активность вазомоторного центра, модулирование активности синоатриального узла блуждающим нервом, гормоны, нейромедиаторы, биологически активные вещества. Успешность биоуправления параметрами ритма сердца у девушек НАО на фоне более высокого уровня серотонина сопровождается значительным увеличением барорефлекторной активности, что свидетельствует о роли серотонина в повышении барорефлекторной чувствительности. В здоровом организме при нормальных условиях серотонин вызывает сокращение гладкомышечных клеток сосудов за счет активации S₂-серотонинергических рецепторов [13]. Это объясняется, главным образом, в прямой активации гладкой мускулатуры или усилением ответа на другие нейрогуморальные медиаторы. Сосудорасширяющий ответ на серотонин рассматривается в основном на уровне артериол. Он может быть связан с выпуском других эндогенных вазодилаторов, прямой релаксации гладкой мускулатуры сосудов, торможение адренергических нервных импульсов или высвобождения эндотелий-зависимого релаксирующего фактора. При низких концентрациях серотонин усиливает сосудосуживающий ответ на другие вазоактивные вещества.

Таким образом, достижение успешного биоуправления параметрами ритма сердца у молодых лиц, проживающих на разных климато-географических территориях, достигается разными механизмами. При проживании на Севере у жителей эволюционно сложились механизмы функционирования систем к конкретным внешним условиям. На Крайнем Севере организм человека в большей мере подвержен действию космических факторов (гелиогеофизические факторы и метеорологические), чем в средних и низких широтах; здесь также особый режим освещенности и более низкие температуры [11]. Под влиянием солнечного света в дневное время в эпифизе вырабатывается серотонин и подавляется синтез эндогенного мелатонина из серотонина [5]. Выявлена четкая взаимосвязь электрической активности сердца и мозга с уровнем геомагнитной активности в высоких широтах [2, 10]. В регуляции ритма сердца

участвуют все «этажи» нейрогуморального управления физиологическими функциями – от подкорковых центров продолговатого мозга до гипоталамо-гипофизарного уровня вегетативной регуляции и коры головного мозга. Таким образом, при проведении БОС-тренинга с целью повышения вагусной активности на ритм сердца необходимо учитывать особенности нейрогуморального соотношения, реактивности регуляторных систем в разных климато-географических условиях проживания человека.

Выводы

1. У девушек и юношей Ненецкого автономного округа содержание серотонина в сыворотке крови выше, чем у девушек и юношей Архангельской области.

2. У девушек и юношей Ненецкого автономного округа и Архангельской области при успешном биоуправлении снижается активность надсегментарных структур вегетативной регуляции ритма сердца.

3. Успешность биоуправления параметрами ритма сердца у девушек и юношей НАО на фоне более высокого уровня серотонина сопровождается увеличением низкочастотной части спектра ВСР, что свидетельствует о роли серотонина в повышении барорефлекторной чувствительности.

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

Список литературы

1. Биоуправление: Теория и практика. – Новосибирск: Наука. Сиб.отд-ние. – 1988. – 162 с.
2. Вишневский В.В., Рагульская М.В., Файнзильберг Л.С. Влияние солнечной активности на морфологические параметры ЭКГ сердца здорового человека // Журнал радиоэлектроники. – 2002. – № 12. – С. 3–12.
3. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода. – 2-е изд., перераб. и доп. – Иваново: Иван. гос. мед. академия. – 290 с.
4. 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 (BULD 2.8), с использованием биологической обратной связи: патент 2317771 РФ, МПК А61В5/0452. / Л.В. Поскотинова, Ю.Н. Семенов; Институт физиологии природных адаптаций УрО РАН. № 2006110652/14; Заяв. 03.04.2006; Оpubл. 27.02.2008. – Бюлл. № 6.
5. Савченко О.Н., Стрельцова Н.А. Влияние 5,6-окситриптамина и разных световых режимов на гипоталамо-гипофизарно-гонадную систему самок крыс // Физиол. журн. СССР. – 1987. – Т. 73, № 4. – С. 480–482.
6. Сметанкин А.А. Метод биологической обратной связи по дыхательной аритмии сердца – путь к нормализации центральной регуляции дыхательной и сердечно-сосудистой систем // Журн. Биол.обратная связь. – 1999. – № 2. – С. 3–14.
7. Сороко С.И., Трубочев В.В. Нейрофизиологические и психофизиологические основы адаптивного биоуправления – СПб.: Политехника-сервис, 2010. – 607 с.
8. Ставинская О.А. Содержание серотонина в крови у жителей Ненецкого автономного округа и Архангельской

области в сравнении с показателями иммунологической реактивности // *Экология человека*. – 2010. – № 10. – С. 53–57.

9. Судаков К.В. Системное построение функций человека. – М.: ИНФ им. П.К.Анохина РАМН, 1999. – 15 с.

10. Хаснулин В.И. Геофизические факторы и реакции человеческого организма // *Гелиогеофизические факторы и здоровье человека*. – Новосибирск, Типография НГМУ, 2007. – С. 67–83.

11. Хаснулин В.И., Хаснулина А.В., Волкова Т.В. Здоровье человека на Севере, электромагнитный механизм синхронизации эндогенных и внешних ритмов // *Налог и экономика*. – 2005. – № 3(63). – С. 175–177.

12. Eddahibi S., Adnot S. The serotonin pathway in pulmonary hypertension // *Arch. Mal. Coeur. Vaiss.* – 2006. – Vol. 99. – P. 621–625.

13. Impaired serotonergic regulation of heart rate may underlie reduced baroreflex sensitivity in an animal model of depression / C.M. Hildreth, J.R. Padley, P.M. Pilowsky, A.K. Goodchild // *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. – 2008. – P. 474–80.

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

References

1. Bioupravlenie: Tyeoriya i praktika. – Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-nie. 1988. 162 p.

2. Vishnevski V.V., Ragul'skaya M.V., Fainzil'berg L.S. Vliyaniye solnechnoy aktivnosti na morfologicheskie parametry EKG serdtsa zdorovogo cheloveka // *Zhurnal radioelektroniki*. 2002. no 12. pp. 3–12.

3. Mikhailov V.M. Variabel'nost' ritma serdtsa: opyt prakticheskogo primeneniya metoda. izd. vtoroe, pererab. i dop.: Ivanovo: Ivan. gos. med. akademiya. 290 p.

4. Patent 2317771 RF, MPK A61V5/0452. Sposob korrektsii vegetativnykh disbalansov s pomoshch'yu kompleksa dlya obrabotki kardiointervalogramm i analiza variabel'nosti serdechnogo ritma «Varikard 2.51», robotayushchego pod upravleniem komp'yuternoi programmy ISCIM 6.1 (BULD 2.8), s ispol'zovaniem biologicheskoi obratnoi svyazi / L.V. Poskotinova, YU.N. Semenov; Institut fiziologii prirodnykh adaptatsii UrO RAN.- № 2006110652/14; Zayav. 03.04.2006; Opubl. 27.02.2008. Byull. no. 6.

5. Savchenko O.N., Strel'tsova N.A. Vliyaniye 5,6-oksitriptamina i raznykh svetovykh rezhimov na gipotalamo-gipofizarno-gonadnuyu sistemu samok krysa // *Fiziol. zhurn. SSSR*. 1987. T. 73, no. 4. pp. 480–482.

6. Smetankin A.A. Metod biologicheskoi obratnoi svyazi po dykhatel'noi aritmii serdtsa – put' k normalizatsii tsentral'noi

regulyatsii dykhatel'noi i serdechno-sosudistoi sistem // *Zhurn. Biol.obratnaya svyaz*. 1999. no. 2. pp. 3–14.

7. Soroko S.I., Trubachev V.V. Nyeirofiziologicheskie i psikhofiziologicheskie osnovy adaptivnogo bioupravleniya – Spb.: Politehnika servis, 2010. 607 p.

8. Stavinskaya O.A. Soderzhanie serotoninina v krovi u zhitel'ei nenetskogo avtonomnogo okruga i Arkhangel'skoi oblasti v sravnenii s pokazatelyami immunologicheskoi ryeaktivnosti // *Ekologiya cheloveka*. 2010. no. 10. pp. 53–57.

9. Sudakov K.V. Sistemnoye postroeniye funktsii cheloveka / K.V. Sudakov M.: INF im. P.K. Anokhina RAMN, 1999. 15 p.

10. Khasnulin V.I. Gyeofizicheskie faktory i ryeaktsii chelovecheskogo organizma // *Geliogyefizicheskie faktory i zdorov'e cheloveka*. Novosibirsk, Tipografiya NGMU, 2007. pp. 67–83.

11. Khasnulin V.I., Khasnulina A.V., Volkova T.V. Zdorov'e cheloveka na Severe, elektromagnitnyi mekhanizm sinkhronizatsii endogennykh i vneshnikh ritmov // *Nalogi i ekonomika*, 2005. no. 3(63). pp. 175–177.

12. Eddahibi S., Adnot S. The serotonin pathway in pulmonary hypertension // *Arch. Mal. Coeur. Vaiss*. 2006. Vol. 99. pp. 621–625.

13. Impaired serotonergic regulation of heart rate may underlie reduced baroreflex sensitivity in an animal model of depression/ C.M. Hildreth, J.R. Padley, P.M. Pilowsky, A.K. Goodchild // *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2008. pp. 474–80.

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

Рецензенты:

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

Совершаева С.Л., д.м.н., профессор, заведующая кафедрой нормальной физиологии и восстановительной медицины Северного государственного медицинского университета, г. Архангельск;

Гладилин Г.П., д.м.н., профессор, зав. кафедрой клинической лабораторной диагностики ГБОУ ВПО «Саратовский ГМУ им. В.И. Разумовского» Минздравсоцразвития России, г. Саратов.

Работа поступила в редакцию 06.06.2012.