

УДК [616.831-073:612.172.2]-053.6(470.1/.2)

КАМЕНЧЕНКО Екатерина Александровна, кандидат биологических наук, заместитель директора по воспитательной работе и социальной защите Архангельского педагогического колледжа. Автор 11 научных публикаций

ПОСКОТИНОВА Лилия Владимировна, доктор биологических наук, кандидат медицинских наук, доцент, заведующая лабораторией биоритмологии Института физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН, ведущий научный сотрудник лаборатории прикладной психофизиологии института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 185 научных публикаций, в т. ч. двух монографий (из них одна в соавт.) и трех патентов на изобретение

ДЁМИН Денис Борисович, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биоритмологии Института физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН (г. Архангельск). Автор 125 научных публикаций, в т. ч. одного патента на изобретение

КРИВОНОГОВА Елена Вячеславовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биоритмологии Института физиологии природных адаптаций уральского отделения РАН (г. Архангельск). Автор 95 научных публикаций, в т. ч. двух патентов на изобретение

ПОКАЗАТЕЛИ РЕОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ У ПОДРОСТКОВ ПРИ БИОУПРАВЛЕНИИ ПАРАМЕТРАМИ РИТМА СЕРДЦА В РЕЖИМЕ МОНИТОРИНГА*

Определены различные варианты изменений показателей реоэнцефалограммы (РЭГ) у проживающих на Европейском Севере подростков при биоуправлении параметрами ритма сердца в режиме мониторинга. Обследован 41 человек в возрасте 15-17 лет. Каждый подросток выполнял первый сеанс биоуправления параметрами вариабельности сердечного ритма (ВСР), при этом регистрировали параметры РЭГ до, во время и после сеанса биоуправления (длительность записей по 5 мин). В последующем проводили 8 сеансов биоуправления (БОС-тренинга) ежедневно или через 1 день, а на последнем 10 сеансе регистрировали показатели ВСР и РЭГ до, во время и после сеанса БОС-тренинга. Установлено, что многократные сеансы биоуправления параметрами ритма сердца способствуют перестройкам тонуса крупных и мелких сосудов головы, при которых возрастает устойчивость к снижению тонуса мозговых сосудов в затылочных отделах головы, повышение кровенаполнения сосудов фронтальных отделов головы на фоне снижения тонуса мелких сосудов и облегчения венозного оттока. Наиболее значимое и устойчивое повышение суммарной мощности спектра ВСР как управляемого показателя при БОС-тренинге (10 сеансов) и снижение симпатической активности у подростков происходило на фоне повышения кровенаполнения сосудов во фронтальных отделах головы.

Ключевые слова: реоэнцефалограмма, биоуправление, вариабельность сердечного ритма, подростки.

* Работа выполнена при поддержке гранта президиума Уральского отделения РАН № 12-У-4-1019.

© Каменченко Е.А., Поскотинова Л.В., Дёмин Д.Б., Кривоногова Е.В., 2014

Тонус мозговых сосудов в подростковом возрасте весьма лабилен, с выраженной межполушарной асимметрией, зачастую обусловлен морфофункциональной нестабильностью шейного отдела позвоночника [8, 17, 18]. Реактивность вегетативных структур и тонуса мозговых сосудов подростков также значимо зависят от климато-географических условий проживания, особенно в условиях Севера [7, 13, 14, 19]. Способность человека влиять на процесс оптимизации собственных кардио-респираторных и вегетативных функций посредством активизации биологической обратной связи (БОС) используется как с позиции когнитивного теста для оценки уровня адаптации человека к окружающей среде [12, 21], так и с позиции немедикаментозной коррекции психонейровегетативных нарушений [4, 9, 11], тонуса сосудов головы [1], проблем социальной адаптации [5].

Важным компонентом стратегии биоуправления параметрами ритма сердца является изменение характеристик дыхания, которые отражаются в виде респираторных колебаний тонуса сосудов головы, внутричерепного давления, циркуляции ликвора, венозного оттока из полости черепа [3].

Учитывая то, что показатели реоэнцефалограммы содержат информацию о тонусе как экстра- так и интракраниальных [20] сосудов, представляется важным определить характер изменений реографических показателей у подростков 15-17 лет при многократных сеансах биоуправления параметрами вариабельности сердечного ритма (10 сеансов).

Материалы и методы. Методом случайной выборки обследован 41 человек в возрасте 15-17 лет, родившиеся и проживающие в Архангельской области. От всех обследованных лиц и их родителей получено информированное согласие на участие в исследовании, этические принципы исследования согласованы с ученым советом ИФПА УрО РАН, выполняющим функции этического комитета.

Оценивали показатели реоэнцефалограммы (РЭГ) в состоянии покоя в положении сидя

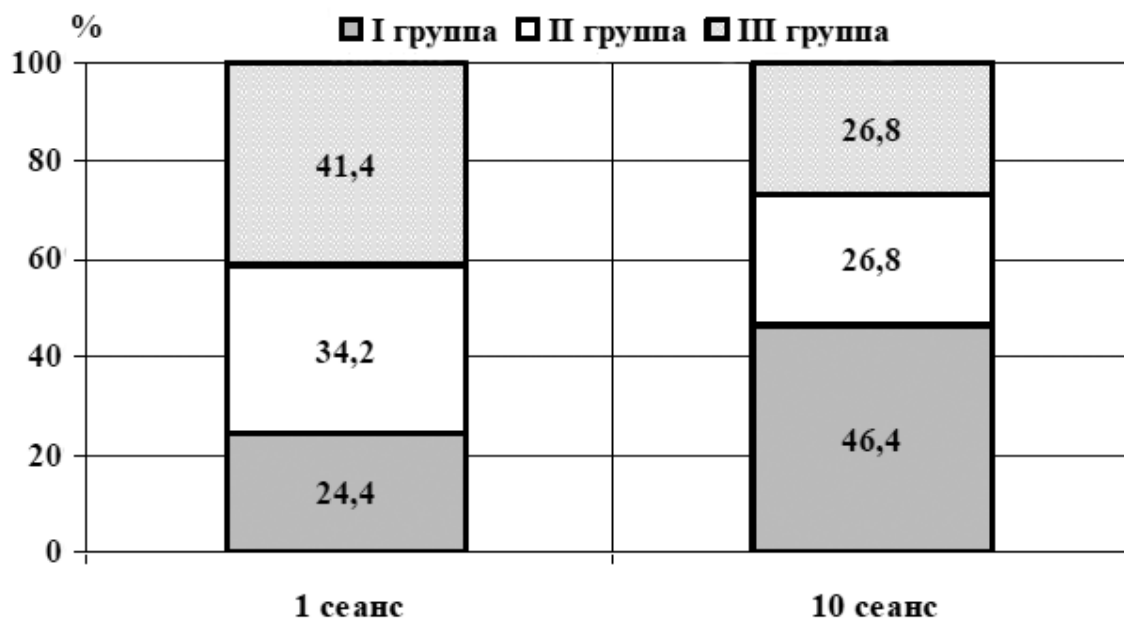
с помощью электроэнцефалографа-анализатора «Энцефалан 131-03» (НПКФ «Медиком МТД», г. Таганрог) в полосе 0,5–10 Гц и частоте зондирования 112 кГц – во фронтально-мастоидальных (ФМ) и окципито-мастоидальных (ОМ) отведениях слева и справа. Определяли амплитудно-частотный показатель (АЧП, Ом/с), максимальную скорость быстрого кровенаполнения сосудов (МСБКН, Ом/с), дикротический индекс (ДКИ, %), индекс венозного оттока (ИВО, %) [10, с. 328–331]. Оценка состояния вегетативной нервной системы осуществлялась по показателям вариабельности сердечного ритма (ВСР), определяемых с помощью прибора «Варикард» (ООО «Рамена», г. Рязань). Учитывали частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд/мин), индекс напряжения (ИН, усл.ед.) [2] и суммарную мощность спектра ВСР (TR, мс²). Исследование включало три этапа: фоновую запись (5 мин), тренинг биоуправления с использованием биологической обратной связи (БОС-тренинг) с целью увеличения суммарной мощности спектра ВСР (5 мин) [16] и время после БОС-тренинга (5 мин). В последующем проводили 8 сеансов биоуправления ежедневно или через 1 день, а на последнем, 10-м, сеансе регистрировали показатели РЭГ до, во время и после сеанса тренинга.

Статистическая обработка полученных результатов, оценка распределения показателей, определение границ нормального распределения проводили с помощью компьютерного пакета прикладных программ «Statistica 5.5» («StatSoft», США). Уровень статистически значимых различий в группах определяли с помощью непараметрических критериев Манна-Уитни, Краскела-Уоллиса (для независимых выборок) и Вилкоксона (для зависимых выборок). Учитывали критерий χ^2 -квадрата для сравнения процентных долей. Уровень статистически значимых различий принимали при $p < 0,05$. В связи с тем, что распределение большинства исследуемых параметров не подчинялось закону нормального распределения, в представленной работе они описаны медианой (Me), нижним и верхним квартилями (25–75 %) [6, с. 33].

Результаты и обсуждение. Изменения реографических показателей в ходе сеансов БОС-тренинга у всех обследованных лиц были разнонаправленными. Учитывая важность сохранения перфузионного давления во фронтальных отделах головного мозга как наиболее значимых с позиции когнитивной деятельности, решено распределить обследованных лиц на группы в зависимости от изменения кровенаполнения сосудов во фронтальных отделах. Группа I включала лиц с повышением показателя АЧП во фронтальных отделах головы (ФМ-отведения) более, чем на 10 % в обоих полушариях, справа либо слева. Группу II составили подростки с понижением показателя АЧП более, чем на 10 % от фона в двух или хотя бы в одной гемисфере при минимуме изменений в другой. В группу III вошли лица с минимальными изменениями АЧП (менее 10 % от фоновых значений как справа, так и слева). По результатам первого сеанса биоуправления группу I составили 10 чел. (24,4 %), II – 14 чел. (34,2 %) и III – 17 чел. (41,4 %) (см. рисунок).

При последнем сеансе БОС-тренинга соотношение типов реактивности кровенаполнения сосудов головы изменилось. Доля лиц с повышением кровенаполнения во фронтальных отделах (группа I) значительно повысилась до 46,4 % (19 чел., $p < 0,05$), за счет снижения доли лиц с понижением показателя АЧП (группа II – 11 чел., 26,8 %) и с минимальными изменениями АЧП (группа III – 11 чел., 26,8 %). Таким образом, цикл сеансов кардиотренинга с целью усиления вагусных влияний на ритм сердца способствовал повышению кровенаполнения фронтальных отделов головного мозга.

Анализ показателей ВСР при БОС-тренинге в режиме мониторинга показал, что повышение суммарной мощности спектра ВСР происходит независимо от типа реактивности мозговых сосудов (табл. 1). На первом сеансе БОС-тренинга в группу I попали лица с исходно более высоким уровнем симпатической активности, что обусловило более высокий исходный ИН и более низкую суммарную мощность спектра ВСР у лиц данной группы в сравнении с группой II.



Соотношение типов реактивности кровенаполнения сосудов головы при первом и последнем сеансах БОС-тренинга

Таблица 1

ПАРАМЕТРЫ ВСР У ПОДРОСТКОВ ПРИ БОС-ТРЕНИНГЕ В РЕЖИМЕ МОНИТОРИНГА (МЕ (25;75))

Показатель	Первый сеанс БОС-тренинга								
	1 группа, n = 10			2 группа, n = 14			3 группа, n = 17		
	фон	БОС	после БОС	фон	БОС	после БОС	фон	БОС	после БОС
ТР, x1000 мс ²	1,42 (1,12; 2,51)	3,73* (2,55; 4,13)	1,91 (0,89; 3,34)	2,94 Δ (1,96; 4,82)	5,90** (3,24; 7,30)	2,75 (1,74; 4,39)	2,69 (1,73; 3,82)	5,62 ** (2,67; 6,09)	2,95 (2,22; 4,50)
ИН, усл. ед.	148,0 (76,0; 175,0)	72,0 (61,0; 121,0)	131,0 (88,0; 256,0)	86,5 Δ (34,0; 118,0)	56,5 ** (39,0; 66,0)	94,0 (44,0; 128,0)	87,0 (59,0; 121,0)	59,0 ** (45,0; 91,0)	81,0 (70,0; 137,0)
Показатель	Последний сеанс БОС-тренинга								
	1 группа, n = 19			2 группа, n = 11			3 группа, n = 11		
	фон	БОС	после БОС	фон	БОС	после БОС	фон	БОС	после БОС
ТР, x1000 мс ²	2,75 # (1,75; 6,16)	7,39 ***## (3,93; 12,97)	2,54 (1,79; 6,28)	3,59 (1,66; 4,64)	6,48 ** (4,25; 10,38)	4,33 (1,87; 4,98)	2,32 (1,48; 4,56)	4,87 ** (3,93; 6,63)	2,64 (2,32; 3,81)
ИН, усл. ед.	62,0 # (34,0; 156,0)	54,0 *# (31,0; 76,0)	77,0 # (41,0; 155,0)	53,0 (49,0; 167,0)	57,0 (29,0; 79,0)	56,0 (41,0; 136,0)	95,0 (53,0; 141,0)	55,0 * (46,0; 81,0)	83,0 (55,0; 124,0)

Примечание: уровни статистической значимости различий: *, **, *** – соответственно $p < 0,05$, $p < 0,01$, $p < 0,001$ между фоном и БОС; Δ – $p < 0,05$ между фоновыми значениями группы I и II; #, ## – соответственно $p < 0,05$, $p < 0,01$ между первым и последним сеансом.

На первом сеансе биоуправления не выявлено статистически значимого снижения ИН в сравнении с фоновым значением из-за присутствия лиц с признаками симпатикотонии (ИН выше 150 усл. ед.) и большого внутригруппового разброса данных. По-видимому, состояние симпатикотонии у данных подростков свидетельствовало о формировании у них предгипертензии. Есть сведения о том, что у лиц с артериальной гипертензией на фоне симпатикотонии первый сеанс биоуправления параметрами ритма сердца зачастую неуспешен [15].

На последнем сеансе БОС-тренинга в группе I вошли подростки, у которых происходило максимальное повышение показателя ТР на фоне значимого снижения ИН. При этом фоновые значения на последнем сеансе свидетельствовали о значимом снижении симпатикотонии после проведенного курса БОС-тренинга (снижение ИН и повышение ТР на последнем

сеансе относительно первого сеанса). В других группах произошло перераспределение подростков так, что обозначилась лишь тенденция усиления вагусной активности после проведенного БОС-тренинга, что обусловлено, возможно, выраженностью компенсаторных механизмов симпатической активности у лиц с нормальным вегетативным тонусом.

У лиц группы I на первом сеансе во фронтальных отделах повышается АЧП справа и остается значимо выше фонового значения на этапе после БОС (табл. 2). При этом снижается тонус как крупных, так и мелких сосудов головы во фронтальных отделах и затылочных отделах головы (повышение МСБКН и снижение ДКИ). На последнем сеансе БОС-тренинга в данную группу вошли подростки, у которых наблюдалось более выраженное повышение АЧП как справа, так и слева в FM-отведениях РЭГ.

Таблица 2

ПОКАЗАТЕЛИ РЭГ У ПОДРОСТКОВ ПРИ БОС-ТРЕНИНГЕ В РЕЖИМЕ МОНИТОРИНГА
(ME (25;75)) – I ГРУППА

Показатель	Первый сеанс БОС-тренинга, n = 10								
	Фон (1)		БОС-тренинг (2)		После БОС (3)		Достоверность различий		
	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	
<i>Фронтально-мастоидальные отведения</i>									
АЧП, Ом/с	0,21 (0,16; 0,26)	0,20 (0,14; 0,23)	0,22 (0,16; 0,26)	0,24 (0,17; 0,26)	0,21 (0,17; 0,24)	0,21 (0,17; 0,22)			$p_{1-2} < 0,01$ $p_{2-3} < 0,05$ $p_{1-3} < 0,05$
МСБКН, Ом/с	2,58 (1,99; 3,41)	2,49 (1,86; 3,26)	2,88 (2,23; 3,88)	2,75 (2,13; 3,85)	2,56 (2,26; 3,34)	2,44 (2,20; 3,55)			$p_{1-2} < 0,01$ $p_{2-3} < 0,05$ $p_{1-2} < 0,01$
ДКИ, %	63,0 (56,0; 69,0)	59,5 (49,0; 65,0)	58,0 (53,0; 64,0)	52,0 (49,0; 63,0)	62,5 (52,0; 66,0)	61,5 (50,0; 65,0)			$p_{1-2} < 0,05$
ИВО, %	21,5 (16,0; 28,0)	20,5 (14,0; 29,0)	18,0 (17,0; 25,0)	17,0 (16,0; 23,0)	20,0 (17,0; 26,0)	19,5 (16,0; 24,0)			
<i>Окципито-мастоидальные отведения</i>									
АЧП, Ом/с	0,20 (0,17; 0,24)	0,21 (0,15; 0,21)	0,19 (0,16; 0,23)	0,20 (0,14; 0,23)	0,19 (0,16; 0,20)	0,20 (0,14; 0,22)			
МСБКН, Ом/с	2,84 (2,09; 2,91)	2,43 (2,19; 2,80)	2,33 (2,09; 2,88)	2,36 (2,15; 3,02)	2,13 (2,03; 2,42)	2,12 (1,98; 2,92)			$p_{2-3} < 0,05$
ДКИ, %	64,0 (55,0; 72,0)	62,0 (59,0; 69,0)	62,0 (54,0; 67,0)	60,0 (54,0; 66,0)	63,0 (53,0; 65,0)	59,0 (55,0; 62,0)			$p_{1-2} < 0,05$
ИВО, %	20,0 (19,0; 27,0)	19,0 (16,0; 24,0)	20,0 (19,0; 24,0)	20,0 (17,0; 21,0)	23,0 (20,0; 25,0)	21,0 (19,0; 24,0)			$p_{2-3} < 0,05$

Показатель	Первый сеанс БОС-тренинга, n = 10									
	Фон (1)		БОС-тренинг (2)		После БОС (3)		Достоверность различий			
	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа
АЧП, Ом/с	0,18 (0,14; 0,25)	0,16 (0,14; 0,23)	0,21 (0,18; 0,30)	0,20 (0,15; 0,25)	0,20 (0,15; 0,26)	0,18 (0,14; 0,24)	$p_{1,2} < 0,01$ $p_{2,3} < 0,05$ $p_{1,3} < 0,05$			
МСБКН, Ом/с	2,34 (1,68; 2,94)	2,28 (1,98; 2,84)	2,97 (2,03; 3,35)	2,74 (2,29; 3,14)	2,60 (1,94; 3,21)	2,45 (1,97; 2,83)	$p_{1,2} < 0,001$ $p_{2,3} < 0,05$			
ДКИ, %	69,0 (63,0; 78,0)	71,5 (61,0; 78,0)	63,0 (57,0; 75,0)	66,0 (60,0; 71,0)	68,0 (61,0; 73,0)	68,0 (61,0; 76,6)	$p_{1,2} < 0,05$ $p_{2,3} < 0,05$			
ИВО, %	28,0 (17,0; 38,0)	28,0 (18,0; 39,0)	25,0 (16,0; 30,0)	25,0 (16,0; 31,0)	26,0 (16,0; 37,0)	25,0 (17,0; 38,0)	$p_{1,2} < 0,05$			
Окципито-мастоидальные отведения										
АЧП, Ом/с	0,19 (0,15; 0,21)	0,17 (0,14; 0,20)	0,19 (0,16; 0,20)	0,16 (0,13; 0,19)	0,18 (0,15; 0,21)	0,17 (0,14; 0,19)				
МСБКН, Ом/с	2,47 (1,93; 2,63)	2,28 (1,82; 2,51)	2,43 (1,94; 2,70)	2,13 (1,69; 2,38)	2,40 (1,73; 2,71)	2,10 (1,55; 2,52)				
ДКИ, %	64,0 (58,0; 72,0)	64,0 (59,0; 76,0)	63,0 (53,0; 69,0)	60,0 (54,0; 73,0)	61,0 (52,0; 68,0)	58,0 (56,0; 74,0)	$p_{1,2} < 0,05$ $p_{1,3} < 0,05$			
ИВО, %	21,0 (19,0; 27,0)	24,0 (17,0; 26,0)	20,0 (17,0; 25,0)	21,0 (17,0; 26,0)	19,0 (17,0; 25,0)	21,0 (17,0; 26,0)	$p_{1,3} < 0,01$			

Обращает на себя внимание более выраженное и стойкое снижение тонуса мелких сосудов в затылочных отделах: ДКИ значительно снижается в ходе последнего сеанса и остается сниженным после него. Также во время последнего сеанса значительно снижается показатель ИВО как во фронтальных, так и в затылочных отделах головы. Эти данные свидетельствуют о том, что многократные сеансы БОС-тренинга у подростков с таким типом реактивности сосудов головы способствовали усилению кровенаполнения сосудов отделов головного мозга, ответственных как за когнитивную деятельность (фронтальные отделы), так и за обработку афферентной информации в центрах регуляции дыхания и кровообращения в стволовых структурах головного мозга (затылочные отделы).

У лиц группы II курс сеансов кардиотренинга способствовал повышению устойчивости тонуса сосудов, что обуславливало менее выраженное снижение кровенаполнения сосудов головы по сравнению с первым сеансом, особенно в затылочных отделах головы. Сохранение устойчивости кровенаполнения стволовых отделов головного мозга является биологически целесообразным, т. к. здесь находятся жизненно важные центры регуляции сосудистого тонуса. На первом сеансе у подростков группы II на фоне снижения пульсового кровенаполнения происходило значимое снижение МСБКН как во время, так и после сеанса биоуправления во всех областях головы (табл. 3).

При этом наблюдалось снижение ДКИ во фронтальных и в затылочных отделах головы, преимущественно справа. То есть происходило перераспределение тонуса сосудов головы за счет повышения тонуса крупных сосудов и снижения тонуса мелких сосудов, что, по-видимому, способствовало активизации кровообращения на микроциркуляторном уровне, преимущественно в правой гемисфере.

У лиц группы III на первом сеансе биоуправления согласно принципу группировки не выявлено значимых изменений кровенаполнения во фронтальных отделах головы. При этом в затылочных отделах было снижение кровенаполнения на фоне перераспределения

тонуса сосудов – повышения тонуса крупных (снижение МСБКН) и снижения тонуса мелких сосудов головы (снижение ДКИ). На последнем сеансе у лиц группы III были минимальные изменения реографических данных как во фронтальных отделах, так и в затылочных. При этом в затылочных областях лишь на последнем этапе исследования наблюдалось снижение АЧП кровенаполнения справа ($p < 0,05$) без статистически значимых изменений других показателей РЭГ. То есть, как и в группе II, произошло повышение устойчивости тонуса сосудов затылочных отделов головы к снижению их кровенаполнения.

Известно, что основным компонентом биоуправления по кардиореспираторным показателям является управление частотой и глубиной дыхания. При этом активизируется рефлекторная активность центров каротидного бассейна, дуги аорты, что активизирует миогенные и нейрогенные влияния на амплитуду колебаний стенок сосудов, в т. ч. и мозговых сосудов [3]. В это же время повышается амплитуда колебаний газов в крови – углекислого и кислорода, которые также вносят свой вклад в изменения тонуса сосудов как центральной гемодинамики, так и мозгового кровообращения. По-видимому, курс сеансов биоуправления с целью усиления вагусной активности способствует повышению устойчивости к изменениям как барорефлекторной активности, так и газов в крови в области проекции кровоснабжения стволовых структур (затылочные отделы головы). Сохранение устойчивости функции центров регуляции сосудистого тонуса и дыхания является биологически целесообразным, особенно в условиях нестабильности тонуса позвоночных артерий и выраженности синдрома вегетативных дисфункций у подростков на Севере [13, 18, 19]. В то же время усиление кровенаполнения сосудов фронтальных отделов свидетельствует об оптимизации работы центров высшей нервной деятельности (память, мышление, социальная адаптация). Облегчение венозного оттока может характеризовать оптимизацию процесса ликвородинамики и внутричерепного давления [3].

Показатели РЭГ у подростков при БОС-тренинге в режиме мониторинга (ME (25;75)) – II группа
 Таблица 3

Показатель	Фон (I)		Первый сеанс БОС-тренинга, n = 14		После БОС (3)		Достоверность различий	
	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа
Фронтно-мастоидальные отведения								
АЧП, Ом/с	0,18 (0,15; 0,24)	0,19 (0,14; 0,22)	0,16 (0,11; 0,18)	0,16 (0,13; 0,22)	0,17 (0,13; 0,23)	0,17 (0,12; 0,21)	P ₁₋₂ < 0,01 P ₂₋₃ < 0,05 P ₁₋₃ < 0,05	P ₁₋₂ < 0,05 P ₁₋₃ < 0,05
МСБКН, Ом/с	2,50 (2,18; 3,07)	2,82 (1,75; 2,90)	2,21 (1,94; 3,13)	2,32 (1,57; 2,93)	2,20 (2,03; 2,94)	2,22 (1,75; 2,67)	P ₁₋₂ < 0,01 P ₁₋₃ < 0,01	P ₁₋₂ < 0,01 P ₁₋₃ < 0,05
ДКИ, %	72,0 (67,0; 86,0)	69,0 (64,0; 86,0)	68,0 (63,0; 82,0)	65,0 (59,0; 79,0)	72,0 (65,0; 84,0)	67,0 (62,0; 81,0)	P ₁₋₂ < 0,01	P ₁₋₂ < 0,01 P ₂₋₃ < 0,01
ИВО, %	22,5 (20,0; 25,0)	23,0 (19,0; 26,0)	24,0 (21,0; 28,0)	22,0 (19,0; 26,0)	23,5 (22,0; 31,0)	24,0 (21,0; 28,0)	P ₂₋₃ < 0,05	P ₁₋₂ < 0,01 P ₂₋₃ < 0,01
Окципито-мастоидальные отведения								
АЧП, Ом/с	0,18 (0,14; 0,23)	0,17 (0,12; 0,23)	0,16 (0,12; 0,20)	0,17 (0,09; 0,21)	0,16 (0,12; 0,20)	0,16 (0,08; 0,22)	P ₁₋₃ < 0,01	
МСБКН, Ом/с	2,14 (1,91; 2,80)	2,51 (1,44; 2,86)	1,90 (1,65; 2,55)	1,83 (1,30; 2,71)	1,97 (1,64; 2,48)	1,94 (1,30; 2,47)	P ₁₋₂ < 0,01 P ₁₋₃ < 0,01	P ₁₋₂ < 0,01 P ₁₋₃ < 0,01
ДКИ, %	67,0 (63,0; 72,0)	69,0 (63,0; 71,0)	68,0 (61,5; 74,5)	63,0 (58,0; 68,0)	65,0 (62,0; 73,0)	62,0 (59,0; 67,0)	P ₁₋₂ < 0,01	P ₁₋₂ < 0,01 P ₁₋₃ < 0,05
ИВО, %	21,0 (19,0; 23,0)	20,0 (17,0; 25,0)	22,5 (19,0; 26,0)	22,0 (19,0; 24,0)	23,0 (19,0; 26,0)	21,0 (16,0; 24,0)		
Фронтно-мастоидальные отведения								
АЧП, Ом/с	0,24 (0,18; 0,28)	0,20 (0,17; 0,25)	0,20 (0,15; 0,22)	0,17 (0,15; 0,21)	0,22 (0,14; 0,25)	0,17 (0,15; 0,20)	P ₁₋₂ < 0,01 P ₂₋₃ < 0,05	P ₁₋₂ < 0,01 P ₁₋₃ < 0,05
МСБКН, Ом/с	2,57 (2,26; 3,11)	2,53 (2,14; 3,03)	2,36 (2,01; 3,18)	2,29 (2,07; 2,72)	2,51 (2,14; 3,01)	2,22 (2,04; 2,61)	P ₁₋₂ < 0,05 P ₁₋₃ < 0,05	P ₁₋₂ < 0,05 P ₁₋₃ < 0,05
ДКИ, %	61,0 (58,0; 73,0)	61,0 (53,0; 72,0)	61,0 (54,0; 67,0)	60,0 (52,0; 73,0)	66,0 (57,0; 68,0)	61,0 (56,0; 74,0)		
ИВО, %	21,0 (20,0; 23,0)	21,0 (19,0; 23,0)	21,0 (16,0; 22,0)	19,0 (18,0; 24,0)	21,0 (16,0; 24,0)	23,0 (17,0; 29,0)		
Окципито-мастоидальные отведения								
АЧП, Ом/с	0,19 (0,13; 0,27)	0,18 (0,12; 0,20)	0,17 (0,10; 0,25)	0,16 (0,11; 0,17)	0,20 (0,12; 0,26)	0,17 (0,09; 0,18)		P ₁₋₂ < 0,05 P ₁₋₃ < 0,05
МСБКН, Ом/с	2,17 (1,68; 2,90)	2,07 (1,74; 2,25)	2,00 (1,47; 2,69)	1,84 (1,58; 2,09)	2,16 (1,57; 3,31)	1,94 (1,41; 2,22)		
ДКИ, %	59,0 (55,0; 64,0)	58,0 (54,0; 64,0)	59,0 (55,0; 70,0)	67,5 (51,0; 75,0)	59,0 (54,0; 72,0)	66,0 (53,0; 71,0)		
ИВО, %	18,5 (16,0; 23,0)	19,0 (17,0; 23,0)	17,0 (15,0; 25,0)	20,5 (16,0; 25,0)	18,5 (17,0; 24,0)	21,5 (16,0; 28,0)		

Заключение. Таким образом, многократные сеансы биоуправления параметрами ритма сердца (10 сеансов) способствуют значимым перестройкам тонуса крупных и мелких сосудов головы, при которых возрастает устойчивость к снижению тонуса мозговых сосудов в затылочных отделах головы, повышение кровенаполнения сосудов на фоне снижения тонуса мел-

ких сосудов и облегчения венозного оттока во фронтальных отделах головы. При этом именно на фоне повышения амплитудно-частотного показателя во фронтальных отделах головы происходит наиболее значимое и устойчивое повышение суммарной мощности спектра ВСР как управляемого показателя при БОС-тренинге при снижении симпатической активности.

Список литературы

1. Андреева В.М., Гондарева Л.Н. Применение БОС-тренинга для коррекции дизадаптационных расстройств у курящих студентов // Материалы XX съезда Физиолог. об-ва им. И.П. Павлова. М., 2007. С. 124.
2. Баевский Р.М., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В. и др. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестн. аритмологии. 2001. № 24. С. 65–87.
3. Белякова Е.А., Рыжов А.Я. Физиологическая характеристика респираторных колебаний тонуса кровеносных сосудов головы // Вестн. Твер. гос. ун-та. 2009. № 14. С. 71–80.
4. Бразовская Н.Г. Адаптивное биоуправление на основе биологической обратной связи по динамике параметров сердечного ритма человека: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Томск, 2002. 23 с.
5. Гилева О.Б. Способность к саморегуляции в игровом биоуправлении и успешность учащихся 11–13 лет // Бюлл. сибир. медицины. 2013. Т. 12, № 2. С. 141–146.
6. Гланц С. Медико-биологическая статистика: пер. с англ. М., 1998. 459 с.
7. Грибанов А.В., Волокитина Т.В. Здоровье и функциональное развитие школьников на Европейском Севере России // Вестн. Нац. комитета «Интеллектуальные ресурсы России». 2006. № 4. С. 71–75.
8. Гудков А.Б., Шишелова О.В. Морфофункциональные особенности сердца и магистральных сосудов у детей школьного возраста. Архангельск, 2011. 152 с.
9. Ефимова Е.А. Применение БОС-тренинга в лечении детей с синдромом вегетативной дисфункции: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Пятигорск, 2007. С. 25.
10. Зенков Л.Р., Ронкин М.А. Функциональная диагностика нервных болезней. М., 2004. 488 с.
11. Красильникова М.О. Психофизиологические критерии эффективности управления variability сердечного ритма с биологической обратной связью: дис. ... канд. мед. наук. Волгоград, 2005. 129 с.
12. Кривоногова Е.В., Поскотинова Л.В., Демин Д.Б. Сравнительный анализ структуры ЭЭГ и параметров variability сердечного ритма при БОС-тренинге в зависимости от уровня серотонина в сыворотке крови у девушек 15–17 лет // Бюлл. сибир. медицины. 2011. Т. 10, № 4. С. 21–26.
13. Максимов А.Л., Лоскутова А.Н. Математические особенности структуры кардиоритма у нормотоников аборигенов и уроженцев-европеоидов Северо-Востока России // Variability сердечного ритма: теоретические аспекты и практическое применение: материалы V Всерос. симпозиума с междунар. участием. М., 2011. С. 103–106.
14. Поскотинова Л.В. Вегетативная регуляция ритма сердца и эндокринный статус молодежи в условиях Европейского Севера России. Екатеринбург, 2010. 235 с.
15. Поскотинова Л.В., Демин Д.Б., Кривоногова Е.В. Нейрофизиологические эффекты кардиотренинга при артериальной гипертензии // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки. 2013. № 2. С. 46–53.
16. Поскотинова Л.В., Семёнов Ю.Н. Способ коррекции вегетативных дисбалансов с помощью комплекса для обработки кардиоинтервалограмм и анализа variability сердечного ритма «Варикард 2.51», работающего под управлением компьютерной программы ISCIM 6.1 (BUILD 2.8), с использованием биологической обратной связи. Патент 2317771 РФ. Опубл. 27.02.2008. Бюл. № 6.
17. Рожков В.П. «Физиологическая» нестабильность шейного отдела позвоночника у детей школьного возраста: влияние на кровоснабжение структур ствола мозга // Нейронаука для медицины и психологии: материалы V Междунар. междисциплинарного конгресса. Судак, 2009. С. 190.

18. Рожков В.П., Бекшаев С.С., Сороко С.И. Сезонные перестройки гемодинамики и биоэлектрической активности головного мозга у детей и подростков Европейского Севера // Ульянов. мед.-биол. журн. 2012. № 3. С. 104–115.

19. Сороко С.И., Рожков В.П., Бурых Э.А. Показатели мозгового кровообращения у детей 7–11 лет, проживающих на Европейском Севере // Физиология человека. 2008. Т. 34, № 6. С. 37–50.

20. Guijarro E., Perez J.J., Berjano E., Ortiz P. Sensitivity of Rheoencephalographic Measurements to Spatial Brain Electrical Conductivity // Engineering in Medicine and Biology Society, 2006. EMBS '06. 28th Annual International Conference of the IEEE. 2006. Vol. 1. P. 6088–6091.

21. Poskotinova L., Demin D., Krivonogova E., Grjibovski A. Detection of a Decrease in Vagal Regulation of Cardiac Activity in Patients with Hypertension // Eur. J. Epidemiol. 2013. Vol. 28. P. 91.

References

1. Andreeva V.M., Gondareva L.N. Primenenie BOS-treninga dlya korrektsii di-zadaptatsionnykh rasstroystv u kuryashchikh studentov [Use of Biofeedback Training to Treat Disadaptive Disorders in Smoking Students]. *Materialy XX s"ezda Fiziolog. ob-va im. I.P. Pavlova* [Proc. 20th Congress of Physiological Society named after I.P. Pavlov]. Moscow, 2007, p. 124.

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. Belyakova E.A., Ryzhov A.Ya. Fiziologicheskaya kharakteristika respiratornykh kolebaniy tonusa krovenosnykh sudov golovy [Physiological Characteristics of Respiratory Fluctuations in Tonus of Capital Blood Vessel]. *Vestnik Tverskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2009, no. 14, pp. 71–80.

4. Brazovskaya N.G. *Adaptivnoe bioupravlenie na osnove biologicheskoy obratnoy svyazi po dinamike parametrov serdechnogo ritma cheloveka*: avtoref. dis. ... kand. med. nauk [Adaptive Biocontrol Based on Biofeedback According to Human Heart Rate Dynamics: Cand. Med. Sci. Diss. Abs.]. Tomsk, 2002. 23 p.

5. Gileva O.B. Sposobnost' k samoregulyatsii v igrovom bioupravlenii i uspehnost' uchashchikhsya 11–13 let [Ability to Self-Control in Biofeedback Games and Success of Pupils of 11–13 Years]. *Byulleten' sibirskoy meditsiny*, 2013, vol. 12, no. 2, pp. 141–146.

6. Glantz S.A. *Primer of Biostatistics*. 4th ed. McGraw-Hill (Russ. ed. Glants S. *Mediko-biologicheskaya statistika*. Moscow, 1998. 459 p.).

7. Griбанov A.V., Volokitina T.V. Zdorov'e i funktsional'noe razvitie shkol'nikov na Evropeyskom Severe [Health and Functional Development of Schoolchildren in the European North]. *Vestnik Natsional'nogo komiteta "Intellektual'nye resursy Rossii"*, 2006, no. 4, pp. 71–75.

8. Gudkov A.B., Shishelova O.V. *Morfofunktsional'nye osobennosti serdtsa i ma-gistral'nykh sudov u detey shkol'nogo vozrasta* [Morphological and Functional Features of the Heart and Great Vessels in Schoolchildren]. Arkhangelsk, 2011. 152 p.

9. Efimova E.A. *Primenenie BOS-treninga v lechenii detey s sindromom vegetativnoy disfunktsii*: avtoref. dis. ... kand. med. nauk [Use of Biofeedback Training in Treatment of Children with Autonomic Dysfunction Syndrome: Cand. Med. Sci. Diss. Abs.]. Pyatigorsk, 2007, p. 25.

10. Zenkov L.R., Ronkin M.A. *Funktsional'naya diagnostika nervnykh bolezney* [Functional Diagnosis of Nervous System Diseases]. Moscow, 2004. 488 p.

11. Krasil'nikova M.O. *Psikhofiziologicheskie kriterii effektivnosti upravleniya variabel'nost'yu serdechnogo ritma s biologicheskoy obratnoy svyaz'yu*: dis. ... kand. med. nauk [Psychophysiological Criteria of Efficient Control of Heart Rate Variability Using Biofeedback: Cand. Med. Sci. Diss.]. Volgograd, 2005. 129 p.

12. Krivonogova E.V., Poskotinova L.V., Demin D.B. Sravnitel'nyy analiz struktury EEG i parametrov variabel'nosti serdechnogo ritma pri BOS-treninge v zavisimosti ot urovnya serotoninina v syvorotke krovi u devushek 15–17 let [Comparative Analysis of the EEG Components and Heart Rate Variability During Biofeedback Training, Depending on the Serotonin Serum Level in Girls Aged 15–17 Years]. *Byulleten' sibirskoy meditsiny*, 2011, vol. 10, no. 4, pp. 21–26.

13. Maksimov A.L., Loskutova A.N. Matematicheskie osobennosti struktury kardiiritma u normotonikov aborigenov i urozhtentsev-evropeoidov Severo-Vostoka Rossii [Mathematical Features of Heart Rate Structure in Normotensive Aborigines and Caucasian Natives of the Northeast of Russia]. *Variabel'nost' serdechnogo ritma: teoreticheskie aspekty i prakticheskoe primenenie: materialy V Vseros. simpoziuma s mezhdunar. uchastiem* [Heart Rate Variability: Theoretical Aspects and Practical Use: Proc. 5th All-Russian Symp. with Int. Participation]. Moscow, 2011, pp. 103–106.

14. Poskotinova L.V. *Vegetativnaya regulyatsiya ritma serdtsa i endokrinnyy status molodezhi v usloviyakh Evropeyskogo Severa Rossii* [Vegetative Regulation of Heart Rate, and Endocrine Status of Young People in the European North of Russia]. Yekaterinburg, 2010. 235 p.

15. Poskotinova L.V., Demin D.B., Krivonogova E.V. Neyrofiziologicheskie efekty kardiotreninga pri arterial'noy gipertenzii [Neurophysiological Effects of Cardiovascular Biofeedback Training in Patients with Hypertension]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Ser.: Mediko-biologicheskie nauki*, 2013, no. 2, pp. 46–53.

16. 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 Autonomic Imbalances Correction Using the Complex for Cardiointervalogram Processing and HRV Analysis "Varikard 2.51" Controlled by ISCIM 6.1 (BUILD 2.8) Computer Program, with Biofeedback]. Patent RF no. 2317771.

17. Rozhkov V.P. "Fiziologicheskaya" nestabil'nost' sheynogo otdela pozvonochnika u detey shkol'nogo vozrasta: vliyanie na krovosnabzhenie struktur stvola mozga ["Physiological" Instability of the Cervical Spine in Schoolchildren: The Effect on Blood Flow to the Brain Stem Structures]. *Neyronauka dlya meditsiny i psikhologii: materialy V Mezhdunar. mezhdistsiplinarnogo kongressa* [Neuroscience for Medicine and Psychology: The 5th Int. Interdisciplinary Congress]. Sudak, 2009, p. 190.

18. Rozhkov V.P., Bekshaev S.S., Soroko S.I. Sezonnnye perestroyki gemodinamiki i bioelektricheskoy aktivnosti golovnogogo mozga u detey i podrostkov Evropeyskogo Severa [Seasonal Changes of the Brain Hemodynamics and Bioelectrical Activity in Children and Adolescents from the European North]. *Ul'yanovskiy mediko-biologicheskii zhurnal*, 2012, no. 3, pp. 104–115.

19. Soroko S.I., Rozhkov V.P., Burykh E.A. Pokazateli mozgovogo krovoobrashcheniya u detey 7–11 let, prozhivayushchikh na Evropeyskom Severe [Parameters of Cerebral Blood Flow of 7- to 11-Year-Old Children Living in Northern European Russia]. *Fiziologiya cheloveka*, 2008, vol. 34, no. 6, pp. 37–50.

20. Guijarro E., Perez J.J., Berjano E., Ortiz P. Sensitivity of Rheoencephalographic Measurements to Spatial Brain Electrical Conductivity. *Engineering in Medicine and Biology Society, 2006. EMBS '06. 28th Annual International Conference of the IEEE*, 2006, vol. 1, pp. 6088–6091.

21. Poskotinova L., Demin D., Krivonogova E., Grjibovski A. Detection of a Decrease in Vagal Regulation of Cardiac Activity in Patients with Hypertension. *Eur. J. Epidemiol.*, 2013, vol. 28, p. 91.

Kamenchenko Ekaterina Aleksandrovna
Arkhangelsk Teachers College (Arkhangelsk, Russia)

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 (Arkhangelsk, Russia)

Krivonogova Elena Vyacheslavovna

The Institute of Environmental Physiology,
Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (Arkhangelsk, Russia)

RHEOENCEPHALOGRAM PARAMETERS IN ADOLESCENTS AT MONITORING OF HEART RATE VARIABILITY BIOFEEDBACK TRAINING

Different variants of changes in rheoencephalogram (REG) parameters in adolescents during monitoring of heart rate variability (HRV) biofeedback training were determined. We surveyed 41 adolescents living in the European North and aged 15–17 years. Each of them performed the first session of HRV biofeedback, recording REG parameters before, during and after the biofeedback session (5 minutes long records). Hereafter we held 8 sessions of HRV biofeedback every day or every other day, and at the last 10th session we recorded HRV and REG parameters before, during and after biofeedback training session. It was established that multiple sessions of HRV biofeedback help reconstruct the tone of large and small vessels of the head, which raises the resistance to cerebral vasodepression in the occipital lobe, and increase the blood filling of the vessels in the frontal lobe while reducing the tone of small vessels and facilitating venous outflow. The most significant stable increase in the total capacity of HRV spectrum, as a controllable parameter at biofeedback training (10 sessions), and reduction in sympathetic activity in adolescents were observed when blood filling of the vessels in the frontal lobe increased.

Keywords: *rheoencephalogram, biofeedback, heart rate variability, adolescents.*

Контактная информация:

Каменченко Екатерина Александровна

адрес: 163009, Архангельск, ул. Смольный Буян, д. 5, корп. 1

e-mail: volkovakate506@yandex.ru

Поскотинова Лилия Владимировна

адрес: 163000, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 249

e-mail: liliya200572@mail.ru

Дёмин Денис Борисович

адрес: 163000, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 249

e-mail: denisdemin@mail.ru

Кривоногова Елена Вячеславовна

адрес: 163000, г. Архангельск, просп. Ломоносова, д. 249

e-mail: elena200280@mail.ru

Рецензент – *Ишеков Н.С.* доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой возрастной физиологии и валеологии института естественных наук и биомедицины САФУ имени М.В. Ломоносова