

Дата публикации: 01.06.2021

DOI: 10.51871/2588-0500_2021_05_02_7

УДК 612.825.4; 612.172.2; 371.693.4

ПЛАЦЕБО КОНТРОЛИРУЕМОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТРЕНИНГА С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ПО АЛЬФА РИТМУ МОЗГА НА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММУ СПОРТСМЕНОВ СО СРЕДНИМИ УРОВНЯМИ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ СПЕКТРА ВАРИАБЕЛЬНОСТИ РИТМА СЕРДЦА

В.С. Кормилец, О.В. Еремеева, С.И. Еремеев

БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия»,
г. Ханты-Мансийск, Россия

Ключевые слова: спортсмены, вариабельность ритма сердца, биологическая обратная связь, электроэнцефалограмма, альфа ритм.

Аннотация. В плацебо-контролируемом исследовании изучался эффект курса биологической обратной связи по протоколу повышения мощности альфа активности электроэнцефалограммы в отведении C_3A_1 (БОС-тренинг) на паттерны фоновой электроэнцефалограммы у спортсменов высокой квалификации, чье функциональное состояние характеризовалось средними уровнями относительной мощности спектра вариабельности ритма сердца в диапазонах очень низкой, низкой и высокой частоты. В исследование было включено 102 участников обоего пола. Установлено, что курс БОС-тренинга по сравнению с воздействием плацебо не продемонстрировал статистически значимых эффектов на тип фоновой электроэнцефалограммы испытуемых.

PLACEBO-CONTROLLED STUDY OF THE EFFECT OF BIOFEEDBACK TRAINING ON THE ALPHA RHYTHM OF THE BRAIN ON THE ELECTROENCEPHALOGRAM OF ATHLETES WITH MEAN LEVELS OF RELATIVE POWER OF THE SPECTRUM OF HEART RATE VARIABILITY

V.S. Kormilets, O.V. Eremeeva, S.I. Eremeev

Khanty-Mansijsk State Medical Academy, Khanty-Mansijsk, Russia

Key words: athletes, heart rate variability, biofeedback, electroencephalogram, alpha rhythm.

Annotation. In a placebo-controlled study, the effect of a biofeedback course according to the protocol for increasing the power of alpha activity of the electroencephalogram in the C_3A_1 lead on the patterns of background electroencephalogram in elite athletes was studied. The initial functional state of

the study participants was characterized by average levels of relative power of the spectrum of heart rate variability in the very low, low and high frequency ranges. The study included 102 participants of both sexes. It was found that the course of biofeedback compared to placebo exposure did not demonstrate statistically significant effects on the type of background electroencephalogram of the subjects.

Введение. Установлено наличие связи между пластичностью нейродинамических процессов мозга и характером реакции сердечнососудистой системы [7]. Накапливаются данные о взаимосвязях типа модуляции сердечного ритма и типа паттернов электроэнцефалограммы у спортсменов [2, 3]. Обнаружены различия в реактивности психонейровегетативной регуляции сердечной деятельности в ходе тренинга с биологической обратной связью (БОС-тренинг) [6].

В проспективном рандомизированном одноцентровом простом слепом сравнительном плацебо-контролируемом исследовании были получены данные о безопасности модифицированной методики применения нейробиоуправления у спортсменов высокой квалификации и была показана большая эффективность такого курса по сравнению с плацебо-воздействием по первичной комбинированной конечной точке исследования (положительная динамика или стабильный уровень спортивных результатов) и по вторичным конечным точкам исследования, представленными как компонентами первичной точки, так и параметрами качества жизни, связанного со здоровьем у спортсменов высокой квалификации [5].

Однако остаются мало изученными особенности взаимосвязи паттернов нейровегетативной регуляции сердечной деятельности спортсменов высокой квалификации, в частности исходного типа модуляции сердечного ритма и эффектов БОС-тренинга.

Целью исследования была оценка эффекта БОС-тренинга по протоколу повышения мощности альфа активности электроэнцефалограммы в отведении C_3A_1 на электроэнцефалограмму спортсменов высокой квалификации, особенностью адаптации к спортивной деятельности которых было установление относительной мощности спектра variability ритма сердца (BPC) в диапазонах очень низкой, низкой и высокой частот (VLF%, LF%, HF%) на уровне средних значений в популяции.

Методы и организация исследования. Дизайн исследования: одноцентровое открытое проспективное рандомизированное простое слепое сравнительное плацебо-контролируемое исследование.

Проведенное исследование соответствовало стандартам этического комитета Ханты-Мансийской государственной медицинской академии,

разработанным в соответствии с Хельсинской декларацией всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками от 2013 г., в соответствии с Правилами клинической практики в Российской Федерации, утвержденными приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266, с 01.04.2016 г., в соответствии с Правилами надлежащей клинической практики, утвержденными приказом Министерства здравоохранения РФ от 1 апреля 2016 г. № 200н.

В исследование были включены 102 участника, давших информированное согласие и соответствующих критериям включения и критериям исключения из исследования. Все участники исследования были признаны здоровыми, получили допуск к тренировкам и соревнованиям от специализированных медицинских учреждений. Участники случайным образом (лотерейным методом) были распределены на основную группу и группу плацебо контроля в отношении 2 к 1.

Критерии включения: пол участников – женский, мужской; возраст – 18-25 лет; состояние здоровья – все участники признаны здоровыми по результатам медицинских осмотров в лечебной сети; относительная спектральная мощность ВРС в диапазонах очень низкой частоты (0,003-0,04 Гц), низкой частоты (0,04-0,15 Гц), высокой частоты (0,15-0,4 Гц) не превышает границы среднего уровня в популяции, так называемый эгалитарный тип модуляции сердечного ритма [2]; критический уровень VLF% составлял для женщин 42,4%, для мужчин 44,8%, LF% – для женщин 47,0%, для мужчин 46,3%, HF% – для женщин 40,5%, для мужчин 38,2% [2].

Критерии исключения: эпилептиформная активность по данным электроэнцефалограммы; экстрасистолы более 5% ритмограммы сердца; прием лекарств; лактация; указание на беременность; невыполнение требований протокола и ряд других условий.

Регистрацию сердечного ритма выполняли по протоколу коротких записей в течение 5 минут [8] до и после проведения курса БОС-тренинга. Использовали электрокардиограф «Полиспектр-8ех». Параметры ВРС оценивали с использованием программного пакета «Поли-Спектр Ритм» (Нейрософт, Россия). Определение типа модуляции сердечного ритма выполняли на основе трехфакторной концепции [2].

Регистрацию электроэнцефалограммы (ЭЭГ) проводили при помощи электроэнцефалографа «Нейрон-Спектр-5» (Нейрософт, Россия) до и после проведения курса БОС-тренинга. В качестве референта (А) использовались отдельные электроды на мочках ушей. Постоянная времени составляла 0,3 секунды. Полоса пропускания по высоким частотам составляла 30 Гц. 19

электродов располагались по международной схеме 10-20. Запись ЭЭГ проводилась в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми глазами (фоновая ЭЭГ) и с открытыми глазами. Оценивали фоновую ЭЭГ визуально-логическим методом. Проводили классификацию фоновых ЭЭГ по Е.А. Жирмунской и В.С. Лосеву (1984) [4].

Воздействие (курс БОС-тренинга): БОС-тренинг выполняли по протоколу повышения спектральной мощности альфа активности головного мозга в монополярном отведении C_3A_1 ЭЭГ с использованием программно-аппаратного комплекса «БОСЛАБ» с многоканальным интерфейсом БИ-012 (КОМСИБ, Россия). Выполняли мониторинг ЭЭГ, регистрацию спектральной мощности альфа активности, активности в бета и тэта диапазоне, тета-бета коэффициента, фронтальной электромиограммы, температуры тела.

Основная группа: проводилось истинное воздействие. Усредненный уровень спектральной мощности альфа активности головного мозга, полученный за 1 минуту этапа определения фонового уровня в начале сеанса БОС-тренинга (медиана), увеличивался на 30%, и полученный уровень являлся порогом формирования сигнала обратной связи.

Курс проводится в форме циклов из 5 сеансов по 1 сеансу в день, с последующими 2 днями перерыва. Длительность сеанса составляла 31 минуту. Структура сеанса: настройка порога занимала 1 минуту, тренинг – 30 минут. Тренинг выполняется непрерывным методом.

Группа плацебо-контроля: проводилось плацебо-воздействие, отличающееся от истинного воздействия тем, что сигнал биологической обратной связи генерировался при достижении уровня медианы – усредненного уровня спектральной мощности альфа активности головного мозга, полученного за 1 минуту этапа определения фонового уровня в начале сеанса БОС-тренинга.

Определение конечных показателей эффективности курса нейробиоуправления: первичная конечная точка – успешность профессиональной деятельности; вторичные конечные точки – статистически значимые изменения ЭЭГ.

Проверка данных на нормальность распределения проводилась с использованием критерия согласия Шапиро-Уилки. В случае нормального распределения обобщенные характеристики совокупности представляли величинами среднего арифметического (M) и среднего квадратического отклонения (SD). В случае распределения, отличного от нормального, обобщенные характеристики совокупности представляли величинами медианы (Me), 25 и 75 перцентили (Q_1 , Q_3). В исследовании был принят уровень статистической значимости $\alpha = 0,05$. Переменные, измеренные в

категориальной шкале, оценивали по частоте. Оценку статистической значимости различий частот в независимых выборках между группами производили с использованием критерия Хи-квадрат, в зависимых выборках до и после воздействия – с использованием критерия Хи-квадрат МакНемара. Оценку статистической значимости различий между группами выборки производили методом факторного дисперсионного анализа. Использовалась программа Statsoft Statistica 10.

Результаты исследования и их обсуждение. В исследование были включены 102 испытуемых обоего пола. Средний возраст участников в полученной выборке составил $20,2 \pm 1,8$ лет.

В основную группу были включены 69 участников обоего пола, средний возраст составил $20,2 \pm 1,8$ лет. В группу плацебо-контроля были включены 33 участника, средний возраст составил $20,1 \pm 1,8$ лет. Значимые различия средних значений возраста между основной и плацебо- группами обнаружены не были ($p > 0,05$).

Было проанализировано распределение в основную группу и в группу плацебо контроля по возрасту и полу участников. Средний возраст женщин, включенных в группу плацебо контроля, составил $20,3 \pm 2,0$ лет ($n=16$), женщин, включенных в основную группу – $19,3 \pm 1,6$ лет ($n=30$). Средний возраст мужчин, включенных в группу плацебо-контроля, составил $19,9 \pm 1,8$ лет ($n=17$), мужчин, включенных в основную группу – $20,5 \pm 1,9$ лет ($n=39$). Анализ достоверности различий возраста в четырех группах методом факторного дисперсионного анализа относительно эффекта взаимодействия между факторами «пол и группа» не выявил достоверных различий ($p=0,222$). Основная и плацебо- группы были репрезентативны по половому составу и возрасту.

Распределение испытуемых по категориям спортивной квалификации представлено в таблице 1.

Таблица 1

Частоты испытуемых различной спортивной квалификации, включенных в исследование и распределенных в основную и в плацебо- группы

Спортивная квалификация	Основная группа	Плацебо-группа	Выборка
Разряд 1	32	14	46
КМС	23	13	36
МС	13	5	18
МСМК	1	1	2

Приложение: где - КМС – кандидат в мастера спорта; МС – мастер спорта; МСМК – мастер спорта международного класса

Уровень значимости по ожидаемой и наблюдаемым частотам в основной и в плацебо- группе спортивной квалификации по критерию

Хи-квадрата составил для спортсменов 1-го разряда $p=0,8165$; для КМС – $p=0,6809$; для МС – $p=0,7005$ (с поправкой Йетса $p=0,9125$); для МСМК уровень значимости не был определен в связи с недостаточным количеством наблюдений. Значимые различия частот определенной спортивной квалификации между основной группой и группой плацебо контроля выявлены не были.

Распределение испытуемых по категориям спортивной специализации представлено в таблице 2.

Таблица 2

Частоты испытуемых различной спортивной специализации, включенных в исследование и распределенных в основную и в плацебо- группы

Спортивная специализация	Основная группа	Плацебо-группа	Выборка
Лыжные гонки	23	12	35
Биатлон	23	11	34
Плавание	7	3	10
Водное поло	6	3	9
Волейбол	4	2	6
Хоккей с шайбой	3	1	4
Бокс	2	1	3
Рукопашный бой	1	0	1

Уровень значимости по ожидаемой и наблюдаемым частотам в основной и в плацебо группах спортивной специализации по критерию Хи-квадрат составил для лыжников-гонщиков $p=0,8336$; для биатлонистов $p=1,0000$; для пловцов $p=0,8792$ (с поправкой Йетса $p=0,8394$); для спортсменов, специализирующихся в водном поло $p=0,9520$ (с поправкой Йетса $p=0,7557$); для волейболистов $p=0,9602$ (с поправкой Йетса $p=0,6900$). Уровень значимости для подгрупп «хоккей с шайбой», «бокс», «рукопашный бой» не определяли в связи с количеством наблюдений менее 5. Значимые различия частот определенной спортивной специализации между основной группой и группой плацебо контроля выявлены не были.

Особенности электроэнцефалограммы у спортсменов со средними уровнями активности трех модуляторов сердечного ритма в исходном состоянии, отражающиеся в определенных типах фоновой ЭЭГ представлены в таблице 3.

Уровень значимости по ожидаемой и наблюдаемым частотам I типа ЭЭГ в основной и в плацебо группах по критерию Хи-квадрат составил $p=0,6739$, II типа ЭЭГ – $p=0,4353$; IV типа ЭЭГ – $p=0,6745$; V типа ЭЭГ – $p=0,3090$ (с поправкой Йетса $p=0,5295$). Таким образом, до воздействия курса БОС-тренинга значимые различия частот определенных типов ЭЭГ между испытуемыми основной группы и плацебо-группы выявлены не были.

Таблица 3

Частоты типов фоновой ЭЭГ до воздействия у испытуемых, включенных в исследование и распределенных в основную и в плацебо- группы

Тип ЭЭГ	Основная группа	Плацебо-группа	Выборка
I	39	16	55
II	8	6	14
III	0	0	0
IV	18	7	25
V	4	4	8

Особенности электроэнцефалограммы у спортсменов со средними уровнями активности трех модуляторов сердечного ритма после воздействия курса БОС-тренинга, отражающиеся в типах фоновой ЭЭГ, представлены в таблице 4.

Таблица 4

Частоты типов фоновой ЭЭГ после воздействия у испытуемых, включенных в исследование и распределенных в основную и в плацебо группы

Тип ЭЭГ	Основная группа	Плацебо группа	Выборка
I	37	16	53
II	2	3	5
III	6	3	9
IV	18	7	25
V	6	4	10

После воздействия курса БОС-тренинга по критерию Хи-квадрат уровень значимости по ожидаемой и наблюдаемым частотам I типа ЭЭГ в основной и в плацебо группах составил $p=0,7834$; II типа ЭЭГ составил $p=0,2015$ (с поправкой Йетса $p=0,4279$); III типа ЭЭГ – $p=0,9520$ (с поправкой Йетса $p=0,7557$); IV типа ЭЭГ – $p=0,6745$; V типа ЭЭГ – $p=0,6237$ (с поправкой Йетса $p=0,8899$). Таким образом, после воздействия курса БОС-тренинга значимые различия частот определенных типов ЭЭГ между испытуемыми основной группы и плацебо-группы выявлены не были.

Для оценки эффекта курса БОС-тренинга были проанализированы частоты типов ЭЭГ в основной и в плацебо группе до и после воздействия (Таблица 5).

При анализе частот обращает на себя внимание отсутствие до воздействия паттернов фоновой ЭЭГ III типа как в основной, так и в плацебо-группе. После воздействия в обеих группах появляются наблюдения с ЭЭГ III типа, который расценивается как десинхронный тип [4]. ЭЭГ III типа в выборке появились за счет изменения исходного паттерна ЭЭГ II типа. В рамках основной и плацебо- групп, участники с исходным ЭЭГ II типа, после воздействия распределившиеся на подгруппы со II и с III типом ЭЭГ,

представляют собой связанные выборки, и в них был проведен анализ достоверности изменения частот по Хи-квадрату МакНемара. В основной группе МакНемара Хи-квадрат (A/D) составил 0,07, $p=0,7893$, (B/C) = 0,50, $p=0,4795$. В плацебо группе МакНемара Хи-квадрат (A/D) составил 0,44, $p=0,5050$, (B/C) = 1,33, $p=0,2482$. Значимые изменения частоты ЭЭГ II и III типа в основной и в плацебо- группах найдены не были.

Таблица 5

Эффект воздействия курса БОС-тренинга на частоту типов ЭЭГ

Тип ЭЭГ	Частота до воздействия	Частота после воздействия	p	p с поправкой Йетса
Основная группа				
I	39	37	0,9006	
II	8	2		0,8908
III	0	6	-	-
IV	18	18	1,0000	
V	4	6		0,9577
Плацебо группа				
I	16	16		
II	6	3		
III	0	3		
IV	7	7		
V	4	4		

Не были найдены и статистически значимые изменения частоты ЭЭГ IV и V, которые рассматриваются как типы дезорганизованные, с преобладанием альфа активности (IV тип) и с преобладанием тэта и дельта активности (V тип) [4], поэтому курс БОС-тренинга можно рассматривать как воздействие, безопасное в отношении формирования значительных и грубых нарушений ЭЭГ.

В концепции функционального состояния человека как «специфических типов связей осцилляторных процессов на центральном и периферическом уровнях», центральный уровень представлен ритмической активностью головного мозга, а периферический представляют «осцилляторные свойства волновых модуляторов сердечного ритма». В этом случае функциональные состояния могут различаться специфическим взаимодействием ритмической активности мозга с осцилляторными процессами периферического уровня и могут быть описаны как частотно-специфическая интеграция осцилляторной активности мозга с волновыми модуляторами сердечного ритма [1]. В настоящем исследовании был сделан акцент на анализе взаимосвязи осцилляторной активности мозга с волновыми модуляторами сердечного ритма, которые были ограничены исключительно средними уровнями активности метаболического, сосудистого и дыхательного модуляторов.

Заключение. Таким образом, курс биологической обратной связи по протоколу повышения мощности альфа активности электроэнцефалограммы в отведении C_3A_1 у спортсменов высокой квалификации с исходно средними уровнями относительной мощности спектра ВРС в диапазонах очень низкой, низкой и высокой мощности не продемонстрировал статистически значимых эффектов на тип фоновой ЭЭГ испытуемых по сравнению с плацебо-воздействием.

Курс БОС-тренинга по исследованному протоколу не вызвал статистически значимого изменения частоты паттернов фоновой ЭЭГ IV и V типа, на основании чего можно заключить, что БОС-тренинг не приводит к формированию значительных и грубых нарушений ЭЭГ.

Исследование проводилось в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», государственный контракт № П-442.

Список литературы

1. Данилова Н.Н. Внимание человека как специфическая связь ритмов ЭЭГ с волновыми модуляторами сердечного ритма / Н.Н. Данилова, С.В. Астафьев // Журн. высш. нервн. деят. – 2000. –Т. 50. – № 5. – С. 791-804.

2. Еремеев С.И. Типология модуляции сердечного ритма на основе трехфакторной концепции и нормативные величины показателей спектрального анализа вариабельности ритма сердца в популяции здоровых людей в возрасте 17-27 лет / С.И. Еремеев, О.В. Еремеева, В.С. Кормилец // «Медленные колебательные процессы в организме человека. Теоретические и прикладные аспекты нелинейной динамики в физиологии и медицине». Сборник научных трудов VI Всероссийского Симпозиума и IV Школы-семинара с международным участием. 24-27 мая, НИИ КПП ПЗ СО РАМН, Новокузнецк. Изд-во: КузГПА. – 2011. – С. 113-120.

3. Еремеева О.В. Типы электроэнцефалограмм у спортсменов высокой квалификации, тренирующихся в гипокомфортных климатогеографических условиях / Еремеева О.В., Еремеев С.И. // Вестник Уральской медицинской академической науки. 2014. – Т. 48. – № 2. – С. 29-32.

4. Жирмунская Е.А. Системы описания и классификация электроэнцефалограмм человека. / Е.А. Жирмунская, В.С. Лосев // М.: Наука. – 1984. – 80 с.

5. Поляев Б.А. Плацебо контролируемое исследование безопасности и эффективности курса нейробиоуправления по спектральной мощности альфа ритма у спортсменов высокой квалификации / Б.А. Поляев, С.И. Еремеев, О.В. Еремеева, В.С. Кормилец // Спортивная медицина: наука и практика. – 2013. – № 4. – С. 34-41.

6. Поскотинова Л.В. Типы реактивности вегетативной нервной системы и динамика уровня тревожности в процессе биоуправления параметрами ритма сердца у педагогов / Л.В. Поскотинова, Е.В. Кривоногова, М.А. Овсянкина, А.В. Мельникова // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Медико-биологические науки. – 2015. – № 4. – С. 90-98.

7. Сороко С.И., Трубачев В.В. Нейрофизиологические и психофизиологические основы адаптивного биоуправления / Сороко С.И., Трубачев В.В. // СПб.: Политехника-сервис. – 2010. – С. 143.

8. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use // *Circulation*. – 1996. – Vol. 93. – № 5. – P. 1043-1065. DOI: 10.1161/01.cir.93.5.1043.

References

1. Danilova N.N. Human attention as a specific connection of EEG rhythms with the wave modulators of the heart rhythm / N.N. Danilova, S.V. Astaf'ev // *Journal of the High Nervous Activity*. – 2000. – Vol. 50. – № 5. – P. 791-804.

2. Ereemeev S.I. Typology of heart rate modulation based on the three-factor concept and normative values of indicators of spectral analysis of heart rate variability in the population of healthy people aged 17-27 years / S.I. Ereemeev, O.V. Ereemeeva, V.S. Kormilets // "Slow oscillatory processes in the human body. Theoretical and applied aspects of nonlinear dynamics in physiology and medicine". Collection of scientific papers of the VI All-Russian Symposium and the IV School-Seminar with International Participation. May 24-27, Research Institute of KPGPZ SB RAMS, Novokuznetsk. Ed.: KuzGPA. – 2011. – P. 113-120.

3. Ereemeeva O.V. Types of electroencephalograms in highly qualified athletes who train in hypocomfort climatogeographic conditions / O.V. Ereemeeva, S.I. Ereemeev // *Bulletin of the Ural Medical Academic Science*. – 2014. – Vol. 48 – № 2. – P. 29-32.

4. Zhirmunskaya E.A. Systems of description and classification of human electroencephalograms / E.A. Zhirmunskaya, V.S. Losev // Moscow: Nauka. – 1984. – 80 p.

5. Polyayev B.A. Placebo-controlled study of the safety and effectiveness of the course of neurobiological control by the spectral power of alpha rhythm in highly qualified athletes / B.A. Polyayev, S.I. Ereemeyev, O.V. Ereemeyeva, V.S. Kormilets // *Sports Medicine: Science and Practice*. – 2013. – No. 4. – P. 34-41.

6. Poskotinova L.V. Types of reactivity of the autonomic nervous system and dynamics of the level of anxiety in the process of biofeedback of heart rhythm parameters in teachers / L.V. Poskotinova, E.V. Krivonogova, M.A. Ovsyankina, A.V. Melnikova // Vestnik Severnogo (Arctic) federal university. Series: Medical and biological sciences. – 2015. – No. 4. – P. 90-98.

7. Soroko S.I. Neurophysiological and psychophysiological bases of adaptive biofeedback / S.I. Soroko, V.V. Trubachev // St. Petersburg: Politechnika-service. – 2010. – P. 143.

8. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use // Circulation. – 1996. – Vol. 93. – No. 5. – P. 1043-1065. DOI: 10.1161/01.cir.93.5.1043.

Spisok literatury

1. Danilova N.N. Vnimanie cheloveka kak spetsificheskaya svyaz' ritmov EEG s volnovymi modulyatorami serdechnogo ritma / N.N. Danilova, S.V. Astaf'ev // Zhurn. vyssh. nervn. deyat. – 2000. – T. 50. – No. 5. – S. 791-804.

2. Ereemeev S.I. Tipologiya modulyatsii serdechnogo ritma na osnove trekhfaktornoj kontseptsii i normativnye velichiny pokazatelei spektral'nogo analiza variabel'nosti ritma serdtsa v populyatsii zdorovykh lyudej v vozraste 17-27 let / S.I. Ereemeev, O.V. Ereemeeva, V.S. Kormilets // «Medlennye kolebatel'nye protsessy v organizme cheloveka. Teoreticheskie i prikladnye aspekty nelineinoj dinamiki v fiziologii i meditsine». Sbornik nauchnykh trudov VI Vserossiiskogo Simpoziuma i IV Shkoly-seminara s mezhdunarodnym uchastiem. 24-27 maya, NII KPG PZ SO RAMN, Novokuznetsk. Izd-vo: KuzGPA. – 2011. – S. 113-120.

3. Ereemeeva O.V. Tipy elektroentsefalogramm u sportsmenov vysokoi kvalifikatsii, treniruyushchikhsya v gipokomfortnykh klimatogeograficheskikh usloviyakh / O.V. Ereemeeva, S.I. Ereemeev // Vestnik Ural'skoi meditsinskoi akademicheskoi nauki. – 2014. – T. 48. – No. 2. – S. 29-32.

4. Zhirmunskaya E.A. Sistemy opisaniya i klassifikatsiya elektroentsefalogramm cheloveka. / E.A. Zhirmunskaya, V.S. Losev // M.: Nauka. – 1984. – 80 s.

5. Polyayev B.A. Platsebo kontroliruemoje issledovanie bezopasnosti i effektivnosti kursa neirobioupravleniya po spektral'noi moshchnosti al'fa ritma u sportsmenov vysokoi kvalifikatsii / B.A. Polyayev, S.I. Ereemeev, O.V. Ereemeeva, V.S. Kormilets // Sportivnaya meditsina: nauka i praktika. – 2013. – No. 4. – S. 34-41.

6. Poskotinova L.V. Tipy reaktivnosti vegetativnoi nervnoi sistemy i dinamika urovnya trevozhnosti v protsesse bioupravleniya parametrami ritma serdtsa u pedagogov / L.V. Poskotinova, E.V. Krivonogova, M.A. Ovsyankina, A.V. Mel'nikova // Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Mediko-biologicheskie nauki. – 2015. – № 4. – S. 90-98.

7. Soroko S.I. Neurofiziologicheskie i psikhofiziologicheskie osnovy adaptivnogo bioupravleniya. / S.I. Soroko, V.V. Trubachev // SPb.: Politekhnikaservis. – 2010. – S. 143.

8. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use // Circulation. – 1996. – Vol. 93. – № 5. – P. 1043-1065. DOI: 10.1161/01.cir.93.5.1043.

Сведения об авторах: **Вера Сергеевна Кормилец** – ассистент кафедры нормальной и патологической физиологии БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия», г. Ханты-Мансийск, e-mail: verakormilets@mail.ru; **Ольга Васильевна Еремеева** – кандидат биологических наук, доцент кафедры нормальной и патологической физиологии БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия», г. Ханты-Мансийск, e-mail: ov.eremeeva@hmgma.ru; **Сергей Игоревич Еремеев** – кандидат медицинских наук, доцент, профессор кафедры нормальной и патологической физиологии БУ «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия», г. Ханты-Мансийск, e-mail: si.eremeev@hmgma.ru.

Information about the authors: **Vera Sergeevna Kormilets** – Assistant of the Department of Normal and Pathological Physiology of the BU "Khanty-Mansijsk State Medical Academy", Khanty-Mansijsk, e-mail: verakormilets@mail.ru; **Olga Vasil'evna Ereemeeva** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Normal and Pathological Physiology, Khanty-Mansijsk State Medical Academy, Khanty-Mansijsk e-mail: ov.eremeeva@hmgma.ru; **Sergej Igorevich Ereemeev** – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Normal and Pathological Physiology, Khanty-Mansijsk State Medical Academy, Khanty-Mansijsk. e-mail: si.eremeev@hmgma.ru.