

УДК 616-035.1 + 612.821.6 + 796.071.2

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ КУРСА НЕЙРОБИОУПРАВЛЕНИЯ ПО СПЕКТРАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ АЛЬФА РИТМА У СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ ПО ДАННЫМ СРАВНЕНИЯ С ПЛАЦЕБО ВТОРИЧНЫХ КОНЕЧНЫХ ТОЧЕК – ПОЛОЖИТЕЛЬНОЙ И НЕЙТРАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ СПОРТИВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

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

ГОУ ВПО ХМАО-Югры «Ханты-Мансийская государственная медицинская академия», Ханты-Мансийск, e-mail: o\_eremeeva@list.ru

Проведено исследование эффективности профилактического применения курса нейробиоуправления по протоколу повышения спектральной мощности электроэнцефалограммы в альфа диапазоне в отведении  $C_3A_1$  у спортсменов высокой квалификации по данным сравнения с плацебо вторичных конечных точек. Вторичные конечные точки исследования представляли собой количество положительной динамики, а также количество случаев без динамики спортивных результатов в сезоне на конец исследования. В исследование были включены 134 спортсмена от первого разряда до мастера спорта международного класса. Методом лотерейной рандомизации 122 участника были распределены в группу нейробиоуправления, 12 – в группу плацебо-контроля. Анализ зависимых выборок по критерию  $X^2$ McNemar показал достоверное увеличение частоты вторичной конечной точки, количества положительной динамики спортивных результатов ( $X^2 A/D = 35,20$   $p < 0,001$ ;  $X^2 B/C = 45,83$   $p < 0,001$ ) и вторичной конечной точки, количества случаев без динамики спортивных результатов ( $X^2 A/D = 32,81$   $p < 0,001$ ;  $X^2 B/C = 31,88$   $p < 0,001$ ) в группе нейробиоуправления. Профилактическое применение курса нейробиоуправления по протоколу усиления спектральной мощности альфа ритма электроэнцефалограммы в отведении  $C_3A_1$  у спортсменов высокой квалификации по эффективности превосходит плацебо-эффект по данным сравнения вторичных конечных точек – количества положительной динамики и количества случаев без динамики спортивных результатов.

**Ключевые слова:** эффективность, нейробиоуправление, альфа ритм, спортсмены, плацебо-контролируемое исследование

## THE EFFICACY OF THE NEUROFEEDBACK COURSE ON THE ALPHA RHYTHM SPECTRAL POWER ENHANCEMENT PROTOCOL IN THE ATHLETES OF HIGH QUALIFICATION: THE ESTIMATION OF SECONDARY ENDPOINTS – THE NUMBER OF CASES OF POSITIVE DYNAMIC AND WITHOUT DYNAMIC OF SPORT RESULTS

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

Khanty-Mansiysk state medical academy, Khanty-Mansiysk, e-mail: o\_eremeeva@list.ru

A study was undertaken of the effectiveness of preventive application of the neurofeedback course in sportsmen of high qualification. The neurofeedback was conducted according to the protocol of increase of electroencephalogram spectral power in the alpha range in lead  $C_3A_1$ . Effectiveness evaluation is made according to the comparison with placebo secondary endpoints. The first secondary endpoint of the study was presented to the number of cases of positive dynamics of sports results. The second the secondary endpoint of the study was presented to the number of cases without the dynamics of sports results of the season at the end of the study. The study included 134 athletes of high qualification. Method lottery randomization 122 participants were divided into a neurofeedback group. 12 participants were included in the placebo group. Dependent samples were analyzed by the criterion  $X^2$ McNemar. Obtained results confirm a statistically significant increase in frequency of the secondary endpoint, the number of positive dynamics of sports results ( $X^2 A/D = 35,20$   $p < 0,001$ ;  $X^2 B/C = 45,83$   $p < 0,001$ ) in the neurofeedback group. Also results confirming the significant increase in the frequency of secondary endpoint, the number of cases without the dynamics of sports results ( $X^2 A/D = 32,81$   $p < 0,001$ ;  $X^2 B/C = 31,88$   $p < 0,001$ ) in the neurofeedback group. Concluded that the prophylactic use of neurofeedback course on a protocol strengthening the spectral power of the alpha rhythm of electroencephalogram in lead  $C_3A_1$  of sportsmen of high qualification in efficiency superior to placebo.

**Keywords:** efficacy, neurofeedback, alpha rhythm, athletes, placebo controlled study

Изучение эффективности применения нейробиоуправления как психофизиологического средства саморегуляции здорового человека, в том числе спортсмена, привело в последние десятилетия 20 века к выделению в самостоятельное направление практики предметной области пиковой или наивысшей производительности [7, 10]. Исследования эффективности нейробиоуправления у атлетов высокой квалификации выполнялись не-

однократно и затрагивали различные протоколы проведения процедуры [8, 2, 9]. Вместе с тем применение средства иным способом или по новым показаниям является новым основанием для проведения исследование эффективности [1].

Целью исследования было получение доказательств эффективности модифицированной процедуры нейробиоуправления в соответствие с требованиями надлежущей

клинической практики. Задачами исследования было оценить эффективность курса нейробиоуправления по протоколу усиления спектральной мощности альфа ритма в отведении  $C_3A_1$  у атлетов высокой квалификации по данным сравнения вторичных конечных точек с плацебо контролем.

### Материалы и методы исследования

В проспективное рандомизированное одноцентровое простое слепое сравнительное плацебо-контролируемое исследование в период с 2006 по 2012 год в открытом временном режиме были включены 134 спортсмена высокой квалификации 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 составляла 8130 человек. Методом лотерейной рандомизации участники были распределены на группу нейробиоуправления, в которую были включены 122 спортсмена, и группу плацебо-контроля, в которую были включены 12 спортсменов. Продолжительность фазы воздействия составляла 3 недели, продолжительность фазы наблюдения была от 6 до 8 месяцев. Проведенные исследования соответствовали этическим стандартам биоэтического комитета РНИМУ имени Н.И. Пирогова, разработанным в соответствии с Хельсинкской декларацией всемирной медицинской ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками от 2000 г. и в соответствии с Правилами клинической практики в Российской Федерации, утвержденными приказом Минздрава РФ от 19.06.2003 г. № 266. Все лица, участвовавшие в исследовании, дали информированное согласие на участие в исследовании.

Состояние здоровья участников исследования оценивалось по результатам медицинских осмотров, выполненных в амбулаторно-поликлинических учреждениях системы здравоохранения округа в соответствии с [3]. Все 134 участника исследования были признаны здоровыми и имели допуск к соревнованиям.

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. Для женщин дополнительным критерием включения был 6–12-й день месячного цикла. Критерии исключения из выборки: возраст менее 18 и более 25 лет; несинусовый ритм сердца, более 10% экстрасистол во время 5-минутной записи кардиоритмограммы; отсутствие со стороны спортсмена готовности к сотрудничеству.

Все участники знакомились с процедурой обследования в лаборатории по информационному буклету и подписывали информированное согласие по форме, одобренной этическим комитетом. Участники прибывали в лабораторию в период с 8 часов до 10 часов натошак (> 8 часов). Период отдыха от физических упражнений был более 12 часов. После прибытия в лабораторию участник знакомился с буклетом, проходил процедуру сбора анамнеза жизни и спортивного анамнеза, измерения массы тела и роста стоя, наружный осмотр, тонометрию, заполнял опросник,

находясь в положении сидя. Комплекс исследований проводился перед проведением воздействия, на следующий день после завершения курса и по окончании спортивного сезона повторялся опрос. Выбытие из исследования не отмечалось.

Признанной целью восстановительных мероприятий у спортсменов является «поддержание и повышение функционального состояния и спортивной формы спортсмена» [3]. В качестве первичной конечной точки оценки эффективности было избрано комбинированное количество [4] положительной динамики и отсутствия динамики спортивных результатов в сезоне на конец исследования. В таком случае естественным было бы рассматривать в качестве вторичных точек отдельные компоненты первичной конечной точки и ряд параметров, представляющих интерес. С учетом этого в качестве вторичных точек было избрано количество положительной спортивных результатов в сезоне на конец исследования и количество отсутствия динамики спортивных результатов в сезоне на конец исследования.

Сеансы нейробиоуправления проводились при помощи многоканального интерфейса биоуправления БИ-012 [6]. Методика нейробиоуправления была описана ранее [2]. В группе плацебо контроля предъявлялись аналогичные акустические сигналы, не связанные с уровнем спектральной мощности альфа ритма участника. Пороговый уровень управляемого параметра устанавливался для каждой сессии. Пороговый уровень превышал средний уровень спектральной мощности за 1 минуту на 30% [6]. Сохраняли значения интегральной электромиограммы, температуры, мощность альфа, бета и тета ритмов.

Регистрация электрокардиограммы и вариабельности ритма сердца проводилась при помощи электрокардиографа «Полиспектр-8EX» (Нейрософт, Россия). Запись ритмограммы сердца проводили в течение 5 минут по протоколу коротких записей. Оценка биоэлектрической активности мозга проводилась по стандартной методике при помощи 21-канального электроэнцефалографа «Нейрон-Спектр-5» (Нейрософт, Россия). Постоянная времени составляла 0,3 секунды. Полоса пропускания по высоким частотам – 30 Гц. Electroды располагались по международной схеме 10–20. В качестве референта (А) использовались отдельные электроды на мочках ушей.

Статистический анализ данных включал определение описательных статистик, графический анализ распределения, частотный анализ, определение критерия  $X^2$ McNemar, коэффициент корреляции  $\Phi^2$ . Был принят уровень значимости различий  $p < 0,05$ . Полученные данные в таблице представлены в виде  $M \pm s$ , где  $M$  – это среднее арифметическое значение,  $s$  – среднее квадратическое отклонение.

### Результаты исследования и их обсуждение

В исследование было включено 134 спортсмена. Среди них было 83 мужчины и 51 женщина в возрасте 18–24 года (средний возраст  $20,5 \pm 1,5$  года). Спортивная квалификация участников исследования была следующей: мастер спорта международного класса (МСМК) – 4; мастер спорта (МС) – 36; кандидат в мастера спорта (КМС) – 60; спортсмены 1-го разря-

да – 34. В составе группы нейробиоуправления и плацебо преобладали спортсмены – представители циклических видов спорта, вторыми по численности были спортсмены – представители спортивных игр,

и третьими – представители спортивных единоборств. Результаты анализа данных спортсменов, проходивших курс нейробиоуправления и группы плацебо контроля, представлены в таблице.

Результаты исследования спортсменов группы нейробиоуправления и плацебо-контроля (M ± s)

№ п/п	Изучаемые параметры	Группа нейробиоуправления	Группа плацебо контроля
1	Возраст, лет	20,6 ± 1,5	19,5 ± 0,9
2	Длительность занятия спортом, лет	10,9 ± 2,5	8,9 ± 1,7
3	Рост тела стоя, см	176,2 ± 7,7	175,1 ± 5,0
4	Масса тела, кг	69,4 ± 9,2	67,1 ± 10,0
5	Индекс массы тела, кг/м <sup>2</sup>	22,3 ± 2,0	21,8 ± 2,1
6	Доля женщин в группе, %	39,3	25
7	Доля мужчин в группе, %	60,7	75
8	Доля МСМК в группе, %	3,3	0
9	Доля МС в группе, %	29,5	0
10	Доля КМС в группе, %	45,1	41,7
11	Доля 1-го разряда в группе, %	22,1	58,3
12	Доля циклических видов, %	56,6	75,0
13	Доля спортивных игр, %	34,4	16,7
14	Доля спортивных единоборств, %	9,0	8,3
15	Количество положительной динамики спортивных результатов в сезоне на конец исследования	61	5
16	Доля положительной динамики спортивных результатов в сезоне на конец исследования, %	50	41,7
17	Количество участников без динамики спортивных результатов в сезоне на конец исследования	51	7
18	Доля участников без динамики спортивных результатов в сезоне на конец исследования, %	41,8	58,3
19	Количество положительной динамики спортивных результатов в предшествующий сезон	50	5
20	Доля положительной динамики спортивных результатов в предшествующий сезон, %	41	41,7
21	Количество участников без динамики спортивных результатов в предшествующий сезон	52	7
22	Доля участников без динамики спортивных результатов в предшествующий сезон, %	42,6	58,3

Вслед за оценкой эффективности курса нейробиоуправления по комбинированной первичной конечной точке была проведена оценка эффективности по вторичным конечным точкам. Установлено, что количество положительной динамики спортивных результатов в сезоне накануне воздействия и в сезоне воздействия в плацебо группе составило 5 и 5 соответственно, в группе нейробиоуправления – 50 и 61 соответственно. Частоты положительной динамики спортивного результата между группами были слабо связаны между собой ( $\Phi^2 = 0,00075$ )

и в сезоне, предшествовавшем воздействию, и в сезоне, когда оказывалось воздействие. Анализ зависимых выборок группы плацебо и группы нейробиоуправления по критерию  $\chi^2$  McNemar показал достоверное изменение частоты параметра ( $\chi^2 A/D = 35,20 p < 0,001$ ;  $\chi^2 B/C = 45,83 p < 0,001$ ) в группе нейробиоуправления.

Количество случаев без динамики спортивных результатов в сезоне накануне воздействия и в сезоне воздействия в плацебо группе составило 7 и 7 соответственно, в группе нейробиоуправления – 52 и 51 со-

ответственно. Частоты случаев без динамики спортивных результатов между группами были слабо связаны ( $\Phi^2 = 0,00001$ ). Анализ зависимых выборок группы плацебо и группы нейробиоправления по критерию  $X^2$ McNemar показал достоверное изменение частоты случаев без динамики спортивных результатов ( $X^2 A/D = 32,81$   $p < 0,001$ ;  $X^2 B/C = 31,88$   $p < 0,001$ ).

Однако если выполнить нормирование частот положительной динамики спортивного результата и случаев без динамики спортивных результатов в сезоне накануне воздействия и в сезоне воздействия, то картина окажется иной. Выборки группы нейробиоправления и плацебо-контроля слабо связаны между собой. В частности, коэффициент корреляции  $\Phi^2$  в подгруппе спортсменов с положительной динамикой спортивных результатов составил 0,00309, и в подгруппе спортсменов без динамики спортивных результатов составил 0,00003. Анализ зависимых выборок группы плацебо и группы нейробиоправления по критерию  $X^2$ McNemar у спортсменов с положительной динамикой спортивных результатов не выявил достоверного изменения частоты положительной динамики ( $X^2 A/D = 0,01$   $p = 0,9121$ ;  $X^2 B/C = 0,53$   $p = 0,4655$ ). Анализ зависимых выборок группы плацебо и группы нейробиоправления по критерию  $X^2$ McNemar у спортсменов без динамики спортивных результатов не выявил достоверного изменения частоты случаев без динамики ( $X^2 A/D = 1,94$   $p = 0,1636$ ;  $X^2 B/C = 2,25$   $p = 0,1336$ ).

Оценка эффективности курса нейробиоправления по протоколу повышения спектральной мощности в альфа диапазоне ЭЭГ в отведении  $C_3A_1$  у спортсменов высокой квалификации по вторичным конечным точкам, представленным количеством случаев с положительной динамикой спортивных результатов, а также количеством случаев без динамики спортивных результатов, выявила слабую связь количества положительной динамики результатов между группами нейробиоправления и плацебо. Была установлена слабая связь количества случаев без динамики между плацебо группой и группой нейробиоправления в сезоне воздействия.

Следовательно, группы плацебо и нейробиоправления можно рассматривать как независимые выборки. В таком случае появление достоверных различий в зависимых выборках, например, группа нейробиоправления до и после воздействия в сравнении с плацебо группой до и после воздействия, следует относить на счет динамики параметра внутри группы.

Анализ зависимых выборок по критерию  $X^2$ McNemar показал достоверное изменение частоты вторичных конечных точек, представленных количеством положительной динамики и отсутствия динамики спортивных результатов в группе нейробиоправления ( $p < 0,001$ ). Это подкрепляет гипотезу о том, что курс нейробиоправления по эффективности превосходит плацебо-эффект. Полученные в исследовании данные об эффективности курса нейробиоправления согласуются с данными литературы об эффективности нейробиоправления, проводимого по различным протоколам [8, 7, 5, 9].

### Выводы

В проспективном рандомизированном одноцентровом простом слепом сравнительном плацебо-контролируемом исследовании получены данные о большей эффективности курса нейробиоправления по сравнению с плацебо воздействием по вторичным конечным точкам исследования, представленными количеством положительной динамики и количеством случаев без динамики спортивных результатов в сезоне на момент окончания исследования.

### Список литературы

1. Гринхальх Т. Основы доказательной медицины. – М: ГЭОТАР-МЕД, 2004. – 240 с.
2. Индексы фоновой электроэнцефалограммы спортсменов с доминированием метаболического модулятора сердечного ритма и кумулятивный эффект нейробиоправления / С.И. Еремеев, О.В. Еремеева, Л.Г. Харитонова, В.С. Кормилец // Фундаментальные исследования. – 2010. – № 9. – С. 14–19.
3. Об утверждении порядка оказания медицинской помощи при проведении физкультурных и спортивных мероприятий: М-во здравоохранения и социального развития Рос. Федерации от 09.08.2010. № 613н. – 69 с.
4. От редакции. Комбинированные конечные точки в клинических исследованиях: обзор публикаций // Качественная клиническая практика. – 2010. – № 1. – С. 39–53.
5. Сороко С.И. Нейрофизиологические и психофизиологические основы адаптивного биоправления / С.И. Сороко, В.В. Трубачев. – СПб.: Политехника-сервис, 2010. – 607 с.
6. Электроэнцефалографическое биоуправление (альфа-тета-тренинг) для лечения и реабилитации аддиктивных состояний (патологических пристрастий) и депрессий: методические указания : М-во здравоохранения и социального развития Рос. Федерации от 28.12.2000 г. № 99/174. – Новосибирск, 2000. – 34 с.
7. Cho M.K. Alpha neurofeedback improves the maintaining ability of alpha activity / M.K. Cho, H.S. Jang, S.H. Jeong et al. // Neuroreport. – 2008. – Vol. 19. – № 3. – P. 315–317.
8. Gruzelier J.H. Validating the efficacy of neurofeedback for optimizing performance / J.H. Gruzelier, T. Egner, D.J. Vernon // Prog. Brain Res. – 2006. – Vol. 159. – P. 421–431.
9. Laaksonen M.S. Evidence of improved shooting precision in biathlon after 10 weeks of combined relaxation and specific shooting training / M.S. Laaksonen, M. Ainegren,

J. Lisspers // Cogn. Behav. Ther. – 2011. – Vol. 40. – № 4. – P. 237–250

10. van Boxtel G.J. A novel self-guided approach to alpha activity training / G.J. van Boxtel, A.J. Denissen, M. Jäger et al. // Int. J. Psychophysiol. – 2012. – Vol. 83. – № 3. – P. 282–294.

### References

1. Grinhalh T. Osnovni dokazatelnoy meditsiny. M: GEOTAR-MED, 2004. 240 p.

2. Ereemeev S.I. Indeksyi fonovoy elektroentsefalogrammyi sportsmenov s dominirovaniem metabolicheskogo modulyatora serdechnogo ritma i kumulyativnyy effekt neyrobioupravleniya / S.I. Ereemeev, O.V. Ereemeeva, L.G. Haritonova, V.S. Kormilets // Fundamentalnyie issledovaniya. 2010. no. 9. pp. 14 19.

3. Ob utverzhdenii poryadka okazaniya meditsinskoy pomoschi pri provedenii fizkulturnyih i sportivnyih meropriyatiy: M-vozdravoohraneniya i sotsialnogo razvitiya Ros. Federatsiiot 09.08.2010. no. 613n. 69 p.

4. Ot redaktsii. Kombinirovanniy ekonechniyetochki v klinicheskikh issledovaniyah: obzorpublikatsiy / Ot redaktsii // Kachestvennaya klinicheskaya praktika. 2010. no. 1. pp. 39 53.

5. Soroko S.I. Neyrofiziologicheskie i psihofiziologicheskie osnovyia daptivnogo bioupravleniya / S.I. Soroko, V.V. Trubachev. SPb.: Politehnika-servis, 2010. 607 p.

6. Elektroentsefalograficheskoe bioupravlenie (alfa-teta-trening) dlya lecheniya i reabilitatsii additivnyih sostoyaniy (patologicheskikhpristrastiy) idepressiy :metodicheskieukazaniya : M-vozdravoohraneniya i sotsialnogo razvitiya Ros. Federatsiiot 28.12. 2000 g. no. 99/174. Novosibirsk, 2000. 34 p.

7. Cho M.K. Alpha neurofeedback improves the maintaining ability of alpha activity / M.K. Cho, H.S. Jang,

S.H. Jeong et al. // Neuroreport. 2008. Vol. 19. no. 3. pp. 315–317.

8. Gruzelier J.H. Validating the efficacy of neurofeedback for optimizing performance / J.H. Gruzelier, T. Egner, D.J. Vernon // Prog. Brain Res. 2006. Vol. 159. pp. 421–431.

9. Laaksonen M.S. Evidence of improved shooting precision in biathlon after 10 weeks of combined relaxation and specific shooting training / M.S. Laaksonen, M. Ainegren, J. Lisspers // Cogn. Behav. Ther. 2011. Vol. 40. no. 4. pp. 237–250.

10. van Boxtel G.J. A novel self-guided approach to alpha activity training / G.J. van Boxtel, A.J. Denissen, M. Jäger et al. // Int. J. Psychophysiol. 2012. Vol. 83. no. 3. pp. 282–294.

### Рецензенты:

Ахмедов В.А., д.м.н., профессор кафедры факультетской терапии с курсом профессиональных болезней, ГБОУ ВПО «Омская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, г. Омск;

Викторова И.А., д.м.н., профессор, заведующая кафедрой внутренних болезней и поликлинической терапии, ГБОУ ВПО «Омская государственная медицинская академия» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, г. Омск.

Работа поступила в редакцию 19.07.2013.