

КУМУЛЯТИВНЫЙ ЭФФЕКТ КУРСА НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЯ НА ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ РИТМА СЕРДЦА СПОРТСМЕНОВ

Еремеева О.В.¹, Еремеев С.И.², Кормилец В.С.³

¹ГОУ ВПО ХМАО-Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия», Ханты-Мансийск, Россия, (628011, Ханты-Мансийск, ул. Мира, 40), e-mail: o_eremeeva@list.ru

²Некоммерческое партнерство «Ватерпольный клуб «Югра», Ханты-Мансийск

³БУЗ Омской области «Клинический медико-хирургический центр Министерства здравоохранения Омской области»

В статье представлены особенности параметров variability ритма сердца у спортсменов высокой квалификации после проведения курса из 15-и сеансов нейробиоуправления. Нейробиоуправление выполнялось по протоколу повышения спектральной мощности вальфа диапазоне электроэнцефалограммы в отведении С3А1. В исследование было включено 134 участника. Методом лотерейной рандомизации 122 участника были определены в группу нейробиоуправления и 12 участников были определены в плацебо группу. До воздействия нормальное распределение наблюдалось среди таких параметров variability ритма сердца, как RRmin, RRmax, K30/15, медиана длительности сердечных циклов. Установлено, что курс нейробиоуправления вызвал достоверное уменьшение значений таких параметров, как SDNN, CV, СК, размах вариации. В то же время курс нейробиоуправления вызвал увеличение вегетативного показателя ритма и индекса напряжения. Плацебо воздействие сочеталось с увеличением ЧСС, уменьшением значений RRNN, средней арифметической длительности сердечных интервалов, значений их моды и медианы.

Ключевые слова: variability ритма сердца, спортсмены, биоуправление, электроэнцефалография, альфа ритм.

THE CUMULATIVE EFFECT OF THE NEUROFEEDBACK COURSE ON THE ATHLETES HEART RATE VARIABILITY

Eremeeva O.V.¹, Eremeev S.I.², Kormilets V.S.³

¹Khanty-Mansiysk state medical academy, Khanty-Mansiysk, Russia (628011, Khanty-Mansiysk, street Mira, 40), e-mail: o_eremeeva@list.ru

²Non-commercial partnership «water Polo club «Ugra»

³Clinical medical surgical center of the Ministry of health of the Omsk region

The article presents the features of the parameters of heart rate variability of sportsmen of high qualification after the neurofeedback course of 15 sessions. Neurofeedback session performed according to the Protocol, improved spectral power in the alpha range electroencephalogram in lead C3A1. The study included 134 participants. By the method of lottery randomization 122 participants were assigned to the neurofeedback group and 12 participants were assigned to the placebo group. The normal distribution was observed among such parameters of heart rate variability as RRmin, RRmax, K30/15, median before the intervention. It is established that the neurofeedback course caused a significant decrease in the values of such parameters as SDNN, CV, SD, variations. At the same time the neurofeedback course caused a significant increase in vegetative index of rhythm and stress index. Placebo effect combined with the increase in heart rate, decrease in the values of the mean, mode, median, RRNN of the cardiac intervals duration.

Keywords: heart rate variability, sportsmen, biofeedback, electroencephalography, alpha rhythm.

Введение

Методы саморегуляции состояния на основе техник с биологической обратной связью (БОС) позволяют влиять на эффективность выполнения профессиональной деятельности, поддержание работоспособности и снижение напряженности, используются с целью индивидуально-ориентированного воздействия на работоспособность человека, повышения его надёжности и оптимизации переработки информации в экстремальных условиях [6].

Исследования эффективности нейробиоуправления (НБУ) у атлетов высокой квалификации затрагивали различные протоколы проведения процедуры [9; 3]. Модуляция биоэлектрической активности головного мозга, направленная на повышение возможности человека произвольно усиливать альфа активность, длительное время рассматривается исследователями как эффективное средство оптимизации производительности [6; 8]. Показано, что курсовой тренинг с биологической обратной связью по спектральной мощности в альфа диапазоне электроэнцефалограммы (ЭЭГ) вызывает у спортсменов высокой квалификации кумулятивный эффект в виде частотно-пространственной реорганизации биоэлектрической активности головного мозга, которая проявляется во всех стандартных диапазонах ЭЭГ, а не только в диапазоне альфа ритма. Этот эффект прослеживается во всех отведениях, а не только в отведении, использованном для получения сигнала обратной связи [3]. Концепция функционального состояния как специфических типов связи осцилляторных процессов на центральном и периферическом уровнях получила экспериментальные подтверждения [1]. Изучаются взаимосвязи биоэлектрической активности головного мозга, структуры её компонентного состава с адаптационной динамикой вегетативных функций [6]. Изучены варианты ЭЭГ-реакций при выполнении курса БОС тренингов у подростков в зависимости от исходного вегетативного тонуса. Установлено, что адаптивное биоуправление параметрами ритма сердца с целью повышения резервов его парасимпатической регуляции формирует различные варианты изменения биоэлектрической активности мозга подростка, показателей variability сердечного ритма и центральной гемодинамики в зависимости от его вегетативного статуса [2]. Вместе с тем сведения об обратных взаимоотношениях менее подробны.

Целью настоящей работы было изучить особенности параметров variability ритма сердца у спортсменов высокой квалификации после проведения курса из 15-и сеансов БОС по протоколу повышения спектральной мощности в альфа диапазоне ЭЭГ в отведении СЗА1.

Материал и методы исследования

Проведено проспективное рандомизированное одноцентровое простое слепое сравнительное плацебо-контролируемое исследование. Для включенного в исследование участника было запланировано 18 визитов. Продолжительность фазы воздействия НБУ составляла 3 недели, продолжительность фазы наблюдения была от 6 до 8 месяцев.

В исследование в открытом временном режиме в период с 2006 по 2012 год было включено 134 спортсмена из генеральной совокупности – стратифицированной случайной выборки спортсменов, соответствовавших критериям включения. По данным статистических отчетов 1-ФК, раздела «Спортивное мастерство» департамента по физической культуре и

спорту Ханты-Мансийского автономного округа – Югры генеральная совокупность составила 8130 человек.

Состояние здоровья участников исследования оценивалось по результатам выполненных в амбулаторно-поликлинических учреждениях системы здравоохранения округа в соответствии с приказом [5] медицинских осмотров. Все 134 участника исследования были признаны здоровыми и имели допуск к соревнованиям.

Проведенное исследование соответствовало этическим стандартам биоэтического комитета РНИМУ имени Н. И. Пирогова. Стандарты были разработаны в соответствии с Хельсинской декларацией всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с учетом поправок от 2000 г. и в соответствии с утвержденными приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266 Правилами клинической практики в Российской Федерации. Все лица, участвовавшие в исследовании, дали информированное согласие на участие в исследовании.

Методом лотерейной рандомизации 122 участника были определены в группу нейробиоуправления и 12 участников – в плацебо группу.

Период отдыха от физических упражнений у участников был более 12 часов. Участники прибывали в лабораторию с 8 до 10 часов натошак (более 8 часов после приема пищи). После прибытия в лабораторию участники знакомились с процедурой обследования по информационному буклету и подписывали информированное согласие, по форме, одобренной этическим комитетом. Затем они проходили процедуру сбора анамнеза жизни и спортивного анамнеза, измерения массы тела, роста стоя, наружный осмотр, тонометрию, заполняли опросник, находясь в положении сидя. Комплекс исследований проводился перед проведением воздействия, на следующий день после завершения курса, и по окончании спортивного сезона повторялся опрос. В течение курса НБУ осуществлялся текущий контроль. Выбытие из исследования не отмечалось.

Критерии включения в выборку: возраст от 18 до 25 лет включительно, спортивная квалификация 1-й разряд и выше, допуск к участию в соревнованиях по состоянию здоровья, ритм сердца – синусовый, воздержание от приема возбуждающих напитков более 8 часов, курения более 3 часов, сон более 7 часов, нормальная и пограничная электроэнцефалограмма в соответствии с критериями, предложенными Л.Р. Зенковым (2004, с. 88). Для лиц женского пола дополнительным критерием включения был 6-й – 12-й день месячного цикла.

Критерии исключения из выборки: возраст менее 18 и более 25 лет; несинусовый ритм сердца, более 10 % экстрасистол во время 5-и минутной записи кардиоритмограммы; отсутствие готовности к сотрудничеству со стороны спортсмена.

Методика нейробиоуправления. Сеансы НБУ проводились при помощи

многоканального интерфейса биоуправления БИ-012 по методике [7], с изменением, которое заключалось в том, что в качестве управляемого параметра применялась спектральная мощность ЭЭГ в альфа диапазоне (8–13 Гц) в отведении С3-А1. В случае плацебо контроля вместо обратной связи транслировались аналогичные акустические сигналы, не связанные с динамикой мощности спектра в альфа диапазоне у данного участника.

Пороговый уровень управляемого параметра устанавливался для каждой сессии в зависимости от исходной спектральной мощности альфа ритма с превышением на 30 % среднего уровня спектральной мощности за 1 минуту.

Сеанс предшествовал спортивным тренировкам. Курс нейробиоуправления включал 15 сеансов.

Регистрация электрокардиограммы и variability ритма сердца (ВРС) проводилась при помощи электрокардиографа «Полиспектр–8ЕХ» и программного пакета «Поли-Спектр Ритм» (Нейрософт, Россия). Запись ритмограммы сердца проводили по протоколу коротких записей (в течение 5 минут) [4]. Оценка ЭЭГ проводилась при помощи 21-канального электроэнцефалографа «Нейрон–Спектр–5» (Нейрософт, Россия) по стандартной методике. В качестве референта (А) использовались отдельные электроды на мочках ушей. 19 электродов располагались по международной схеме 10–20.

Статистический анализ данных включал определение описательных статистик, графический анализ распределения, анализ нормальности распределения (Shapiro-Wilk W тест).

Большинство параметров ВРС имели распределение, значимо отличное от нормального распределения. В связи с этим для характеристики выборки были использованы непараметрические параметры и критерии достоверности различия. Определяли медиану (Me), нижний (Q25) и верхний (Q75) квартиль. Достоверность различий параметров ВРС в двух зависимых выборках определяли по тесту Вилкоксона. Был принят уровень значимости различий $p < 0,05$.

Результаты исследования и обсуждение

Нормальное распределение до воздействия было отмечено среди таких параметров ВРС, как RRmin, RRmax, K30/15, медиана. После воздействия нормальное распределение отмечалось у параметров: частота сердечных сокращений (ЧСС), RRmax, K30/15, %LF.

Проведение курса нейробиоуправления по протоколу усиления спектральной мощности ЭЭГ в альфа диапазоне в отведении С3А1 у спортсменов высокой квалификации сопровождалось накоплением изменений активности модуляторов сердечного ритма, отразившихся на параметрах variability ритма во временном и частотном домене.

Изученные параметры ВРС и показатели достоверности различия этих параметров у спортсменов группы нейробиоуправления до и после воздействия представлены в таблице 1.

Таблица 1

Группа нейробиоуправления, эффект курса на показатели ВРС (n=122)

Параметр	До воздействия			После воздействия			p
	Me	Q25	Q75	Me	Q25	Q75	
ЧСС, мин ⁻¹	68	62	75	73	63	79	0,188
RR min, мс	709	650	789	686	627	777	0,467
RR max, мс	1037	947	1189	973	885	1164	0,066
RRNN, мс	887	802	965	827	757	960	0,294
SDNN, мс	56	44	72	52	38	68	0,013
RMSSD, мс	43	30	69	40	27	59	0,198
pNN50, %	25	7,95	42,51	18,18	5,78	33,88	0,163
CV, %	6,53	5,45	7,89	6,2	4,97	7,47	0,023
K 30/15	1,28	1,15	1,4	1,29	1,22	1,38	0,757
TP, мс ²	3607	2063	5417	3233	2014	5068	0,290
VLF, мс ²	1107	621	2157	997	456	1734	0,185
LF, мс ²	1104	670	1767	1115	718	1664	0,203
HF, мс ²	829	416	1877	919	395	1623	0,658
LF nu, %	53,26	39,72	71,33	56,24	43,73	71,57	0,250
HF nu, %	46,74	28,67	60,28	43,76	28,43	56,27	0,250
LF/HF	1,14	0,66	2,49	1,29	0,78	2,52	0,189
% VLF	33,1	25,4	45,0	31,2	21,0	44,5	0,713
% LF	31,2	23,4	46,2	35,9	26,1	45,8	0,296
% HF	30,2	17,3	38,7	29,2	15,6	39,6	0,433
L, мс	245	184	304	224	179	300	0,029
w, мс	99	71	148	97	70	127	0,650
L/w	2,43	1,82	3,11	2,33	1,91	2,94	0,397
S мс ²	44503	23511	83218	41865	25847	80606	0,053
M, сек	0,89	0,8	0,96	0,82	0,76	0,96	0,294
СК, сек	0,06	0,04	0,07	0,05	0,04	0,07	0,020
Mo, сек	0,87	0,79	0,95	0,82	0,76	0,93	0,350
AMo, %	35,69	30,58	43,21	36,55	30	45,27	0,228

Me, сек	0,88	0,8	0,96	0,81	0,75	0,96	0,291
PВ, сек	0,31	0,24	0,43	0,28	0,21	0,38	0,049
ИВР	114,6	73,9	176	122,4	80,4	223,5	0,075
ПАПР	41,9	32,7	52,8	42,1	33,7	57,4	0,158
ВПР	3,74	2,59	5,14	4,19	2,9	6,06	0,039
ИН	63	39,5	112,5	71,6	43,1	138,8	0,043
W, мс	340	251	465	320	208	412	0,030
WN1, мс	300	250	351	296	200	350	0,199
WN5, мс	200	93	250	150	86	250	0,760
WAM5, мс	300	250	400	300	200	367	0,288
WAM10, мс	250	200	335	250	200	300	0,377
HRV t. i.	12,8	10,0	15,6	13,5	10,0	15,1	0,158
H	2,47	2,06	4,03	2,51	2,11	4,16	0,456

Проведенный курс нейробиоуправления, направленный на повышение мощности спектра ЭЭГ в диапазоне альфа ритма в отведении С3А1 у спортсменов высокой квалификации вызвал на следующие за курсом сутки достоверное ($p < 0,05$) уменьшение таких параметров ВРС, как SDNN, CV, L, СК и размах вариации. Такие параметры, как ВПР и ИН, напротив, достоверно увеличились ($p < 0,05$). Можно отметить, что курс НБУ по спектральной мощности альфа ритма ЭЭГ обусловил достоверное уменьшение общей variability ритма сердца SDNN, CV и уменьшение некоторых параметров, отражающих вклад парасимпатической модуляции в variability ритма (размах вариации и вегетативный показатель ритма). При этом достоверно повысился вклад индекса напряжения, который отражает активность надсегментарного уровня модуляции ритма сердца.

Проведение курса плацебо, имитирующего сеанс нейробиоуправления по протоколу усиления спектральной мощности ЭЭГ в альфа диапазоне в отведении С3А1, у спортсменов высокой квалификации также вызвало изменения активности модуляторов сердечного ритма, отразившиеся на параметрах ВРС во временном и частотном домене. Параметры ВРС и показатели достоверности различия этих параметров у спортсменов плацебо группы до и после воздействия представлены в таблице 2.

Таблица 2

Плацебо группа, эффект курса плацебо на показатели ВРС (n=12)

Параметр	До воздействия			После воздействия			p
	Me	Q25	Q75	Me	Q25	Q75	

ЧСС, мин ⁻¹	65	60	67	71	64	77	0,010
RR min, мс	780	701	818	682	660	745	0,091
RR max, мс	1044	997	1139	1051	954	1135	0,754
RRNN, мс	918	893	985	847	777	936	0,010
SDNN, мс	58	47	81	63	51	73	0,756
RMSSD, мс	45	38	72	44	38	65	0,480
pNN50, %	19,85	16,95	37,65	19	15,95	46,75	0,814
CV, %	6,34	5,15	7,99	7,48	5,51	8,71	0,347
К 30/15	1,3	1,14	1,46	1,3	1,23	1,36	0,814
TP, мс ²	2801	1653	4898	3908	2579	6952	0,213
VLF, мс ²	1003	456	1878	879	456	2415	0,594
LF, мс ²	1035	535	1948	1569	530	3160	0,328
HF, мс ²	680	545	822	1273	896	1627	0,131
LF nu, %	55,82	45,18	71,86	62,86	34,62	78,37	0,477
HF nu, %	44,18	28,14	54,82	37,14	21,63	65,38	0,477
LF/HF	1,26	0,84	2,79	1,69	0,53	3,62	0,424
% VLF	37,0	22,6	46,3	30,5	12,9	36,3	0,477
% LF	32,1	26,2	45,2	44,6	25,5	48,1	0,328
% HF	25,5	17,0	39,7	21,4	17,5	41,6	0,929
L, мс	177	137	248	213	152	300	0,169
w, мс	88	71	114	100	83	109	0,721
L/w	1,92	1,74	2,54	2,26	2,02	3,27	0,169
S, мс ²	42894	22481	81937	41159	23953	80035	0,062
M, сек	0,92	0,89	0,99	0,82	0,78	0,89	0,009
СК, сек	0,05	0,04	0,07	0,06	0,05	0,07	0,441
Mo, сек	0,92	0,9	1,02	0,8	0,77	0,89	0,007
AMo, %	40,91	28,8	50,18	33,6	29,17	42,5	0,285
Me, сек	0,92	0,88	0,98	0,81	0,78	0,89	0,009
PВ, сек	0,3	0,22	0,31	0,32	0,26	0,38	0,241
ИВР	149,1	102,1	200,0	103,7	81,3	159,8	0,333
ПАПР	45,2	29,1	54,6	41,7	36,6	45,3	0,878
ВПР	3,7	3,2	5,1	3,8	3,2	4,6	0,878
ИН	83,2	53,0	110,8	63,8	53,0	79,5	0,445
W, мс	352	217	499	341	203	436	0,147

WN1, мс	295	244	338	308	219	327	0,223
WN5, мс	216	102	267	173	89	268	0,712
WAM5, мс	294	231	380	308	216	377	0,254
WAM10, мс	240	187	356	254	205	313	0,336
HRV t. i.	13,1	9,8	15,3	13,4	10,5	14,9	0,214
H	2,49	2,09	4,06	2,45	2,06	4,11	0,469

На следующие сутки по окончании плацебо воздействия у спортсменов высокой квалификации были найдены достоверные изменения параметров ВРС ($p < 0,05$). Увеличилась частота сердечных сокращений, уменьшились значения RRNN, средней арифметической длительности кардиоинтервалов, их моды и медианы, которые отражают «конечный результат всех регуляторных влияний на сердце и систему кровообращения в целом... обычно сигнализируют об увеличении нагрузки на аппарат кровообращения» [4].

Заключение

Сопоставляя особенности изменения параметров ВРС у спортсменов в плацебо группе и группе нейробиоуправления, можно сделать вывод о том, что плацебо воздействие и воздействие на спектральную мощность альфа ритма ЭЭГ в отведении С3А1 вызвали различные физиологические сдвиги в организме. В случае плацебо воздействия наблюдались признаки роста нагрузки на аппарат кровообращения, что естественно в течение спортивного сезона, к которым происходила адаптация за счет некоторого усиления симпатической активности. Воздействие курса нейробиоуправления по параметрам ЭЭГ сопровождалось перестройкой периферических осцилляторных процессов, появлением особенностей variability ритма сердца, которые можно расценить как указание на ослабление парасимпатических влияний и усиление модуляции со стороны центральных (надсегментарных) структур.

Исследование поддержано грантом в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы, государственный контракт № П-442 от 31. 07. 2009 г.

Список литературы

1. Данилова Н.Н., Астафьев С.В. Внимание человека как специфическая связь ритмов ЭЭГ с волновыми модуляторами сердечного ритма // Журн. высш. нервн. деят. – 2000. – Т. 50. – Вып. 5. – С. 791–804.

2. Дёмин Д.Б., Поскотинова Л.В., Кривоногова Е.В. Варианты ЭЭГ-реакций при выполнении курса БОС тренингов у подростков в зависимости от исходного вегетативного тонуса // Экология человека. – 2012. – № 3. – С. 16–22.
3. Еремеева О.В., Кормилец В.С., Еремеев С.И. Кумулятивный эффект нейробиоуправления по показателям индексов фоновой электроэнцефалограммы спортсменов с доминированием метаболического модулятора сердечного ритма // Бюллетень Сибирской медицины. – 2011. – № 1. – С. 25–31.
4. Михайлов В.М. Вариабельность ритма сердца: опыт практического применения метода. – Иваново: Иван. гос. мед. академия, 2002. – 290 с.
5. Об утверждении порядка оказания медицинской помощи при проведении физкультурных и спортивных мероприятий: Приказ; М-во здравоохранения и социального развития Рос. Федерации от 09. 08. 2010. № 613н. – 69 с.
6. Сороко С.И., Трубачев В.В. Нейрофизиологические и психофизиологические основы адаптивного биоуправления. – СПб.: Политехника-сервис, 2010. – 607 с.
7. Электроэнцефалографическое биоуправление (альфа-тета-тренинг) для лечения и реабилитации аддиктивных состояний (патологических пристрастий) и депрессий: методические указания: Методические рекомендации; М-во здравоохранения и социального развития Рос. Федерации от 28. 12. 2000 г. № 99/174. – Новосибирск, 2000. – 34 с.
8. Cho M.K., Jang H.S., Jeong S.H. et al. Alpha neurofeedback improves the maintaining ability of alpha activity // Neuroreport. – 2008. – V. 19. – № 3. – P. 315–317.
9. Gruzelier J.H., Egner T., Vernon D.J. Validating the efficacy of neurofeedback for optimizing performance // Prog. Brain Res. – 2006. – V. 159. – P. 421–431.
10. van Boxtel G.J., Denissen A.J., Jäger M. et al. A novel self-guided approach to alpha activity training // Int. J. Psychophysiol. – 2012. – V. 83. – № 3. – P. 282–294.

Рецензенты:

Бочаров М.И., д.б.н., профессор, заведующий кафедрой теоретических основ физической культуры, Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ухтинский государственный технический университет» Министерства образования и науки Российской Федерации, г. Ухта.

Фомина Е.В., д.б.н., профессор, заведующий лабораторией профилактики гипогравитационных нарушений, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Государственный научный центр Российской Федерации «Институт медико-биологических проблем» Российской академии наук (ГНЦ РФ ИМБП РАН), г. Москва.