

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

ДИНАМИКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ПРИ БИОУПРАВЛЕНИИ ПАРАМЕТРАМИ РИТМА СЕРДЦА У ПОДРОСТКОВ ЗАПОЛЯРЬЯ

©© 2013 г. ¹Е. А. Каменченко, ^{1,2}Л. В. Поскотинова¹Институт физиологии природных адаптаций УрО РАН,²Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова, г. Архангельск

Определены варианты изменений показателей реоэнцефалограммы (РЭГ) у проживающих в Заполярье подростков 15–17 лет при однократном сеансе биоуправления параметрами ритма сердца для усиления вагусных влияний на ритм сердца. Усиление кровенаполнения и снижение тонуса крупных сосудов фронтальных отделов головного мозга происходит у лиц с исходно низкими уровнями амплитудно-частотного показателя в данных отделах мозга. Снижение кровенаполнения отделов головного мозга и повышение тонуса крупных сосудов преимущественно слева происходит у лиц с исходно высоким амплитудно-частотным показателем преимущественно слева. Наиболее продолжительный эффект биоуправления параметрами ритма сердца выявлен на фоне минимальных изменений тонуса сосудов во фронтальных отделах головы, повышения тонуса крупных и снижения тонуса мелких сосудов в вертебробазилярном бассейне. Варианты изменений РЭГ могут быть учтены для прогноза направленности сосудистых изменений при разработке программы коррекции методом биоуправления параметрами ритма сердца у подростков с вегетососудистыми нарушениями.

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

Проблема коррекции вегетативных дисфункций у подростков циркумпольных 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 [12, 15, 16, 19]. Одним из перспективных методов немедикаментозной коррекции сосудистой дистонии является метод адаптивного биоуправления сердечно-сосудистыми параметрами с использованием биологической обратной связи (БОС) [21]. При БОС-тренинге происходит снижение частоты сердечных сокращений, симпатикотонии и повышение вагусных резервов регуляции сердечного ритма, что обуславливает снижение риска артериальной гипертензии, психоэмоциональных расстройств и повышение социальной адаптации детей и подростков [3, 10]. Важным компонентом стратегии БОС-тренинга является управление ритмом и глубиной дыхания. Известно, что изменения характеристик дыхания отражаются в респираторных колебаниях сосудов (преимущественно экстракраниальных), а также влияют на внутричерепное давление, циркуляцию ликвора, венозный отток из полости черепа [2]. Поэтому произвольно управляемое дыхание сопряжено с изменениями реакций как центральных, так и мозговых сосудов [2]. Этот механизм сопряжения респираторных и сосудистых реакций используется при коррекции дистонии мозговых сосудов в виде биоуправления параметрами реоэнцефалограммы (РЭГ) [6]. Несмотря на развитие ультразвуковых методов, реоэнцефалография как метод оценки тонуса сосудов головы в определенных условиях остается актуальной. Экспериментальные и математические исследования реографических данных доказывают наличие в составе показателей РЭГ интракраниальной составляющей [22], что позволяет использовать данный метод оценки тонуса мозговых сосудов в режиме динамических нагрузок.

Данные ультразвукового и реографического видов исследования мозговых сосудов у подростков Севера свидетельствуют об их относительно сниженном тонусе [18], о выраженной межполушарной асимметрии кровенаполнения сосудов, преимущественно позвоночных артерий [7, 18]. В ряде причин такого снижения тонуса сосудов можно указать анатомические особенности позвоночных артерий (компрессия позвоночных артерий) [20], снижение реактивности сосудов к изменениям газового состава воздушной среды (при моделировании состояний гипо- и гиперкапнии), а также более позднее завершение формирования механизмов центральной гемодинамики и механизмов ауторегуляции мозгового кровотока у подростков-северян в сравнении со сверстниками из среднеширотных регионов [7, 18]. Результаты наших исследований [13] также свидетельствуют о сниженном тонусе

сосудов головного мозга (преимущественно крупного и среднего калибра), выраженной межполушарной асимметрии кровенаполнения (преимущественно левосторонней) и тенденции к повышению индекса венозного оттока (преимущественно во фронтальных отделах) у подростков 15–17 лет приполярных территорий Архангельской области относительно среднеширотных данных. Особые климатогеографические условия Заполярья обуславливают специфику биоэлектрической активности головного мозга и вегетативных структур подростков [8, 11], что предопределяет необходимость отдельного от территории других широтных зон, в том числе соседнего Приполярья, рассмотрения реактивности реографических показателей у подростков данного региона.

Таким образом, целью настоящего исследования явилось определение характера изменений тонуса церебральных сосудов по данным РЭГ у подростков Заполярья 15–17 лет при однократном сеансе биоуправления с целью усиления вагусных влияний на ритм сердца.

Методы

Методом случайной выборки обследованы 42 практически здоровых подростка 15–17 лет (21 мальчик, 21 девочка), родившихся и проживающих на территории Ненецкого автономного округа. От всех обследованных лиц и их родителей получено информированное согласие на участие в исследовании; этические принципы исследования согласованы с ученым советом Института физиологии природных адаптаций УрО РАН, выполняющим функции этического комитета. Оценивали показатели 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 и окципито-мастоидальных 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, %), коэффициент межполушарной асимметрии [9]. 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.) [1] и суммарную мощность спектра ВСР (ТР, мс²). Исследование включало три этапа: фоновую запись (5 минут), тренинг биоуправления с использованием биологической обратной связи (БОС-тренинг) с целью увеличения суммарной мощности спектра ВСР (5 минут) [14] и время после БОС-тренинга (5 минут). У всех подростков, принимавших участие в данном обследовании, БОС-тренинг сопровождался повышением показателя ТР и снижением ИН.

Статистическую обработку материалов проводили

с помощью программы STATISTICA 5.5. В связи с тем, что распределение значений в выборках не подчинялось закону нормального распределения (оценка по критерию Шапиро – Уилка), данные представлены медианой (Me), нижним и верхним квартилями (25 и 75 перцентили). Уровень статистически значимых различий в группах определяли с помощью непараметрических критериев Манна – Уитни (для независимых выборок) и Вилкоксона (для зависимых выборок) с учетом попарного сравнения трех выборок при $p < 0,017$ [5].

Результаты

Изменения реографических показателей в ходе сеанса БОС-тренинга у всех обследованных подростков были разнонаправленными. Учитывая важность сохранения перфузионного давления во фронтальных отделах головного мозга как наиболее значимых с позиции когнитивной деятельности, решено распределить обследованных на группы в зависимости от изменения кровенаполнения сосудов во фронтальных отделах. Так, в I группу вошли лица с увеличением АЧП во фронтальных отделах в ходе сеанса биоуправления ($n = 12$), во II группу – со снижением такового ($n = 10$) и III группу – с минимальными изменениями АЧП (менее 10 % изменений от фоновых значений) во фронтальных отделах ($n = 20$). Средний возраст и процентные доли лиц мужского и женского пола в группах оказались статистически одинаковыми.

Установлено, что у лиц I группы во время сеанса БОС-тренинга выявлено значимое повышение АЧП как слева, так и справа во фронтальных отделах за счет снижения тонуса крупных сосудов (МСБКН значимо выше при биоуправлении как справа, так и слева) – табл. 1. После сеанса биоуправления величины АЧП и МСБКН у подростков возвращались к исходным, так как статистически значимых различий в показателях до и после биоуправления не выявлено. В затылочных отделах у лиц этой группы значимых различий реографических показателей не выявлено.

У подростков II группы (табл. 2) во время сеанса биоуправления отмечено снижение кровенаполнения как во фронтальных, так и затылочных отделах головного мозга (АЧП значимо ниже при биоуправлении как слева, так и справа). При этом эффект снижения показателя АЧП сохранился и после биоуправления, что отражено в значимом снижении АЧП после БОС-тренинга по отношению к фоновым величинам во фронтальных отделах и затылочных слева. Тонус крупных сосудов слева как во фронтальных отделах, так и вертебробазиллярном бассейне после сеанса биоуправления повысился (значение МСБКН значимо ниже после БОС-тренинга). Стоит отметить, что исходные значения РЭГ у подростков всех групп отличались лишь по показателю АЧП слева во фронтальных отделах мозга, который у лиц II группы был максимальным и значимо выше, чем у подростков I группы.

Таблица 1

Показатели реоэнцефалограммы у подростков 15–17 лет Заполярья при биоуправлении параметрами ритма сердца
Ме (25; 75) – I группа (n = 12)

Показатель	Фон (1)		БОС-тренинг (2)		После БОС-тренинга (3)		p	
	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа
Фронтально-мастоидальное отведение								
АЧП, Ом/с	0,19 (0,13; 0,24)	0,18 (0,14; 0,22)	0,21 (0,16; 0,29)	0,23 (0,18; 0,25)	0,20 (0,16; 0,27)	0,20 (0,16; 0,23)	(1–2) 0,009 (1–3) 0,041 (2–3) 0,007	(1–2) 0,001 (1–3) 0,034 (2–3) 0,008
МСБКН, Ом/с	2,10 (1,71; 3,08)	2,21 (1,99; 2,68)	2,62 (1,89; 3,56)	2,64 (2,35; 3,09)	2,49 (2,04; 3,05)	2,33 (2,01; 2,85)	(1–2) 0,006 (1–3) 0,173 (2–3) 0,009	(1–2) 0,003 (1–3) 0,506 (2–3) 0,001
ДКИ, %	71,5 (55,5; 81,5)	73,5 (59,5; 80,0)	67,5 (58; 79,0)	67,5 (56,5; 81,0)	70,5 (56,0; 81,5)	70,5 (52,5; 78,5)	(1–2) 0,916 (1–3) 0,582 (2–3) 0,844	(1–2) 0,442 (1–3) 0,272 (2–3) 0,576
ИВО, %	24,0 (18,5; 29,0)	25,5 (19,5; 30,0)	22,5 (20,0; 27,0)	24,5 (21,0; 29,5)	25,5 (19,5; 29,0)	27,5 (20,0; 30,0)	(1–2) 0,824 (1–3) 0,929 (2–3) 0,593	(1–2) 0,753 (1–3) 0,721 (2–3) 0,286
Окципито-мастоидальное отведение								
АЧП, Ом/с	0,21 (0,13; 0,25)	0,18 (0,14; 0,22)	0,19 (0,12; 0,26)	0,17 (0,14; 0,23)	0,20 (0,13; 0,26)	0,16 (0,15; 0,23)	(1–2) 0,875 (1–3) 0,332 (2–3) 0,284	(1–2) 0,812 (1–3) 0,476 (2–3) 0,722
МСБКН, Ом/с	2,20 (1,52; 3,05)	2,09 (1,76; 2,54)	2,23 (1,51; 3,37)	2,05 (1,71; 2,85)	2,33 (1,42; 3,31)	1,87 (1,80; 2,59)	(1–2) 0,507 (1–3) 0,807 (2–3) 0,814	(1–2) 0,382 (1–3) 0,600 (2–3) 0,182
ДКИ, %	68,0 (51,5; 76,5)	67,5 (57,0; 80,5)	63,0 (53,0; 74,5)	64,5 (47,5; 76,0)	64,0 (53,0; 74,0)	66,5 (53,5; 74,5)	(1–2) 0,350 (1–3) 0,147 (2–3) 0,040	(1–2) 0,689 (1–3) 0,107 (2–3) 0,209
ИВО, %	23,5 (17,5; 27,0)	24,0 (19,5; 29,5)	21,5 (19,0; 27,0)	24,0 (19,0; 32,0)	21,0 (18,0; 26,5)	22,0 (19,5; 30,0)	(1–2) 0,307 (1–3) 0,893 (2–3) 0,116	(1–2) 0,386 (1–3) 0,813 (2–3) 0,308

Таблица 2

Показатели реоэнцефалограммы у подростков 15–17 лет Заполярья при биоуправлении параметрами ритма сердца
Ме (25; 75) – II группа (n = 10)

Показатель	Фон (1)		БОС-тренинг (2)		После БОС-тренинга (3)		p	
	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа
Фронтально-мастоидальное отведение								
АЧП, Ом/с	0,26 (0,20; 0,29) (I–II) 0,016	0,21 (0,18; 0,27)	0,22 (0,18; 0,22)	0,21 (0,17; 0,23)	0,23 (0,18; 0,23)	0,21 (0,17; 0,23)	(1–2) 0,011 (1–3) 0,010 (2–3) 0,575	(1–2) 0,011 (1–3) 0,007 (2–3) 0,932
МСБКН, Ом/с	2,84 (2,42; 3,45)	2,64 (1,99; 3,35)	2,69 (2,43; 2,97)	2,63 (1,91; 2,97)	2,77 (2,17; 3,02)	2,73 (1,86; 2,96)	(1–2) 0,015 (1–3) 0,007 (2–3) 0,260	(1–2) 0,066 (1–3) 0,020 (2–3) 0,767
ДКИ, %	70,5 (67,0; 79,0)	75,5 (66,0; 84,0)	72,5 (60,0; 76,0)	74,5 (59,0; 79,0)	67,5 (61,0; 81,0)	70,5 (59,0; 81,0)	(1–2) 0,233 (1–3) 0,233 (2–3) 0,858	(1–2) 0,343 (1–3) 0,161 (2–3) 0,812
ИВО, %	29,0 (22,0; 37,0)	29,0 (21,0; 37,0)	26,5 (18,0; 35,0)	26,0 (21,0; 35,0)	30,5 (21,0; 34,0)	26,5 (21,0; 36,0)	(1–2) 0,483 (1–3) 0,833 (2–3) 0,262	(1–2) 0,635 (1–3) 0,398 (2–3) 0,722
Окципито-мастоидальное отведение								
АЧП, Ом/с	0,25 (0,17; 0,27)	0,18 (0,15; 0,25)	0,22 (0,16; 0,24)	0,17 (0,13; 0,21)	0,20 (0,18; 0,24)	0,16 (0,13; 0,22)	(1–2) 0,007 (1–3) 0,010 (2–3) 0,273	(1–2) 0,015 (1–3) 0,288 (2–3) 0,916
МСБКН, Ом/с	2,69 (2,09; 3,00)	2,13 (1,87; 2,56)	2,49 (2,05; 2,77)	2,14 (1,85; 2,24)	2,31 (2,17; 2,59)	2,05 (1,56; 2,45)	(1–2) 0,085 (1–3) 0,010 (2–3) 0,109	(1–2) 0,123 (1–3) 0,109 (2–3) 0,767
ДКИ, %	65,0 (60,0; 68,0)	65,0 (58,0; 67,0)	63,5 (54,0; 69,0)	66,0 (53,0; 73,0)	65,5 (58,0; 71,0)	63,5 (57,0; 72,0)	(1–2) 0,553 (1–3) 0,678 (2–3) 0,635	(1–2) 0,767 (1–3) 0,310 (2–3) 0,722
ИВО, %	21,5 (18,0; 24,0)	20,5 (15,0; 24,0)	20,5 (18,0; 25,0)	21,5 (16,0; 26,0)	23,0 (18,0; 26,0)	22,0 (15,0; 24,0)	(1–2) 0,529 (1–3) 0,161 (2–3) 0,123	(1–2) 0,236 (1–3) 0,068 (2–3) 0,735

При анализе динамики показателей РЭГ у лиц III группы во время сеанса БОС-тренинга изменения тонуса сосудов во фронтальных отделах были минимальными (табл. 3). Отмечена тенденция повышения показателя МСБКН, который в последующем значительно снизился во фронтальных отделах мозга. Более выражено изменился показатель МСБКН в затылочных отделах. Здесь МСБКН значительно снижалась при биоуправлении и затем после завершения сеанса достигла минимальных величин. Показатель ДКИ снижался при биоуправлении, однако статистически значимо он снизился лишь после сеанса БОС-тренинга по отношению к фоновому показателю.

Значимая межполушарная асимметрия по фоновому показателю АЧП в среднем по всей выборке выявлена у 22 подростков – у 16 (38,1 %) левосторонняя и у 6 (14,3 %) правосторонняя во фронтальных и затылочных отделах. Процесс БОС-тренинга значимо не повлиял на характер межполушарной асимметрии у обследованных лиц.

Фоновые величины параметров вегетативной регуляции ритма сердца в группах были статистически значимо идентичными (табл. 4). Значимых же изменений частоты сердечных сокращений в группах не выявлено. При этом прирост суммарной мощности спектра ВСП и снижение индекса напряжения при БОС-тренинге наблюдались у всех подростков независимо от группы. Показатели ТР и ИН у подростков I и II групп после БОС-тренинга вернулись к ис-

ходным величинам, так как статистически значимых различий между фоновыми значениями и значениями после БОС-тренинга не выявлено.

В III группе после БОС-тренинга у подростков снизилась суммарная мощность ВСП, однако по отношению к фоновому показателю она осталась значимо выше. Обратная динамика наблюдалась в отношении индекса напряжения. Данные изменения показателей ВСП свидетельствуют о сохранении вагусных влияний на ритм сердца и после прекращения сеанса биоуправления.

Обсуждение результатов

Разнонаправленная реактивность тонуса мозговых сосудов при сеансе биоуправления обусловлена рядом причин, из которых ведущими можно назвать высокую степень ауторегуляции и автономности механизмов регуляции тонуса мозговых сосудов от изменений центральной гемодинамики, а также значимость исходного уровня тонуса сосудов. Очевидно, что у лиц I группы исходно низкое объемное кровенаполнение во фронтальных отделах головы, определяемое по АЧП, обусловило реакцию повышения данного показателя и относительного снижения тонуса магистральных сосудов (повышение МСБКН). Обратная реакция была выявлена при исходно повышенных уровнях АЧП преимущественно слева (II группа). Кроме того, у лиц II группы на фоне тенденции более высокого исходно кровенаполнения в затылочных отделах относительно

Таблица 3

Показатели реоэнцефалограммы у подростков 15–17 лет Заполярья при биоуправлении параметрами ритма сердца
Me (25; 75) – III группа (n = 20)

Показатель	Фон (1)		БОС-тренинг (2)		После БОС-тренинга (3)		p	
	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа
Фронтально-мастоидальное отведение								
АЧП, Ом/с	0,19 (0,15; 0,28)	0,18 (0,14; 0,24)	0,20 (0,15; 0,28)	0,19 (0,15; 0,25)	0,21 (0,15; 0,28)	0,18 (0,14; 0,22)	(1–2) 0,683 (1–3) 0,148 (2–3) 0,118	(1–2) 0,327 (1–3) 0,285 (2–3) 0,120
МСБКН, Ом/с	2,18 (1,87; 3,07)	2,30 (1,95; 2,70)	2,28 (1,76; 3,03)	2,38 (1,85; 2,60)	2,21 (1,80; 2,85)	2,25 (1,83; 2,61)	(1–2) 0,420 (1–3) 0,103 (2–3) 0,011	(1–2) 0,658 (1–3) 0,126 (2–3) 0,016
ДКИ, %	69,0 (55,0; 78,0)	69,0 (55,0; 83,0)	66,0 (56,5; 76,0)	63,0 (57,0; 75,5)	67,0 (54,0; 76,0)	66,0 (54,0; 75,0)	(1–2) 0,278 (1–3) 0,206 (2–3) 0,717	(1–2) 0,141 (1–3) 0,052 (2–3) 0,756
ИВО, %	24,5 (22,0; 30,5)	26,0 (21,0; 31,5)	24,5 (21,5; 30,5)	24,5 (22,0; 27,0)	24,0 (20,0; 32,0)	27,0 (19,0; 31,0)	(1–2) 0,239 (1–3) 0,609 (2–3) 0,334	(1–2) 0,078 (1–3) 0,334 (2–3) 0,133
Окципито-мастоидальное отведение								
АЧП, Ом/с	0,18 (0,14; 0,26)	0,16 (0,13; 0,22)	0,18 (0,13; 0,25)	0,15 (0,13; 0,19)	0,18 (0,13; 0,23)	0,15 (0,11; 0,19)	(1–2) 0,519 (1–3) 0,172 (2–3) 0,083	(1–2) 0,196 (1–3) 0,041 (2–3) 0,107
МСБКН, Ом/с	2,16 (1,59; 2,90)	2,15 (1,60; 2,36)	2,03 (1,50; 2,79)	2,00 (1,58; 2,26)	1,70 (1,45; 2,67)	1,79 (1,38; 2,25)	(1–2) 0,736 (1–3) 0,006 (2–3) 0,001	(1–2) 0,481 (1–3) 0,010 (2–3) 0,003
ДКИ, %	66,0 (55,5; 68,5)	60,5 (53,5; 72,5)	62,0 (53,5; 74,0)	59,0 (52,5; 67,5)	60,0 (52,0; 67,0)	58,0 (52,0; 64,0)	(1–2) 0,344 (1–3) 0,016 (2–3) 0,285	(1–2) 0,747 (1–3) 0,011 (2–3) 0,135
ИВО, %	22,0 (18,5; 25,5)	23,0 (18,0; 25,0)	22,0 (19,5; 25,0)	22,0 (16,5; 24,5)	23,0 (17,0; 28,0)	21,0 (16,0; 24,0)	(1–2) 0,605 (1–3) 0,470 (2–3) 0,236	(1–2) 0,513 (1–3) 0,683 (2–3) 0,280

Таблица 4

Показатели вариабельности сердечного ритма у подростков 15–17 лет Заполярья при биоуправлении параметрами ритма сердца
Me (25; 75)

Показатель	I группа, n=12			II группа, n=10			III группа, n=20		
	Фон (1)	БОС-тренинг (2)	После БОС-тренинга (3)	Фон (1)	БОС-тренинг (2)	После БОС-тренинга (3)	Фон (1)	БОС-тренинг (2)	После БОС-тренинга (3)
ЧСС, уд./мин	79,0 (75,0; 85,0)	78,0 (76,0; 82,0)	79,0 (76,0; 84,0)	87,0 (81,0; 88,0)	83,0 (81,0; 88,0)	85,0 (81,0; 90,0)	81,0 (72,0; 88,0)	80,0 (73,0; 87,0)	81,0 (73,0; 87,5)
p			(1–2) 0,858 (1–3) 0,045 (2–3) 0,202	(I–II) 0,141	(I–II) 0,076	(1–2) 0,888 (1–3) 0,362 (2–3) 0,176 (I–II) 0,191	(II–III) 0,495 (I–III) 0,494	(II–III) 0,421 (I–III) 0,592	(1–2) 0,660 (1–3) 0,118 (2–3) 0,052 (II–III) 0,508 (I–III) 0,684
TP, 1000 мс ²	1,51 (0,84; 2,56)	3,94 (2,96; 6,32)	1,62 (1,10; 2,62)	1,84 (1,39; 2,62)	6,16 (3,85; 7,37)	2,37 (1,66; 3,39)	2,80 (1,75; 3,53)	5,62 (4,09; 8,01)	3,73 (2,11; 4,28)
p			(1–2) 0,001 (1–3) 0,700 (2–3) 0,001	(I–II) 0,442	(I–II) 0,525	(1–2) 0,007 (1–3) 0,138 (2–3) 0,007 (I–II) 0,442	(II–III) 0,073 (I–III) 0,143 (I–III) 0,197	(II–III) 0,777 (I–III) 0,197	(1–2) 0,001 (1–3) 0,015 (2–3) 0,001 (II–III) 0,278 (I–III) 0,014
ИН, усл.ед.	147,5 (102,5; 349,5)	75,0 (43,5; 90,5)	168,5 (102,5; 281,5)	134,0 (102,0; 225,0)	63,0 (47,0; 93,0)	105,0 (96,0; 251,0)	94,5 (61,0; 191,0)	46,0 (29,0; 86,0)	89,0 (46,0; 145,5)
p			(1–2) 0,001 (1–3) 0,248 (2–3) 0,001	(I–II) 0,664	(I–II) 0,664	(1–2) 0,008 (1–3) 0,767 (2–3) 0,011 (I–II) 0,763	(II–III) 0,257 (I–III) 0,230	(II–III) 0,620 (I–III) 0,808	(1–2) 0,001 (1–3) 0,016 (2–3) 0,001 (II–III) 0,179 (I–III) 0,073

I группы также происходило снижение АЧП слева. Известно, что передние отделы правого полушария доминируют в сердечно-сосудистой афферентации, в том числе при произвольной регуляции ритма сердца [4]. По-видимому, сохранение уровня кровенаполнения в правой гемисфере необходимо для поддержания адекватного кровоснабжения данных отделов мозга. При этом выраженность межполушарной левосторонней асимметрии снижалась за счет преимущественного снижения кровенаполнения в левой гемисфере. В целом данные изменения реографических показателей следует рассматривать с позиции оптимизации тонуса сосудов головы – при исходном дефиците кровенаполнения происходит его увеличение, а при избыточном кровенаполнении на фоне относительного гипотонуса крупных сосудов – снижение кровенаполнения. У лиц III группы, которая оказалась наиболее многочисленной (почти половина выборки), минимальные изменения показателей РЭГ во фронтальных отделах относительно фона отразили низкую реактивность сосудов бассейна сонных артерий на данный вид воздействия. Однако выраженное снижение показателей МСБКН и ДКИ в затылочных отделах от фона к этапу после БОС-тренинга свидетельствует о повышении тонуса крупных сосудов и снижении тонуса мелких сосудов в вертебробазиллярном бассейне у данных лиц. Стоит отметить, что у подростков III группы после БОС-тренинга сохраняются относительно высокие значения суммарной мощности ВСР и низкие значения индекса напряжения относительно фона. То есть можно предположить, что реакция на

БОС-тренинг у подростков этой группы достаточно стойкая и сохраняется после тренинга на фоне перераспределения тонуса крупных и мелких сосудов в вертебробазиллярном бассейне. С. И. Сороко с соавторами [18] показали, что у подростков Севера существует региональное перераспределение мозгового кровотока при воздействии экстремальных факторов среды в пользу стволовых центров головного мозга, которые регулируют витальные функции организма. По-видимому, длительность эффекта биоуправления может быть обусловлена оптимизацией кровообращения на уровне микроциркуляции именно на уровне стволовых структур.

Наличие выраженной межполушарной асимметрии весьма характерно для подростков Архангельской области [7, 18]. Наличие левосторонней асимметрии кровенаполнения часто встречается и у подростков 15–16 лет, проживающих в средних широтах [17]. Представленные распределения лево- и правосторонней межполушарной асимметрии в целом соответствует таковым у подростков Архангельской области [13].

Таким образом, учитывая то, что у всех подростков сеанс БОС-тренинга был эффективным и исходные значения вегетативных показателей были статистически значимо одинаковыми, можно говорить о наличии различных стратегий сосудисто-вегетативного обеспечения эффективности биоуправления параметрами ритма сердца у здоровых подростков Заполярья. Усиление кровенаполнения и снижение тонуса крупных сосудов фронтальных отделов головного

мозга происходит у лиц с исходно низкими уровнями амплитудно-частотного показателя в данных отделах мозга. Снижение кровенаполнения отделов головного мозга и повышение тонуса крупных сосудов преимущественно слева происходит у лиц с исходно высоким амплитудно-частотным показателем преимущественно слева. Наиболее стойкий эффект биоуправления параметрами ритма сердца выявлен на фоне минимальных изменений тонуса сосудов во фронтальных отделах головы, повышения тонуса крупных и снижения тонуса мелких сосудов в вертебробазилярном бассейне.

Данные варианты изменений РЭГ могут быть учтены для прогноза направленности сосудистых изменений при разработке индивидуальной программы коррекции методом биоуправления параметрами ритма сердца у подростков с вегетососудистыми нарушениями.

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

Список литературы

1. Баевский Р. М., Иванов Г. Г., Чирейкин Л. В. и др. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии. 2001. № 24. С. 65–87.
2. Белякова Е. А., Рыжов А. Я. Физиологическая характеристика респираторных колебаний тонуса кровеносных сосудов головы // Вестник Тверского государственного университета. 2009. № 14. С. 71–80.
3. Вангевич О. А., Донская О. Г., Зубков А. А., Штарк М. Б. Игровое биоуправление и стресс-зависимые состояния // Бюллетень СО РАМН. 2004. № 3(313). С. 53–60.
4. Глазкова В. А., Свидерская 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.
5. Гланц С. Медико-биологическая статистика / пер. в англ. М. : Практика, 1998. 459 с.
6. Голованов А. И. Функциональное биоуправление с биологической обратной связью в реабилитации больных дисциркуляторной энцефалопатией // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2004. Т. 41, № 6. С. 134–138.
7. Гудков А. Б., Шишелова О. В. Морфофункциональные особенности сердца и магистральных сосудов у детей школьного возраста. Архангельск : Изд-во Северного государственного медицинского университета, 2011. 152 с.
8. Дёмин Д. Б. Зависимость ЭЭГ-характеристик от тиреоидного статуса у подростков Архангельской области и Ненецкого автономного округа // Экология человека. 2013. № 4. С. 43–48
9. Зенков Л. Р., Ронкин М. А. Функциональная диагностика нервных болезней (руководство для врачей). М. : МЕДпресс-информ, 2004. 488 с.
10. Кистенева Р. А., Кистенев Ю. В., Пеккер Я. С. и др. Коррекция психоэмоционального напряжения у детей младшего школьного возраста с особыми образовательными потребностями с использованием адаптивного биоуправления // Бюллетень сибирской медицины. 2010. № 2. С. 113–118.
11. Кривоногова Е. В., Поскотинова Л. В., Дёмин Д. Б., Ставинская О. А. Биоуправление параметрами variability ритма сердца и уровень серотонина у молодых лиц Ненецкого автономного округа и Архангельской области // Фундаментальные исследования. 2012. № 11 (часть 1). С. 25–29.
12. Меньшикова Л. И., Макарова В. И. Основные проблемы здоровья детей на Севере России // Экология человека. 2003. № 1. С. 39–41.
13. Поскотинова Л. В., Каменченко Е. А. Показатели реоэнцефалограммы покоя у здоровых подростков 15–17 лет на Европейском Севере // Экология человека. 2011. № 9. С. 36–44.
14. Поскотинова Л. В., Семенов 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 : пат. 2317771 Рос. Федерация. Оpubл. 27.02.2008. Бюл. № 6.
15. Пушкина В. Н., Грибанов А. В. Сезонные изменения взаимоотношений показателей кардиореспираторной системы у юношей в условиях циркумпольного региона // Экология человека. 2012. № 9. С. 26–31.
16. Рожков В. П., Бекшаев С. С., Сороко С. И. Сезонные перестройки гемодинамики и биоэлектрической активности головного мозга у детей и подростков Европейского Севера // Ульяновский медико-биологический журнал. 2012. № 3. С. 104–115.
17. Русанов В. Б. Влияние информационной среды на функциональные особенности мозгового кровообращения формирующегося организма [Электронный ресурс] // Биомедицинский журнал Medline.ru. 2007. Т. 8. С. 445–454 (дата обращения: 13.02.13).
18. 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.
19. Токарев С. А., Буганов А. А., Уманская Е. Л. Препараты и пути профилактики сердечно-сосудистой патологии у подростков Крайнего Севера // Педиатрия. Журнал им. Г. Н. Сперанского. 2005. № 2. С. 83–86.
20. Шишелова О. В., Гудков А. Б. Морфофункциональные особенности брахиоцефальных артерий у детей среднего школьного возраста по данным ультразвуковой диагностики // Экология человека. 2003. № 2. С. 44–47.
21. 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(2). P. 143–152.
22. Perez J. J., Guijarro E., Sancho J., Navarre A. Extraction of the intracranial component from the rheoencephalographic signal: a new approach // Conference Proceeding: IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. 2006. Vol. 1. P. 6064–6067.

References

1. Baevskiy R. M., Ivanov G. G., Chireikin L. V. i dr. *Vestnik aritologii* [Bulletin of Arrhythmology]. 2001, no. 24, pp. 65-87. [in Russian]
2. Belyakova E. A., Ryzhov A. Ya. *Vestnik Tverskogo*

- gosudarstvennogo universiteta [Tver State University Bulletin]. 2009, no. 14, pp. 71-80. [in Russian]
3. Vangrevich O. A., Donskaya O. G., Zubkov A. A., Shtark M. B. *Byulleten' SO RAMN* [Bulletin of Siberian Branch RAMS]. 2004, no. 3(313), pp. 53-60. [in Russian]
 4. Glazkova V. A., Sviderskaya N. E., Korol'kova T. A. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 1996, vol. 22, no. 5, pp. 104-108. [in Russian]
 5. Glants S. *Mediko-biologicheskaya statistika* [Medical-biological Statistics]. Moscow, 1998. 459 p. [in Russian]
 6. Golovanov A. I. *Izvestiya Yuzhnogo federal'nogo universiteta. Tekhnicheskie nauki* [Southern Federal University Bulletin. Technical Sciences]. 2004, vol. 41, no. 6, pp. 134-138. [in Russian]
 7. Gudkov A. B., Shishelova O. V. *Morfofunksional'nye osobennosti serdtsa i magistral'nykh sosudov u detei shkol'nogo vozrasta* [Morphological and functional features of the heart and main vessels in schoolchildren]. Arkhangelsk, 2011, 152 p. [in Russian]
 8. Demin D. B. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2013, no. 4, pp. 43-48. [in Russian]
 9. Zenkov L. R., Ronkin M. A. *Funksional'naya diagnostika nerвных болезней* [Functional diagnosis of nervous diseases]. Moscow, 2004, 488 p. [in Russian]
 10. Kisteneva R. A., Kistenev Yu. V., Pekker Ya. S. i dr. *Byulleten' sibirskoi meditsiny* [Bulletin of Siberian Medicine]. 2010, no. 2, pp. 113-118. [in Russian]
 11. Krivonogova E. V., Poskotinova L. V., Demin D. B., Stavinskaya O. A. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Studies]. 2012, no. 11 (pt. 1), pp. 25-29. [in Russian]
 12. Menshikova L. I., Makarova V. I. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2003, no. 1, pp. 39-41. [in Russian]
 13. Poskotinova L. V., Kamenchenko E. A. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2011, no. 9, pp. 36-44. [in Russian]
 14. 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'yuternoï programmy ISCIM 6.1 (BUILD 2.8), s ispol'zovaniem biologicheskoi obratnoi svyazi. Pat. 2317771 Ros. Federatsiya* [The method of correction of autonomic nervous disbalances using a cardiointervalogram complex for processing and analysis of the heart rate variability "Varikard 2.51" running a computer program ISCIM 6.1 (BUILD 2.8), with the use of biofeedback: Patent 2317771 RU]. Publ. 27.02.2008, Bul. № 6. [in Russian]
 15. Pushkina V. N., Gribov A. V. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2012, no. 9, pp. 26-31. [in Russian]
 16. Rozhkov V. P., Bekshaev S. S., Soroko S. I. *Ul'yanovskii mediko-biologicheskii zhurnal* [Ulyanovsk Medical-Biological Journal]. 2012, no. 3, pp. 104-115. [in Russian]
 17. Rusanov V. B. *Biomeditsinskii zhurnal Medline.ru* [Biomedical journal Medline.ru]. 2007, vol. 8, pp. 445-454 (accessed 13 February 2013). [in Russian]
 18. Soroko S. I., Rozhkov V. P., Burykh E. A. *Fiziologiya cheloveka* [Human Physiology]. 2008, vol. 34, no. 6, pp. 37-50. [in Russian]
 19. Tokarev S. A., Buganov A. A., Umanskaya E. L. *Pediatrics* [Pediatrics]. 2005, no. 2, pp. 83-86. [in Russian]
 20. Shishelova O. V., Gudkov A. B. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology]. 2003, no. 2, pp. 44-47. [in Russian]
 21. 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(2), pp. 143-152.
 22. Perez J. J., Guijarro E., Sancho J., Navarre A. Extraction of the intracranial component from the rheoencephalographic signal: a new approach. *Conference Proceeding: IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*. 2006, vol. 1, pp. 6064-6067.
- DYNAMICS OF RHEOENCEPHALOGRAPHIC PARAMETERS DURING HEART RATE BIOFEEDBACK IN ADOLESCENTS - INHABITANTS OF ARCTIC AREA**
- ¹E. A. Kamenchenko, ²L. V. Poskotinova**
- ¹The Institute of Environmental Physiology, Ural Branch, Russian Academy of Sciences,
²Northern (Arctic) Federal University named after M. V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia
- Different variants of changing reoencephalogram (REG) parameters in adolescents aged 15-17 y.o. living in the Arctic area during a single session of heart rate biofeedback to enhance the vagal effects on the heart rhythm have been determined. Blood filling was enhanced and the tone of the main vessels of the brain frontal parts was depressed in the persons with initially low levels of amplitude-frequency indices in these brain parts. Depressed blood filling of the brain vessels and the increased main vessels tone, mostly on the left side, appeared in the persons with initially high amplitude-frequency indices, predominantly on the left side. The most prolonged effect of the heart rate biofeedback was detected at the background of minimal changes in the vascular tone in the frontal brain parts, the increased tone of the main vessels and decreased tone of the micro vessels in the vertebral-basilar brain area. These variants of REG changes can be taken into account for prediction of vascular changes' directions in development of an individual program of correction by the heart rate biofeedback method in adolescents with vascular and autonomous disorders.
- Keywords:** reoencephalogram, biofeedback, heart rate variability, adolescents, the Arctic
- Контактная информация:**
 Каменченко Екатерина Александровна — аспирант ФГБУН «Институт физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН», заместитель директора по воспитательной работе и социальным вопросам ГБОУ СПО Архангельской области «Архангельский педагогический колледж»
 Адрес: 163000, г. Архангельск, пр. Ломоносова, д. 249