

УДК [612.172.2:612.176:612.822]-053.6:616.831-073.97

ВАРИАНТЫ ЭЭГ-РЕАКЦИЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КУРСА БОС-ТРЕНИНГОВ У ПОДРОСТКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ИСХОДНОГО ВЕГЕТАТИВНОГО ТОНУСА

© 2012 г. Д. Б. Дёмин, Л. В. Поскотинова, Е. В. Кривоногова

Институт физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН,
г. Архангельск

Рассматривается характер изменения биоэлектрической активности головного мозга при проведении курса сеансов биологической обратной связи по параметрам variability сердечного ритма у подростков 15–17 лет с различным типом вегетативных влияний на активность сердечной деятельности. Выявлено, что у подростков со сбалансированным вегетативным тонусом более выражена реактивность обоих звеньев вегетативной нервной регуляции, а к завершению курса отмечается более значимое нарастание вагусной активности, сопровождаемое в некоторых случаях снижением амплитудно-частотных характеристик ЭЭГ. У подростков с преобладанием симпатических влияний на активность сердечной деятельности на фоне снижения артериального давления отмечается менее выраженная реакция показателей variability сердечного ритма и оптимизация функциональной активности головного мозга после прохождения курса сеансов биоуправления.

Ключевые слова:

электроэнцефалография, variability сердечного ритма, биоуправление, вегетативный тонус, подростки.

Методы функционального биоуправления на основе биологической обратной связи (БОС) в настоящее время активно используются как в медицине, так и в различных психокоррекционных и личностно-развивающих практиках. К таким методикам относится биоуправление отдельными параметрами электроэнцефалограммы (ЭЭГ), электромиограммы, частоты сердечных сокращений [2, 10]. Вегетативная нервная система интегрирует функции всех внутренних органов, в том числе опосредованно через модуляцию активности высших корковых центров. В литературе обсуждались изменения биоэлектрической активности различных зон головного мозга при «сердечно-сосудистом обучении животных» [10]. У здоровых добровольцев при управляемом снижении симпатического тонуса происходит усиление метаболической активности в передней части поясной извилины коры головного мозга и в черве мозжечка. При этом изменение вегетативных показателей с помощью релаксации без элемента биоуправления и плацебо-эффекты ассоциированы с активностью других зон головного мозга [12].

С учётом того, что на фоне психоэмоционального напряжения имеет место смещение баланса вегетативной нервной системы в сторону симпатикотонии, что проявляется прежде всего в нарушении ассоциативных вегетативных связей между водителями ритмов сердца и легких, выбор наиболее оптимального метода коррекции должен основываться на активационном воздействии парасимпатической нервной системы, которая преимущественно обеспечивает сердечно-легочные взаимодействия и позволяет оптимизировать вегетативный баланс. В имеющихся исследованиях по теме биоуправления параметры variability сердечного ритма (ВСР) использовались в основном в качестве маркеров эффективности выполнения БОС-тренинга [7, 9]. Однако использование самих интегративных параметров ВСР в качестве управляемых параметров представлено недостаточно [13], хотя это довольно перспективно с позиции анализа динамики нейровегетативных процессов, управляющих водителем ритма сердца. С позиции реактивности нейрогенных центров управления при саморегуляции представляет интерес оценить пространственно-временную организацию биоэлектрической активности головного мозга у лиц с сохранными резервами вегетативной регуляции. Эти сведения важны как нормативные для сравнения с изменениями нейровегетативной регуляции у лиц с нарушенным гомеостазом — нейроциркуляторной дистонией, артериальной гипертензией. Нами предложен способ применения в качестве управляемых показателей статистических и спектральных параметров ВСР, позволяющих дать интегративную оценку вегетативной регуляции организма на уровне баланса периферических и центральных структур нервной регуляции сердечной деятельности [11].

В связи с вышеизложенным целью настоящей работы явилось изучение особенностей функциональной активности головного мозга, некоторых показателей ВСП и центральной гемодинамики у подростков с различным типом вегетативных влияний на активность сердечной деятельности при прохождении курса сеансов адаптивного биоуправления по предложенному способу.

Методы

В экспериментальном исследовании, проведенном в октябре 2010 года, принимали участие 46 подростков 15–17 лет обоих полов, постоянно проживающих в г. Архангельске. Испытуемые выбирались на добровольной основе, критериями исключения при первичном отборе служили наличие вредных привычек, а в анамнезе — травм головного мозга и неврологических нарушений. От всех подростков и их родителей было получено информированное согласие на участие в исследовании, одобренном биоэтическим комитетом Института физиологии природных адаптаций УрО РАН. Исследования проводились в комфортной, привычной для испытуемых обстановке в период с 9 до 14 часов. Перед исследованием проводился опрос для исключения лиц с возможными нарушениями режима труда и отдыха, наличием социально обусловленных стрессовых состояний (напряжения, дискомфорта или утомления). В виде рекомендации испытуемым давалась установка на поддержание состояния спокойствия и расслабленности с целью возможной унификации их психологического состояния. После первичного анализа фоновых показателей ВСП (оптимальная зона индекса напряжения регуляторных систем [1] составляет 50–150 усл. ед.), артериального давления и частоты сердечных сокращений все испытуемые были условно разделены на две группы: лица со сбалансированным вегетативным тонусом — нормотоники ($n = 22$) и лица с преобладанием симпатических влияний на активность сердечной деятельности — симпатотоники ($n = 24$). Учитывая характер проводимых БОС-тренингов — повышение вагусных влияний на сердечную деятельность, группу лиц с изначальным преобладанием вагусных влияний на ритм сердца (ваготоники), сформированную по данным ВСП, мы исключили из данного исследования. Число юношей / девушек в группе нормотоников — 4 / 18, в группе симпатотоников — 7 / 17. Группу нормотоников составили практически здоровые подростки, в группу симпатотоников вошли также лица с нейроциркуляторной дистонией и артериальной гипертензией в стадии компенсации, не получавшие на момент обследования медикаментозного лечения.

Сеансы биологической обратной связи проводились по авторской методике Поскотиновой Л. В., Семёнова Ю. Н. — патент на изобретение № 2317771 [11]. Для реализации принципа БОС обследуемый получал на экране монитора информацию о состоянии суммарной мощности спектра ВСП [1] в виде окна с заданными пределами его колебаний. Перед началом исследова-

ния подростка инструктировали о том, что изменение графика на экране монитора зависит от его внутреннего состояния. Состояние, отражающее изменение выбранного параметра, формировалось посредством стратегии «свободного поиска» — создания положительно окрашенных мысленных образов в сочетании со спокойным глубоким дыханием с эффективным плавным выдохом и мышечной расслабленностью. Наши предыдущие исследования [5] показали, что направленное произвольное управление вегетативной регуляцией с целью мобилизации функциональных резервов парасимпатической активности у подростков становится возможным только после 3–4 сеансов обучения, когда у испытуемых минимизируется рефлекс на обстановку исследования и устанавливается ассоциативная связь между изменениями графика движения параметров ВСП и внутренним состоянием. При эффективном завершении процедуры БОС (снижение индекса напряжения, увеличение суммарной мощности спектра ВСП) испытуемые достигали состояния общей расслабленности, покоя, психического комфорта и эмоционального равновесия.

В данном исследовании с каждым школьником было проведено 10 сеансов БОС-тренинга по вышеописанной методике [11], сеансы проводились в течение 2 недель, ежедневно, кроме выходных дней. Для контроля эффективности адаптивного биоуправления во время первого и последнего сеансов оценивали биоэлектрическую активность головного мозга. ЭЭГ регистрировали в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами на ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131-03» (НПКФ «Медиком МТД», г. Таганрог) монополярно от 16 стандартных отведений с ушными референтными электродами, установленных по международной системе 10–20 в полосе 1–35 Гц. Схема сеанса включала четыре этапа:

- 1) 5-минутная запись ЭЭГ с закрытыми глазами (регистрация фона, реакция активации) с одновременной регистрацией параметров variability сердечного ритма на аппаратно-программном комплексе «Варикард» («Рамена», г. Рязань);

- 2) 5-минутная процедура БОС, проводимая с открытыми глазами по вышеописанной методике [11] без регистрации ЭЭГ;

- 3) регистрация реакции последствия (воспроизведение комфортного состояния без сигналов обратной связи) — 5-минутная запись ЭЭГ с закрытыми глазами (повторение первого этапа);

- 4) 2-минутная запись ЭЭГ с закрытыми глазами (заключительный фон).

При оценке ЭЭГ каждого испытуемого выделяли безартефактные отрезки записи, спектр анализировали по дельта- (1,6–4 Гц), тета- (4–8 Гц), альфа- (8–13 Гц), бета1- (13–24 Гц) диапазонам. Для количественной оценки спектра ЭЭГ в каждом частотном диапазоне проводили усреднённую для каждого испытуемого оценку максимальной амплитуды (мкВ), индекса (%), доминирующих частот.

Фиксировали артериальное давление (АД, мм рт. ст.) и частоту сердечных сокращений (ЧСС, уд./мин) в конце каждого этапа трёхкратно с последующим усреднением показателей при помощи автоматического измерителя артериального давления (тонометра) A&D Medical (модель UA-668, Япония).

Статистическую обработку полученных результатов проводили с помощью компьютерного пакета прикладных программ Statistica 6.0 (StatSoft, США). В связи с тем, что распределение признаков в выборках не подчинялось закону нормального распределения (оценка по критерию Shapiro-Wilk), статистическую обработку проводили непараметрическими методами, учитывали медиану (Me), нижний и верхний квартили (25–75 перцентили). Для проверки статистической гипотезы разности значений использовали критерии Wilcoxon для двух связанных выборок и Mann-Whitney для двух независимых групп. Критический уровень значимости при проверке статистических гипотез принимали за $p < 0,05$.

Результаты

Группы испытуемых были условно сформированы по фоновым показателям вариабельности сердечного ритма (суммарная мощность спектра и индекс напряжения регуляторных систем), АД и ЧСС (табл. 1).

При первом сеансе биоуправления у подростков из обеих групп значения суммарной мощности спектра ВСП (Total Power — TP, mc^2) значительно повышались в сравнении с фоновыми показателями, а затем так же значительно снижались практически до исходных значений. В течение курса БОС-тренингов из 10 сеансов в среднем 7–8 были эффективными. В ходе десятого сеанса динамика TP была аналогичной, при этом у нормотоников повышение TP на заключительном сеансе происходило более значительно, чем на первом ($p = 0,032$). Индекс напряжения регуляторных систем (ИН, усл. ед.) значительно снижался на этапе биоуправления, а на заключительном этапе каждого сеанса так же значительно повышался, т. е. возвращался к исходному уровню у всех подростков независимо от исходного вегетативного тонуса. Во время заключительного сеанса изменение значений ИН у симпатотоников происходило лишь на уровне тенденции, у нормотоников фоновые и динамические значения ИН во время десятого сеанса были несколько ниже первоначальных. При этом во время как первого, так и десятого сеанса фоновые и динамические межгрупповые различия изучаемых показателей ВСП также были статистически значимы ($p = 0,003–0,001$) — TP в группе нормотоников был значительно выше, а ИН ниже.

Таблица 1

Изменение показателей центральной гемодинамики и вариабельности сердечного ритма в динамике первого и десятого сеансов БОС-тренинга у подростков (15–17 лет) в зависимости от их исходного вегетативного тонуса Me (25–75 перцентили)

Показатель	Группа	Фон	БОС	Заключительный фон
Систолическое АД, мм рт. ст.	Н-1	114 (109,3–119,8)	121** (114,0–122,0)	113* (108,0–119,0)
	Н-10	114 (107,0–118,5)	114 (108,3–118,8)	112 (103,0–118,0)
	С-1	117 (111,3–123,0)	115 (110,0–122,0)	113* (108,3–116,5)
	С-10	110# (105,3–119,8)	108# (102,3–119,0)	107 (102,8–112,5)
Диастолическое АД, мм рт. ст.	Н-1	80 (77,3–84,0)	79 (77,8–82,3)	80 (78,0–82,3)
	Н-10	80 (73,5–84,0)	78 (75,8–82,8)	80 (75,0–86,0)
	С-1	80 (75,8–85,5)	84 (79,5–86,0)	80 (78,0–80,3)
	С-10	73#□ (71,0–78,8)	75# (71,0–80,8)	77 (74,0–80,0)
ЧСС, уд./мин	Н-1	75 (70,5–78,8)	76 (71,8–81,0)	75 (72,0–80,0)
	Н-10	72 (68,0–76,5)	75** (71,3–80,0)	69# (65,0–72,0)
	С-1	78□ (72,3–88,5)	79 (75,0–87,0)	76* (70,5–81,5)
	С-10	81□□□ (75,3–83,8)	83□ (72,0–87,0)	83□□ (75,0–89,0)
ИН, усл. ед.	Н-1	82 (58,8–111,8)	60*** (42,8–74,3)	81*** (69,0–136,8)
	Н-10	65 (42,5–97,8)	50** (36,0–63,8)	68*** (47,8–86,3)
	С-1	179□□□ (112,0–269,5)	86**□□ (55,3–178,0)	161**□□ (107,0–267,0)
	С-10	183□□□ (105,5–258,0)	147□□□ (75,3–225,0)	174□□□ (112,8–248,3)
TP, mc^2	Н-1	2736 (1968,8–3794,3)	4938*** (2971,8–5660,0)	2474*** (1633,8–4464,5)
	Н-10	3308 (2173,0–4582,3)	6274***# (4241,0–7405,0)	3300*** (2481,3–5187,5)
	С-1	1532□□□ (922,3–2087,3)	2607*□□ (1619,3–4539,0)	1536**□□ (1054,0–2162,5)
	С-10	1293□□□ (1090,8–2338,8)	2470***□□□ (1186,0–4733,3)	1370**□□□ (1040,0–1931,8)

Примечание для таблиц 1 и 2. Н-1 и Н-10 — нормотоники на 1 и 10 сеансе ($n = 22$); С-1 и С-10 — симпатотоники на 1 и 10 сеансе ($n = 24$). Статистически значимое отличие в сравнении с предыдущим этапом исследования: * — $p < 0,05$; ** — $p < 0,01$; *** — $p < 0,001$; # — между 1 и 10 сеансом у одной группы лиц на соответствующем этапе; □ — между нормотониками и симпатотониками на соответствующем этапе текущего сеанса.

Изменение показателей центральной гемодинамики в процессе БОС-тренингов было более разнообразным. Так, у симпатотоников снижались систолическое АД ($p = 0,024$) и ЧСС ($p = 0,037$) в течение первого сеанса или после его окончания, а к десятому сеансу исходные фоновые и динамические значения систолического и диастолического АД были значительно ниже аналогичных показателей первого сеанса ($p = 0,043-0,007$). У нормотоников во время первого сеанса биоуправления значимо повышалось систолическое АД ($p = 0,005$), которое по окончании сеанса снижалось до исходных значений ($p = 0,025$); к десятому сеансу таких значительных колебаний АД уже не происходило, а фоновые и динамические значения ЧСС во время десятого сеанса были ниже первоначальных, на завершающем этапе $p = 0,031$. Значимые межгрупповые различия отмечены также для ЧСС, которая на обоих сеансах была ниже в группе нормотоников ($p = 0,032-0,001$).

В проведенных исследованиях было обнаружено, что перестройки параметров ЭЭГ при произвольной регуляции характеристик ВСР могут достигаться за счёт изменения как амплитуды отдельных составляющих спектра ЭЭГ, так и изменения их удельного веса (индекса) в биоэлектрической активности (табл. 2).

Выявлено, что фоновые и динамические значения амплитудно-частотных характеристик были значимо выше ($p = 0,033-0,004$) в группе симпатотоников как при первом, так и при десятом сеансе БОС за счёт высокой частоты встречаемости гиперсинхронных, высокоамплитудных вариантов ЭЭГ. Так, у половины подростков этой группы максимум амплитуды альфа-активности был выше 90 мкВ за счёт всплесков в теменно-центрально-лобных областях головного мозга, а сама альфа-активность была представлена заостренными волнами. Изменение значений (Me) изучаемых показателей в альфа-диапазоне во время первого сеанса биоуправления выражалось в их значимом повышении ($p = 0,024$) от фона к этапу последующего действия БОС и вновь снижении ($p = 0,042-0,001$) к заключительному фону в обеих группах подростков.

В ходе десятого сеанса для обеих групп подростков изменения альфа-активности при биоуправлении были минимальными, значимое снижение ($p = 0,025-0,004$) в пределах нормативных значений отмечено лишь к заключительному фону, кроме того, динамические значения альфа-индекса и амплитуды были ниже аналогичных показателей первого сеанса. Показатели тета- и бета1-активности при биоуправлении практически не отличались от фоновой для обеих

Таблица 2

Изменение показателей амплитуды и индекса основных частотных диапазонов ЭЭГ в динамике первого и десятого сеансов БОС-тренинга у подростков (15–17 лет) в зависимости от их исходного вегетативного тонуса Me (25–75 перцентили)

Показатель	Группа	Фон	Реакция последующего БОС	Заключительный фон
Амплитуда тета, мкВ	Н-1	34 (26,0–41,3)	35 (27,8–43,3)	33** (21,0–39,8)
	Н-10	34 (27,5–43,8)	35 (28,0–40,8)	30** (26,8–38,3)
	С-1	38 [□] (31,5–56,5)	39 (29,3–54,5)	36 [□] (30,5–57,8)
	С-10	39 (32,3–53,5)	40 (30,3–53,8)	36* (28,8–51,0)
Индекс тета, %	Н-1	11 (6,3–22,0)	10 (5,8–21,3)	9 (4,0–20,3)
	Н-10	13 (8,8–21,5)	11 (8,0–19,3)	11 (7,5–16,5)
	С-1	18 ^{□□} (13,5–28,8)	17 ^{□□} (12,3–27,5)	18 ^{□□} (12,3–27,8)
	С-10	19 (12,5–24,5)	18 ^{□□} (15,0–24,8)	17 [□] (13,0–25,0)
Амплитуда альфа, мкВ	Н-1	72 (48,0–84,0)	78* (58,0–89,5)	72* (48,3–87,0)
	Н-10	67 (51,3–90,3)	77 (52,5–88,0)	64* (54,8–82,3)
	С-1	87 [□] (62,0–101,0)	93*. [□] (68,0–107,0)	76*** (60,3–94,5)
	С-10	80 [□] (61,0–97,8)	81 (67,0–100,0)	79 [□] (63,5–91,5)
Индекс альфа, %	Н-1	67 (45,0–76,0)	68 (46,0–78,5)	68 (41,8–74,8)
	Н-10	66 (52,8–72,8)	64 (47,3–76,0)	60** (43,8–69,8)
	С-1	67 (52,0–75,3)	68 (56,0–75,0)	61** (49,5–73,5)
	С-10	66 (56,0–72,8)	64*. [#] (55,0–68,0)	58** (52,0–71,0)
Амплитуда бета–1, мкВ	Н-1	28 (21,8–37,0)	27 (22,0–31,5)	24* (20,8–32,8)
	Н-10	28 (23,8–34,3)	29 (23,5–32,3)	25** (20,8–29,3)
	С-1	31 (26,0–37,5)	34 [□] (30,0–38,5)	30**. [□] (26,3–35,8)
	С-10	34 [□] (30,3–38,0)	34 [□] (29,3–36,0)	33 ^{□□} (28,5–37,5)
Индекс бета–1, %	Н-1	35 (26,0–40,0)	35 (25,8–39,3)	34 (27,5–39,0)
	Н-10	36 (28,0–41,3)	36 (31,0–41,0)	35* (29,5–38,5)
	С-1	38 (32,5–39,0)	37 (33,3–40,0)	38 [□] (34,0–44,0)
	С-10	38 (32,5–42,8)	36 (34,0–40,8)	36 (33,5–40,8)

групп подростков независимо от сеанса, значимое снижение этих видов активности происходило лишь к заключительному фону ($p = 0,041-0,002$).

Обсуждение результатов

Увеличение суммарной мощности спектра ВСП в процессе БОС-тренинга свидетельствует об увеличении синхронизации процессов дыхания и сердечной деятельности и усилении влияния парасимпатического отдела нервной системы на ритм сердца [1]. Во время первого сеанса на фоне повышения суммарной мощности спектра ВСП, снижения индекса напряжения и систолического АД в обеих группах подростков отмечено повышение значений амплитуды и индекса альфа-диапазона от фона к этапу биоуправления. При этом восстановление симпатических влияний на ритм сердца на этапе заключительного фона происходило параллельно со снижением альфа-активности в обеих группах, что может свидетельствовать о высокой реактивности мозговых структур в ответ на первую процедуру БОС-тренинга. Во время регистрации заключительного фона показатели амплитудно-частотных характеристик альфа-активности снизились практически к уровням начальных фоновых значений у обеих групп лиц независимо от исходного вегетативного тонуса. Этот факт подчёркивает наличие определённых изменений функциональной активности головного мозга, происходящих на предыдущих этапах, обусловленных именно эффектами биоуправления.

В группе симпатотоников после выполнения первой процедуры БОС-тренинга по предложенной методике происходит сдвиг биоэлектрической активности в сторону более высоких амплитуд, преимущественно в альфа-диапазоне, что может свидетельствовать о повышении уровня эмоционального напряжения при выполнении задания и синхронизации корково-подкорковых взаимодействий [8]. Формирование гиперсинхронных паттернов ЭЭГ свидетельствует о наличии дисфункций диэнцефальных структур головного мозга, которые могут быть в основе нарушения центральных механизмов регуляции сосудистого тонуса [3, 6]. При функциональных перестройках в заданных условиях процедуры происходит формирование нового алгоритма работы ритмозадающих систем за счёт некоторого снижения активности глубоких подкорковых структур (тета-активность), на фоне оживления структур, ответственных за сосредоточение и поисковую активность в новых условиях (бета-активность). Известно, что формирование оптимального соотношения бета-тета-активности головного мозга в подростковый период важно с точки зрения профилактики и коррекции синдрома гиперактивности [4].

Во время заключительного десятого сеанса изменение значений индекса напряжения регуляторных систем у симпатотоников происходило лишь на уровне тенденции. Можно предположить, что выраженная активность патофизиологических механизмов, формирующих состояние фоновой симпатикотонии,

требует более длительного времени для значимого изменения вегетативного тонуса — более десяти сеансов биоуправления [10]. Снижение фоновых и динамических значений тета-активности происходит лишь к десятому сеансу, что может быть обусловлено улучшением психоэмоционального состояния испытуемого при выполнении процедуры БОС-тренинга [8]. Несмотря на достижение состояния субъективной расслабленности при эффективном завершении процедуры биоуправления, у испытуемых лиц происходили активные перестройки внутрисистемных взаимосвязей мозговых структур. Поиск новых когнитивных вариантов изменения активности параметров ритма сердца, видимо, сопровождался у этих лиц усилением активирующих влияний ретикулярных структур на функцию коры головного мозга, что может обуславливать некоторое снижение индекса (представленности) альфа-активности в общем паттерне ЭЭГ после окончания процедуры биоуправления. Принципиальная разница между ответами, возникающими в работе структур головного мозга при биоуправлении параметрами ритма сердца и при релаксационных методиках, описана у других авторов [12].

В ходе проведения десятого сеанса в сравнении с первым в группе нормотоников при сохранении уровня прежней симпатической активности оказалось более значимым нарастание парасимпатической составляющей, что нашло своё отражение в более низких уровнях систолического АД и ЧСС. После завершения процедуры биоуправления и уменьшения парасимпатических влияний на этапе заключительного фона показатели ВСП стремятся к фоновым значениям, показатели биоэлектрической активности мозга также компенсаторно возвращаются к исходным значениям. При некотором избытке активации симпатических влияний по завершении процедуры избыточно снижаются и амплитудно-частотные характеристики мозговой активности. Полученные данные свидетельствуют о том, что необоснованное увеличение количества сеансов адаптивного биоуправления параметрами ритма сердца с целью повышения резервов его парасимпатической регуляции у подростков со сбалансированным вегетативным тонусом может сопровождаться различными вариантами нейрофизиологических изменений в виде десинхронизации мозговой активности. Следовательно, у данных лиц подобные процедуры показаны при ограниченном количестве сеансов и под контролем нейрофизиологических показателей.

Таким образом, способность испытуемого изменять активность параметров ритма сердца также определяет степень его воздействия и на функции центральных структур вегетативной регуляции. Адаптивное биоуправление параметрами ритма сердца с целью повышения резервов его парасимпатической регуляции формирует различные варианты изменений биоэлектрической активности мозга подростка, показателей ВСП и центральной гемодинамики в зависимости от его исходного вегетативного тонуса.

У подростков со сбалансированным вегетативным тонусом более выражена реактивность «функциональных качелей» при биоуправлении, когда наряду с усилением активности парасимпатического отдела вегетативной регуляции происходит также активация симпатического звена [2]. При этом к десятому сеансу отмечается более значимое нарастание вагусной активности, сопровождаемое в некоторых случаях снижением амплитудно-частотных характеристик ЭЭГ. У подростков с преобладанием симпатических влияний на активность сердечной деятельности на фоне стабилизации артериального давления отмечается менее выраженная реакция показателей ВСР. Адаптивное биоуправление по характеристикам ВСР у этих лиц способствует в большинстве случаев оптимизации функциональной активности мозга и повышению устойчивости подкорковых структур регуляции. В то же время очевидно, что пределы возможных направленных сдвигов параметров ЭЭГ зависят от степени эффективности БОС-тренинга.

Список литературы

1. Баевский Р. М., Иванов Г. Г., Рябыкина Г. В. Современное состояние исследований по вариабельности сердечного ритма в России // Вестник аритмологии. 1999. № 14. С. 71–75.
2. Вегетативные расстройства: клиника, диагностика, лечение / под ред. А. М. Вейна. М. : Медицинское информационное агентство, 2003. 752 с.
3. Жирмунская Е. А., Лосев В. С. Системы описания и классификация электроэнцефалограмм человека. М. : Наука, 1984. 81 с.
4. Клинико-психофизиологические основы лечения синдрома нарушения внимания с гиперактивностью у детей и подростков / под ред. Т. А. Лазебник, Л. С. Чутко, Ю. Д. Кропотова. СПб., 2001. 36 с.
5. Кривоногова Е. В., Поскотникова Л. В., Дёмин Д. Б. Эффективность функционального биоуправления вегетативными параметрами и биоэлектрическая активность головного мозга у лиц подросткового возраста // Экология человека. 2009. № 12. С. 39–42.
6. Латаш Л. П. Гипоталамус, приспособительная активность и электроэнцефалограммы. М. : Наука, 1968. 295 с.
7. Марченко В. Н., Гвоздев Е. В., Павлова Е. В. Проблема артериальной гипертензии: современные представления, классификация и место метода биологической обратной связи в комплексной терапии. СПб., 2003. 12 с.
8. Равич-Щербо И. В., Марютина Т. М., Григоренко Е. Л. Психогенетика М. : Аспект Пресс, 2000. 447 с.
9. Сметанкин А. А. Метод биологической обратной связи по дыхательной аритмии сердца — путь к нормализации центральной регуляции взаимодействия дыхательной и сердечно-сосудистой систем. СПб. : Изд. НОУ «Институт БОС», 2003. 20 с.
10. Сороко С. И., Трубочев В. В. Нейрофизиологические и психофизиологические основы адаптивного биоуправления. СПб. : ИЭФБ РАН, 2010. 607 с.
11. Способ коррекции вегетативных дисбалансов с помощью комплекса для обработки кардиоинтервалограмм и анализа вариабельности сердечного ритма «Варикард 2.51», работающего под управлением компьютерной программы ISCIM 6.1 (BUILD 2.8), с использованием биологической обратной связи: пат. 2317771 Рос. Федерация / Л. В. Поскотникова, Ю. Н. Семенов ; Институт физиологии природных адаптаций УрО РАН ; опубл. 27.02.2008. Бюл. № 6.
12. Critchley H. D., Melmed R. N., Featherstone E., et al. Brain activity during biofeedback relaxation. A functional neuroimaging investigation. Brain. 2001. Vol. 124, N 5. P. 1003-1012.
13. Lehrer P. M., Vaschillo E., Vaschillo B., et al. Biofeedback Treatment for Asthma. Chest. 2004. Vol. 126. P. 352-361.

References

1. Baevskii R. M., Ivanov G. G., Ryabykina G. V. *Vestnik aritmologii* [Arrhythmology Newsletter], 1999, no. 14, pp. 71-75. [in Russian]
2. *Vegetativnye rasstroistva: klinika, diagnostika, lechenie* [Vegetative disorders: clinical picture, diagnostics, treatment]. Moscow, 2003, 752 p. [in Russian]
3. Zhirmunskaya E. A., Losev V. S. *Sistemy opisaniya i klassifikatsiya elektroentsefalogramm cheloveka* [Systems of description and classification of human electroencephalograms]. Moscow, 1984, 81 p. [in Russian]
4. *Kliniko-psikhofiziologicheskie osnovy lecheniya sindroma narusheniya vnimaniya s giperaktivnost'yu u detei i podrostkov* (pod red. T. A. Lazebnik, L. S. Chutko, Yu. D. Kropotova) [Clinical-psychophysiological principles of treatment of attention deficit hyperactivity disorder in children and adolescents edited by T. A. Lazebnik, L. S. Chutko, Yu. D. Kropotova]. Saint Petersburg, 2001, 36 p. [in Russian]
5. Krivonogova E. V., Poskotinova L. V., Demin D. B. *Ekologiya cheloveka* [Human Ecology], 2009, no. 12, pp. 39-42. [in Russian]
6. Latash L. P. *Gipotalamus, prispособitel'naya aktivnost' i elektroentsefalogrammy* [Hypothalamus, adaptive activity and electroencephalograms]. Moscow, 1968, 295 p. [in Russian]
7. Marchenko V. N., Gvozdev E. V., Pavlova E. V. *Problema arterial'noi gipertenzii: sovremennyye predstavleniya, klassifikatsiya i mesto metoda biologicheskoi obratnoi svyazi v kompleksnoi terapii* [Arterial hypertension problem: modern visions, classification and place of biofeedback method in complex therapy]. Saint Petersburg, 2003, 12 p. [in Russian]
8. Ravich-Shcherbo I. V., Maryutina T. M., Grigorenko E. L. *Psikhogenetika* [Psychogenetics]. Moscow, 2000, 447 p. [in Russian]
9. Smetankin A. A. *Metod biologicheskoi obratnoi svyazi po dykhatel'noi aritmii serdtsa — put' k normalizatsii tsentral'noi regul'yatsii vzaimodeistviya dykhatel'noi i serdechno-sosudistoi system* [Biofeedback method in heart respiratory arrhythmia — way to normalization of central regulation of respiratory and cardio-vascular systems interaction]. Saint Petersburg, 2003, 20 p. [in Russian]
10. Soroko S. I., Trubachev V. V. *Neirofiziologicheskie i psikhofiziologicheskie osnovy adaptivnogo bioupravleniya* [Neurophysiological and psychophysiological principles of adaptive biopotential control]. Saint Petersburg, 2010, 607 p. [in Russian]
11. *Sposob korrektsii vegetativnykh disbalansov s pomoshch'yu kompleksa dlya obrabotki kardiointervalogramm i analiza variabel'nosti serdechnogo ritma «Varikard 2.51», rabotayushchego pod upravleniem komp'yuternoi programmy ISCIM 6.1 (BUILD 2.8), s ispol'zovaniem biologicheskoi obratnoi svyazi* [Method of correction of vegetative imbalances with aid of the complex for processing of cardiointervalograms and analysis of cardiac rhythm variability

by «Varikard 2.51» working under control of computer program ISCIM 6.1 (BUILD 2.8) with use of biological feedback: pat. 2317771 Ros. Federatsiya / L. V. Poskotinova, Yu. N. Semenov ; Institut fiziologii prirodnikh adaptatsii UrO RAN ; opubl. 27.02.2008. Byul. N 6. [in Russian]

12. Critchley H. D., Melmed R. N., Featherstone E., et al. Brain activity during biofeedback relaxation. A functional neuroimaging investigation. *Brain*, 2001; 124(5): pp. 1003-1012.

13. Lehrer P. M., Vaschillo E., Vaschillo B., et al. Biofeedback Treatment for Asthma. *Chest*, 2004; 126: pp. 352-361.

VARIANTS OF EEG-REACTIONS DURING HRV BIOFEEDBACK COURSE IN ADOLESCENTS WITH DIFFERENT INITIAL AUTONOMIC NERVOUS TONE

D. B. Demin, L. V. Poskotinova, E. V. Krivonogova

Institute of Environmental Physiology, Russian Acad. Sci., Ural Branch, Arkhangelsk, Russia

There was surveyed a character of brain bioelectric activity change during carrying out of biofeedback sessions

by heart rate variability parameters (HRV biofeedback) in adolescents aged 15-17 years with different initial autonomic nervous tone. It has been established, that adolescents with the optimal autonomic nervous tone have high reactance of both autonomic nervous system parts. At the end of HRV biofeedback course there is more significant vagal activity increase accompanied in some cases by depression of peak-frequency electroencephalogram characteristics. There was observed in adolescents with prevalence of sympathetic influences on heart rate activity against decreasing of arterial blood pressure less expressed reaction of heart rate indicators and brain functional activity optimization after the course of HRV biofeedback sessions.

Keywords: electroencephalography, heart rate variability, biofeedback, autonomic nervous tone, adolescents

Контактная информация:

Дёмин Денис Борисович — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биоритмологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт физиологии природных адаптаций Уральского отделения Российской академии наук»

Адрес: 163000, г. Архангельск, пр. Ломоносова, д. 249
Тел. (8182) 65-29-92
E-mail: denisdemin@mail.ru