
УДК [612.825+612.176+612.143] (045)

ПОСКОТИНОВА *Лилия Владимировна*, доктор биологических наук, кандидат медицинских наук, доцент, заведующая лабораторией биоритмологии Института физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН (г. Архангельск), ведущий научный сотрудник лаборатории прикладной психофизиологии института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 180 научных публикаций, в т. ч. двух монографий (одна в соавт.) и 3 патентов на изобретение

КРИВОНОГОВА *Елена Вячеславовна*, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биоритмологии Института физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН (г. Архангельск), старший научный сотрудник лаборатории прикладной психофизиологии института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 90 научных публикаций, в т. ч. двух патентов на изобретение

ДЁМИН *Денис Борисович*, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биоритмологии Института физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН (г. Архангельск), старший научный сотрудник лаборатории прикладной психофизиологии института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 120 научных публикаций, в т. ч. одного патента на изобретение

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ КАРДИОТРЕНИНГА ПРИ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ*

Определены показатели сердечно-сосудистой системы и спектральной мощности альфа-активности электроэнцефалограммы (ЭЭГ) в ходе однократного сеанса кардиотренинга у здоровых лиц и лиц с артериальной гипертензией (без приверженности к лечению и на фоне медикаментозной коррекции). У лиц с некорригированной артериальной гипертензией выявлена низкая успешность биоуправления на фоне стойкой симпатической активности, снижения сатурации крови и отсутствия повышения мощности альфа-активности ЭЭГ.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, биоуправление, вариабельность сердечного ритма, электроэнцефалограмма

* Работа поддержана грантом Президиума УрО РАН «Фундаментальные науки-медицине» №12-П-4-1038 (2013 г).

© Поскотинова Л.В., Дёмин Д.Б., Кривоногова Е.В., 2013

Введение. Артериальная гипертензия является социально значимым заболеванием, которое все чаще формируется в молодом возрасте [7, 8]. Приверженность к лечению у людей с артериальной гипертензией остается довольно низкой, в том числе в России [11]. Снижение общей variability сердечного ритма (BCP) может служить неблагоприятным прогностическим критерием развития сердечно-сосудистой патологии [1, 4], в том числе развития внезапной сердечной (коронарной) смерти. Метод кардиотренинга в виде биоуправления параметрами variability сердечного ритма (BCP), известный за рубежом как «heart rate variability (HRV) biofeedback», призван увеличить общую variability ритма сердца, вагусные влияния на ритм сердца, активизировать барорефлекторную деятельность при ее дефиците посредством реализации биологической обратной связи (БОС) [12, 13, 14]. При этом нейрофизиологические механизмы эффективности такого метода коррекции сосудистой дистонии, когда вовлекаются все уровни нервно-сосудистой регуляции, остаются до конца нераскрытыми [15]. Тем не менее, установлено, что варианты перестроек биоэлектрической активности головного мозга при сеансе кардиотренинга зависят от исходного вегетативного тонуса [6]. Известно, что нарушение церебральных механизмов может быть ведущим звеном в патогенезе артериальной гипертензии [10]. Выраженность и реактивность основного ритма биоэлектrogenеза человека (альфа-ритма) отражает степень оптимального функционирования таламо-кортикальных, таламо-ретикулярных нервных путей [3] и, следовательно, мозговых центров, отвечающих за нейро-висцеральные связи в организме. Учитывая, что при биоуправлении максимально задействованы кортико-висцеральные связи и эмоционально-волевая сфера, представляло интерес определить характер соотношений сердечно-сосудистых реакций и степень реактивности основного ритма биоэлектрической активности головного мозга (альфа-активности) в процессе однократного сеанса биоуправ-

ления с целью усиления вагусных влияний на ритм сердца у лиц с различным исходным уровнем артериального давления. Эти данные помогут определиться с прогнозом течения у них артериальной гипертензии.

Материалы и методы исследования. Методом случайной выборки сформированы 3 группы обследованных лиц в возрасте от 30 до 53 лет по результатам диспансерного осмотра в г. Архангельске. В группу I вошли 33 практически здоровых человека с нормальным и высоким нормальным артериальным давлением [7] – 11 мужчин и 22 женщины. В группу II вошли 20 человек с артериальной гипертензией 1–2 степени без приверженности к лечению с фактором риска осложнений 1–2 – 10 мужчин и 10 женщин. Группу III составили 22 человека с артериальной гипертензией 1–2 степени со стабильным течением заболевания, с фактором риска 1–2 и принимающие гипотензивные препараты (монотерапия с использованием ингибиторов ангиотензин-превращающего фермента или селективных бета-адреноблокаторов) – 6 мужчин и 16 женщин. Все обследованные лица не имели психоневрологических заболеваний и черепно-мозговых травм в анамнезе. Исследования проводили в утреннее время в состоянии спокойного бодрствования после получения от людей информированного согласия. Величины среднего возраста и доли представительства мужчин и женщин в группах были статистически идентичными. Предварительно с целью уточнения характера распределения, частоты основного ритма и исключения лиц с пароксизмальными реакциями в течение 2 минут регистрировали электроэнцефалограмму (ЭЭГ) в фоне с закрытыми глазами, с регистрацией реакции активации и фотостимуляции в полосе частот 4–22 Гц. Использовали прибор «Энцефалан-131-03» («Медиком МТД», г. Таганрог), схему 16 стандартных отведений в полосе частот 1–30 Гц монополярно с ушными референтными электродами (A1 слева, A2 справа). В последующем в положении сидя с открытыми глазами регистрировали показатели BCP в фоне, во время однократного

сеанса биологической обратной связи (БОС) с целью повышения суммарной мощности спектра ВСП под визуальным контролем и после БОС-тренинга (по 5 минут каждая проба) [9]. В последние 1,5 минуты каждой пробы регистрировали ЭЭГ. Учитывали в безартефактных записях абсолютную спектральную мощность биоэлектрической активности мозга в мкВ^2 в затылочных (O1 O2) и фронтальных (F3 F4) областях в альфа-диапазоне (8–13 Гц).

Параллельно с регистрацией ЭЭГ определяли суммарную мощность спектра ВСП (TP, мс^2 – total power) и индекс напряжения регуляторных систем (ИН, усл. ед.) [2]. Использовали прибор «Варикард» («Рамена», г. Рязань, Россия) для регистрации показателей ВСП, прибор A&D (Япония) для регистрации систолического и диастолического артериального давления (САД и ДАД, мм. рт. ст.), частоты сердечных сокращений (ЧСС) и пульсоксиметр Palmsat («NONIN», США) для регистрации степени насыщения крови кислородом (сатурации- SpO_2 , %). Статистическую значимость результатов учитывали в среде программы Statistica 6.0 с использованием средних значений в выборке в виде медианы (Me) и межквартильного размаха от 25 до 75 % уровня (25; 75), критерия Вилкоксона для зависимых выборок, критерия Манна-Уитни для независимых выборок, χ^2 -критерия для сравнения долей в выборке ($p < 0,05$).

Результаты исследования и их обсуждение. Анализ показал, что у лиц группы I сеанс биоуправления был успешен у 30 из 33 человек (91 %), что отразилось на значимом повышении при БОС-тренинге в группе показателя TP и снижении ИН (табл. 1). В процессе биоуправления у лиц данной группы происходило значимое снижение САД, ЧСС, а также повышение сатурации крови (SpO_2). После БОС-тренинга САД и ЧСС оставались ниже, чем в фоне, а показатели ВСП и сатурации крови возвращались к исходным значениям.

Известно, что при коротких записях кардиоинтервалограммы суммарная мощность спектра ВСП по физиологическому смыслу прирав-

нена к среднему квадратическому отклонению (СКО) длительности кардиоинтервалов и вклад неперiodических колебаний в составе данного показателя минимальный, в отличие от СКО [2]. Таким образом, успешность при однократном сеансе биоуправления параметрами ритма сердца в стандартном времени проведения (5 минут) может служить маркером сохранности резервов вагусной регуляции сердечной деятельности. В отличие от пробы с фиксированным темпом дыхания, которая также применяется для оценки эффективности вагусной регуляции ритмом сердца, успешность биоуправления с целью повышения вагусной активности отражает уровень возможностей организма к саморегуляции с активным участием отделов высшей нервной деятельности. Высокий уровень успешности биоуправления у лиц без признаков артериальной гипертензии свидетельствует об оптимальной функции у них кортико-висцеральных нервных связей, адекватных механизмах барорефлекса и кардио-респираторного сопряжения. При таком виде саморегуляции оптимизируется и кровенаполнение периферических сосудов, степень насыщения крови кислородом, что отражается в более высоком проценте сатурации крови.

У людей группы II фоновые значения САД и ДАД были закономерно выше, чем у людей группы I. При этом фоновые значения ВСП и сатурации статистически не отличались от группы лиц с нормальным артериальным давлением. В процессе биоуправления снизилось САД, повысилась общая вариабельность ритма сердца (TP), однако вегетативные изменения были разнонаправленные, что не позволило получить статистически значимого снижения ИН. Доля лиц с успешным сеансом БОС-тренинга составила 55 % (11 из 20 человек), что значимо ниже, чем в группе I ($p < 0,01$). Уровень сатурации крови при БОС-тренинге был статистически ниже, чем у лиц I группы. После БОС-тренинга уровень САД, как и у лиц группы I, оставался ниже, чем в фоне. У лиц группы III помимо самых высоких значений артериального давления также был минимальный уровень

Таблица 1

**СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТАЯ СИСТЕМА ПРИ КАРДИОТРЕНИНГЕ У ЛЮДЕЙ
С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ (МЕ (25;75))**

Показатели	фон	БОС	после БОС
I группа, n = 33			
САД, мм. рт. ст.	118,0 (109,0; 123,0)	113,5 * (103,0; 121,5)	109,0 *** (104,0; 120,0)
ДАД, мм. рт. ст.	82,0 (77,04; 84,0)	79,5 (75,0; 84,0)	79,0 (76,5; 83,0)
ЧСС, уд/мин	73,6 (71,1; 77,9)	75,6 (70,0; 82,2)	72,6 * (69,1; 76,8)
ИН, усл. ед.	174,86 (132,23; 303,70)	100,20 *** (69,45; 184,70)	164,34 (105,97; 292,49)
TP x1000, мс ²	1,35 (0,95; 1,85)	3,46 *** (2,16; 5,93)	1,15 (0,794; 2,32)
SpO ₂ , %	97,0 (96,0; 98,0)	98,0 * (97,0; 98,0)	97,0 (95,0; 98,0)
II группа, n = 20			
САД, мм. рт. ст.	139,0 ### (131,0; 143,0)	136,5 * ### (122,0; 142,0)	135,0 * ### (124,0; 141,0)
ДАД, мм. рт. ст.	94,0 ### (94,0; 99,0)	92,5 ### (89,0; 100,0)	95,5 ### (90,0; 98,0)
ЧСС, уд/мин	72,3 (66,2; 78,5)	70,3 (67,5; 80,2)	68,2 (64,9; 79,5)
ИН, усл. ед.	190,74 (117,00; 310,97)	173,45 (95,44; 296,00)	188,15 (126,55; 273,53)
TP x1000, мс ²	1,15 (0,63; 1,67)	1,91 * # (0,77; 2,99)	1,13 (0,58; 1,90)
SpO ₂ , %	97,0 (96,0; 97,0)	96,0 # (95,0; 98,0)	96,5 (96,0; 97,0)
III группа, n = 22			
САД, мм. рт. ст.	140,0 ### (125,0; 154,0)	134,5 *** ### (116,0; 146,0)	134,0 ** ### (125,0; 148,0)
ДАД, мм. рт. ст.	98,5 ### (90,0; 105,0)	97,0 ### (86,0; 107,0)	95,5 ### (90,0; 108,0)
ЧСС, уд/мин	73,66 (70,0; 80,4)	76,8 (71,4; 80,5)	74,9 (67,8; 79,3)
ИН, усл. ед.	363,9 # (201,51; 711,06)	330,24 * ### Δ (174,46; 501,92)	383,92 ### ΔΔ (237,35; 663,24)
TP x1000, мс ²	0,78 ## (0,42; 1,31)	0,94 ** ### (0,62; 1,83)	0,59 ### Δ (0,40; 0,96)
SpO ₂ , %	96,5 (95,0; 98,0)	98,0 (96,0; 98,0)	96,0 (95,0; 98,0)

Примечание: * – p<0,05; ** – p<0,01; *** – p<0,001 между фоном и последующими пробами в каждой группе.
– p<0,05; ## – p<0,01; ### – p<0,001 между I и последующими группами в каждой пробе; Δ – p<0,05; ΔΔ – p<0,01 – между II и III группами в каждой пробе.

ТР и максимальное значение ИН по сравнению с лицами других групп. При биоуправлении значимо снижалось САД и ИН, значимо повышалась общая вариабельность ритма сердца (ТР). При этом ИН оставался самым высоким по сравнению с таковым у лиц других групп. Доля лиц с успешным БОС-тренинг составила 68 % (15 человек из 22), что сопоставимо с таковой долей в группе II и значимо ниже, чем в группе I ($p < 0,05$). После БОС-тренинга САД осталось ниже, чем в фоне, как и лиц других групп; при этом ИН сохранялся максимальным в общей выборке обследованных лиц. Низкая успешность биоуправления у лиц с артериальной гипертензией связана в первую очередь с нарушением у них церебральных механизмов вегетативной регуляции сердечной деятельности [10], особенно у людей без приверженности к лечению. При некорригированной артериальной гипертензии однократный сеанс биоуправления как вариант когнитивной нагрузки выявляет высокую реактивность симпатического отдела вегетативной нервной системы, дисфункцию тонуса периферических сосудов и снижение степени насыщения крови кислородом. У лиц группы III в фоне и после биоуправления низкая общая вариабельность ритма сердца и высокая симпатическая активность обусловлены, по-видимому, более выраженными вегетативными сдвигами, а также тем, что многие из них не принимали плановых препаратов перед обследованием. Тем не менее, очевидно, что у лиц с медикаментозной коррекцией артериальной гипертензии реактивность вагусных механизмов более однонаправленная и выражена на фоне снижения симпатической активности в отличие от лиц группы II.

Среднегрупповые показатели спектральной мощности альфа-активности ЭЭГ статистически не отличались у людей в зависимости от уровня их исходного артериального давления (табл. 2).

Однако у людей I и III групп данные показатели значимо менялись в ходе кардиотренинга.

Так, у лиц группы I мощность альфа-активности увеличивалась как в затылочных областях, так и в правой лобной области. У людей группы III мощность альфа-активности увеличивалась во всех изучаемых отделах мозга. После сеанса биоуправления показатели ЭЭГ у людей этих групп значимо снижались и становились статистически идентичными фоновым значениям. Изменения мощности альфа-активности у лиц группы II были минимальными, что не позволило получить значимых различий данного показателя. После сеанса кардиотренинга мощность альфа-активности в правой лобной области у лиц группы II снизилась в сравнении с фоном. Известно, что передние отделы правого полушария доминируют в сердечно-сосудистой афферентации, в том числе при произвольной регуляции ритма сердца [5]. Ритмичные колебания мощности альфа-активности отражают модуляции активности кальциевых каналов таламуса, способствующие адекватному восприятию информации, оптимальной переработке восходящей и нисходящей информации в коре головного мозга [3]. Поэтому усиление альфа-активности, особенно в правой передней области головного мозга свидетельствует о сохранности оптимальных таламо-кортикальных и нейровисцеральных связей у людей с нормальным уровнем артериального давления. На фоне медикаментозной коррекции артериальной гипертензии также может сохраняться реактивность мозговых структур в ответ на управляемое повышение вагусной активности, но она носит более диффузный характер на фоне выраженной симпатикотонии. При некорригированной артериальной гипертензии, по-видимому, выраженная активация адренергических структур ретикулярной формации обуславливает стойкое формирование эффекта десинхронизации основного ЭЭГ-ритма. Подобное состояние является патофизиологической основой дисфункции нейро-висцеральных связей и, как следствие, низкой успешности кардиотренинга на первых сеансах.

Таблица 2

**АБСОЛЮТНАЯ СПЕКТРАЛЬНАЯ МОЩНОСТЬ АЛЬФА-АКТИВНОСТИ ЭЭГ
ПРИ БИОУПРАВЛЕНИИ ПАРАМЕТРАМИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У ЛЮДЕЙ
С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ (МЕ (25;75))**

Показатели	фон	БОС	после БОС
I группа, n = 33			
O1A1, мкВ ²	9,4 (6,91; 13,54)	13,06 *** (9,53; 17,14)	8,70 # (6,08; 16,01)
O2A2, мкВ ²	9,60 (6,48; 14,26)	12,81 ** (9,99; 15,77)	9,72 ### (6,84; 16,29)
F3A1, мкВ ²	11,09 (6,89; 14,12)	11,01 (8,82; 14,41)	10,45 (6,15; 13,46)
F4 A2, мкВ ²	10,64 (6,75; 14,53)	10,97 * (7,87; 15,12)	9,45 # (5,91; 15,41)
II группа, n = 20			
O1A1, мкВ ²	8,94 (5,98; 11,43)	9,40 (6,25; 15,46)	7,84 (5,05; 10,58)
O2A2, мкВ ²	9,36 (6,49; 13,73)	14,20 (7,13; 21,99)	9,43 (5,90; 12,73)
F3A1, мкВ ²	9,41 (6,53; 13,33)	10,84 (6,43; 15,45)	8,86 (6,53; 11,04)
F4A2, мкВ ²	9,94 (6,27; 12,56)	9,03 (6,68; 16,53)	8,52 * (6,55; 10,39)
III группа, n = 22			
O1A1, мкВ ²	9,44 (6,65; 13,98)	12,67 ** (9,12; 23,81)	8,67 ### (6,77; 15,71)
O2A2, мкВ ²	9,29 (6,34; 13,61)	11,62 ** (7,71; 23,50)	8,26 ### (6,51; 13,91)
F3A1, мкВ ²	10,49 (7,96; 12,63)	13,03 ** (9,03; 15,35)	10,30 # (8,42; 14,17)
F4A2, мкВ ²	9,49 (7,53; 11,62)	11,54 ** (8,07; 15,68)	9,71 # (7,11; 12,52)

Примечание: * – $p < 0,05$; ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ между фоном и последующими пробами в каждой группе.
– $p < 0,05$; ## – $p < 0,01$; ### – $p < 0,001$ между БОС и после БОС в каждой группе.

Заключение. Способность к биоуправлению параметрами ритма сердца с целью повышения суммарной мощности спектра ВСР в течение стандартной короткой записи (5 минут) может рассматриваться как тест определения сохранности вагусных резервов вегетативной регуляции сердечной деятельности и уровня функционирования нейро-висцеральных регуляторных связей у лиц

с повышенным артериальным давлением. Степень успешности биоуправления параметрами ритма сердца на первом сеансе предопределяет в дальнейшем индивидуальную стратегию саморегуляции (длительность сеансов, частоту их проведения), что делает пациента более активным участником в проведении врачом комплексной терапии артериальной гипертензии.

Список литературы

1. Абрамкин Д.В., Явелов И.С., Грацианский Н.А. Связь изменений ЧСС во время рефлекторных тестов с вариабельностью ритма сердца // Кардиология. 2004. Т. 44. № 8. С. 27–34.
2. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем / Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, Л.В. Чирейкин и др. // Вестн. аритмологии. 2001. № 24. С. 65–87.
3. Базанова О.М. Современная интерпретация альфа-активности электроэнцефалограммы // Успехи физиологических наук. 2009. Т. 40. № 3. С. 32–53.
4. Вариабельность сердечного ритма в оценке степени тяжести артериальной гипертензии / Е.Д. Байбурсян, Н.Н. Крюков, Г.И. Киселёва и др. // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2005. № 4 (S2). С. 30
5. Глазкова В.А., Свищерская Н.Е., Королькова Т.А. Пространственная организация корковой электрической активности при произвольной регуляции частоты сердечных сокращений // Физиология человека. 1996. Т. 22. № 5. С. 104–108.
6. Дёмин Д.Б., Поскотинова Л.В., Кривоногова Е.В. Варианты ЭЭГ-реакций при выполнении курса БОС-тренингов у подростков в зависимости от исходного вегетативного тонуса // Экология человека. 2012. № 3. С. 16–22.
7. Диагностика и лечение артериальной гипертензии. Рекоменд. Рос. мед. общества по артериальной гипертензии и Всерос. науч. общества кардиологов / И.Е. Чазова, Л.Г. Ратова, С.А. Бойцов, Д.В. Небиеридзе // Системные гипертензии. 2010. № 3. С. 5–26.
8. Особенности факторов риска, механизмов развития, клинического течения и поражения органов-мишеней у больных артериальной гипертензией молодого возраста / И.М. Чернова, М.М. Лукьянов, С.Е. Сердюк, С.А. Бойцов // Системные гипертензии. 2008. № 3. С. 60–65
9. Поскотинова Л.В., Семёнов 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 ISCIМ 6.1 (BUILD 2.8), с использованием биологической обратной связи. Патент 2317771 РФ. Опубл. 27.02.2008. Бюл. № 6.
10. Судаков К.В. Церебральные механизмы в генезе артериальной гипертензии при эмоциональном стрессе // Вестник РАМН. 2003. № 12. С. 70–74.
11. Фомин В.В. Приверженность лечению – одна из ключевых детерминант эффективности антигипертензивной терапии: возможности комбинации ирбесартана с гидрохлоротиазидом // Системные гипертензии. 2010. № 3. С. 30–34
12. Effect of Slow Abdominal Breathing Combined with Biofeedback on Blood Pressure and Heart Rate Variability in Prehypertension / S.Z. Wang, S. Li, X.Y. Xu et al. // Journal of Alternative and Complementary Medicine. 2010. Vol. 16. № 10. P. 1039–1045.
13. Heart Rate Variability Biofeedback Decreases Blood Pressure in Prehypertensive Subjects by Improving Autonomic Function and Baroreflex / G. Lin, Q. Xiang, X. Fu et al. // Journal of Alternative and Complementary Medicine. 2012. Vol. 18. № 2. P. 143–152.
14. Heart Rate Variability Biofeedback Increases Baroreflex Gain and Peak Expiratory Flow / P.M. Lehrer, E. Vaschillo, B. Vaschillo et al. // Psychosomatic Medicine. 2003. № 65. P. 796–805
15. Wheat A.L., Larkin K.T. Biofeedback of Heart Rate Variability and Related Physiology: A Critical Review // Applied Psychophysiology and Biofeedback. 2010. Vol. 35. № 3. P. 229–242.

References

1. Abramkin D.V., Yavelov I.S., Gratsianskiy N.A. Svyaz' izmeneniy ChSS vo vremya reflektornykh testov s variabel'nost'yu ritma serdtsa [Relationship Between Heart Rate Changes During Reflex Tests and Heart Rate Variability in Patients with Recent Myocardial Infarction]. *Kardiologiya*, 2004, vol. 44, no. 8, pp. 27–34.

2. Baevskiy R.M., Ivanov G.G., Chireykin L.V., et al. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri ispol'zovanii razlichnykh elektrokardiograficheskikh sistem (metodicheskie rekomendatsii) [Analysis of Heart Rate Variability Using Various Electrocardiographic Systems (Guidelines)]. *Vestnik aritmologii*, 2001, no. 24, pp. 65–87.
3. Bazanova O.M. Sovremennaya interpretatsiya al'fa-aktivnosti elektroentsefalogrammy [Modern Interpretation of EEG Alpha Activity]. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk*, 2009, vol. 40, no. 3, pp. 32–53.
4. Baybursyan E.D., Kryukov N.N., Kiseleva G.I., et al. Variabel'nost' serdechnogo ritma v otsenke stepeni tyazhesti arterial'noy gipertonii [Heart Rate Variability in the Assessment of the Severity of Hypertension]. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika*, 2005, no. 4 (S2), p. 30.
5. Glazkova V.A., Sviderskaya N.E., Korol'kova T.A. Prostranstvennaya organizatsiya korkovoy elektricheskoy aktivnosti pri proizvol'noy regulyatsii chastoty serdechnykh sokrashcheniy [Spatial Organization of Cortical Electrical Activity at Voluntary Regulation of Heart Rate]. *Fiziologiya cheloveka*, 1996, vol. 22, no. 5, pp. 104–108.
6. Demin D.B., Poskotinova L.V., Krivonogova E.V. Varianty EEG-reaktsiy pri vypolnenii kursa BOS-treningov u podrostkov v zavisimosti ot iskhodnogo vegetativnogo tonusa [Variants of EEG-Reactions During HRV Biofeedback Course in Adolescents with Different Initial Autonomic Nervous Tone]. *Ekologiya cheloveka*, 2012, no. 3, pp. 16–22.
7. Chazova I.E., Ratova L.G., Boytsov S.A., Nebieridze D.V. Diagnostika i lechenie arterial'noy gipertenzii. Rekomendatsii Rossiyskogo meditsinskogo obshchestva po arterial'noy gipertonii i Vserossiyskogo nauchnogo obshchestva kardiologov [Diagnosis and Treatment of Hypertension. Recommendations of the Russian Medical Society of Hypertension and the Russian Society of Cardiology]. *Sistemnye gipertenzii*, 2010, no. 3, pp. 5–26.
8. Chernova I.M., Luk'yanov M.M., Serdyuk S.E., Boytsov S.A. Osobennosti faktorov riska, mekhanizmov razvitiya, klinicheskogo techeniya i porazheniya organov-misheney u bol'nykh arterial'noy gipertenziei molodogo vozrasta [Features of the Risk Factors, Mechanisms of Development, Clinical Manifestations and Target Organ Damage in Young Hypertensive Patients]. *Sistemnye gipertenzii*, 2008, no. 3, pp. 60–65.
9. Poskotinova L.V., Semenov Yu.N. *Sposob korrektsii vegetativnykh disbalansov s pomoshch'yu kompleksa dlya obrabotki kardiointervalogramm i analiza variabel'nosti serdechnogo ritma "Varikard 2.51", rabotayushchego pod upravleniem komp'yuternoy programmy ISCIM 6.1 (BUILD 2.8), s ispol'zovaniem biologicheskoy obratnoy svyazi* [The method of correcting vegetative imbalances using the complex for cardiointervalogram processing and heart rate variability analysis "Varikard 2.51" controlled by the computer program ISCIM 6.1 (BUILD 2.8), with the use of biofeedback]. Patent RF, no. 2317771, 2008.
10. Sudakov K.V. Tsebral'nye mekhanizmy v geneze arterial'noy gipertenzii pri emotsional'nom stresse [Cerebral Mechanisms in the Pathogenesis of Hypertension Under Emotional Stress]. *Vestnik RAMN*, 2003, no. 12, pp. 70–74.
11. Fomin V.V. Priverzhennost' lecheniyu – odna iz klyuchevykh determinant effektivnosti antigipertenzivnoy terapii: vozmozhnosti kombinatsii irbesartana s gidrokhlortiazidom [Therapy adherence is one of the key determinants of the efficiency of antihypertensive therapy: the capacities of a combination of irbesartan and hydrochlorothiazide]. *Sistemnye gipertenzii*, 2010, no. 3, pp. 30–33.
12. Wang S.Z., Li S., Xu X.Y., et al. Effect of Slow Abdominal Breathing Combined with Biofeedback on Blood Pressure and Heart Rate Variability in Prehypertension. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 2010, vol. 16, no. 10, pp. 1039–1045.
13. Lin G., Xiang Q., Fu X., et al. Heart Rate Variability Biofeedback Decreases Blood Pressure in Prehypertensive Subjects by Improving Autonomic Function and Baroreflex. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 2012, vol. 18, no. 2, pp. 143–152.
14. Lehrer P.M., Vaschillo E., Vaschillo B., et al. Heart Rate Variability Biofeedback Increases Baroreflex Gain and Peak Expiratory Flow. *Psychosomatic Medicine*, 2003, no. 65, pp. 796–805.
15. Wheat A.L., Larkin K.T. Biofeedback of Heart Rate Variability and Related Physiology: A Critical Review. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 2010, vol. 35, no. 3, pp. 229–242.

Poskotinova Liliya Vladimirovna
The Institute of Environmental Physiology,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences;
Institute of Medical and Biological Research, Northern (Arctic) Federal University
named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

Demin Denis Borisovich
The Institute of Environmental Physiology,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences;
Institute of Medical and Biological Research, Northern (Arctic) Federal University
named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

Krивonogova Elena Vyacheslavovna
The Institute of Environmental Physiology,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences;
Institute of Medical and Biological Research, Northern (Arctic) Federal University
named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

NEUROPHYSIOLOGICAL EFFECTS OF CARDIOVASCULAR BIOFEEDBACK TRAINING IN PATIENTS WITH HYPERTENSION

There were determined indices of the cardio-vascular system and the spectral power of alpha activity of the electroencephalogram (EEG) during a single biofeedback training session in healthy persons and patients with hypertension (both taking and not taking regular medication). The persons with uncorrected hypertension have lowest successful biofeedback control, persistent sympathetic activity, reduced blood oxygen saturation and lack of power increase of EEG alpha-activity.

Keywords: *hypertension, biofeedback, heart rate variability, electroencephalogram.*

Контактная информация:

Поскотинова Лилия Владимировна
адрес: 163000, Россия, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 249;
e-mail: liliya200572@mail.ru

Дёмин Денис Борисович
адрес: 163000, Россия, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 249;
e-mail: denisdemin@mail.ru

Кривоногова Елена Вячеславовна
адрес: 163000, Россия, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 249;
e-mail: elena200280@mail.ru

Рецензент – *Корчин В.И.*, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой нормальной и патологической физиологии Ханты-Мансийской государственной медицинской академии