

DOI: 10.12731/2218-7405-2016-7-167-183

УДК 159.91

ВЛИЯНИЕ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ЛИЧНОСТИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОЛЬНОЙ БОС-РЕГУЛЯЦИИ БЕТА-2 РИТМА ЭЭГ

Столетний А.С.

Оценка влияния личностных свойств на успешность обучения произвольной регуляции электроэнцефалографической активности с помощью биологической обратной связи является актуальной проблемой современной психофизиологии и нейротерапии. В данном исследовании 17 здоровых испытуемых приняли участие в серии из 12 сеансов нейробиоуправления. Каждый сеанс состоял из двух сценариев, направленных на увеличение индекса бета – 2 ритма: сценарий А – в отведениях F3 и F7, сценарий Б – в отведениях F4 и F8. Для диагностики индивидуальных психофизиологических свойств использовались тестовые опросники Г. Айзенка, Я. Стреляу, Д. Спилбергера – Ю. Ханина, а также корректурная проба Б. Бурдона. Анализ результатов показал, что средняя эффективность обучения по сценариям А и Б составляет 175% и 137% соответственно. Моделирование с помощью метода множественной линейной регрессии позволило выделить психофизиологические свойства – предикторы успешности обучения по экспериментальным сценариям для данной выборки. Для сценария А это нейротизм и психотизм, для сценария Б – сила и подвижность нервной системы. Более того, был определен конкретный вклад каждого из предикторов в регрессионные модели, соответствующие сценариям. Результаты показали, что при обучении нейрорегуляции бета-2 ритма электроэнцефалограммы существенную роль играют индивидуальный психофизиологические свойства личности. Областью применения полученных результатов является медицинская и психологическая реабилитация; индивидуальный подбор протокола нейробиоуправления по личностным

качествам поможет увеличить эффективность нейротерапии и ускорить саму реабилитацию.

Ключевые слова: Электроэнцефалография; ЭЭГ-БОС; нейробиоуправление; нейротерапия; свойства личности; бета-тренинг; психодиагностика; множественная регрессия.

INFLUENCE OF INDIVIDUAL TRAITS ON EFFICIENCY OF BETA-2 RHYTHM NEUROFEEDBACK

Stoletniy A.S.

Evaluation of the impact of individual traits on efficiency of neurofeedback is an topical issue of modern psychophysiology and neurotherapy. 17 healthy volunteers participated in a series of 12 neurofeedback sessions. Each experiment consisted of two trainings: training A – in order to increase the beta-2 index summary in electrodes site F3 and F7, training B – in order to increase the beta-2 index summary in F4 and F8. Each participant took part in 12 trainings during 3 weeks. The neurofeedback series was preceded by a psychodiagnostic testing. The testing included H. Eysenck, J. Strelau, Ch. Spielberger–Y.L. Khanin test questionnaires and B. Bourdon test. According to the data analysis the average efficiency of neurofeedback scenarios A and B was 175% and 137%, respectively. Multiple linear regression modeling allowed distinguishing of psychophysiological predictors of the neurofeedback training effectiveness. Neuroticism and psychoticism were identified as important predictors for training A, strength and mobility of the nervous system – for training B. Relative importance of each of the predictors for the regression models was calculated. According to the results the individual psychophysiological traits play a significant role in neurofeedback efficiency. The use of the acquired data in clinical practice may help to improve the efficiency of neurotherapy and fasten psychological rehabilitation.

Keywords: *Electroencephalography; EEG-biofeedback; neurofeedback; neurotherapy; individual peculiarities; beta-2 rhythm; psychodiagnostics; multiple regression.*

Введение

Индивидуальная эффективность произвольной регуляции ЭЭГ-ритмов зависит от множества факторов. К их числу относятся мотивацию [10], тренировку [18], тип инструкции [7, 14], генетические особенности саморегуляции мозговой деятельности [9], а также индивидуально-типологические характеристики личности человека. Что касается последних, степень их влияния на успешность нейробиоуправления до сих пор изучена не полностью. Оценка взаимосвязи выраженности определенных психологических и психофизиологических свойств и эффективности БОС-обучения зачастую оказывается противоречивой, даже при использовании на психодиагностическом этапе одних и тех же тестовых опросников. Вместе с тем, такие сведения могут оказаться чрезвычайно полезными для специалистов, задействованных в сфере медицинской и психологической реабилитации с использованием БОС-технологии, а также для исследователей и разработчиков биотехнических систем, таких как интерфейс – мозг компьютер.

В исследованиях, связанных с вышеуказанной проблемой, анализировались разные индивидуальные характеристики личности. В ранних работах, например в [23] и [22] исследовалось влияние экстраверсии и интроверсии на способность испытуемых вырабатывать альфа – ритм методом БОС. В недавней статье [3] показано влияние психотизма и экстраверсии на изменение динамики межполушарных отношений в центральных областях коры при использовании альфа БОС-тренинга. В работе [19] испытуемые с низким индексом общей и текущей тревожности эффективнее подавляли альфа-активность, чем лица с высокими индексами. Значительные различия в ЭЭГ при анализе результатов БОС были обнаружены у людей с разными уровнями тревожности в клинических условиях [11]. В статье [17] в экспериментах с одиночным сеансом ЭЭГ–БОС исследовалось влияние психологических особенностей личности, выявленных с помощью 16 факторного опросника Кэттела, на результат БОС-тренировки. Было пока-

зано, что успешное увеличение спектра мощности альфа-ритма имеет место у лиц с выраженностью таких особенностей, как самоконтроль эмоций и поведения (фактор Q – 3), ответственность (фактор G), зависть (фактор L), социальная приемлемость (фактор N) и самостоятельность (фактор O). В исследовании [4] было показано, что лица с нормативными показателями эмоциональной устойчивости (фактор C по Кэттелу) способны эффективно обучаться релаксации с помощью БОС. Витте в работе [21] обнаружил, что «уверенность в контроле», связанная с локусом контроля (по Д. Роттеру), влияет на успешность произвольной регуляции сенсомоторного ритма ЭЭГ.

В ряде работ отмечается влияние таких психофизиологических характеристик человека, как уравновешенность нервной системы [2, 3], вегетативная лабильность [4], частота доминирующего ритма ЭЭГ [7], пластичность нервных процессов [9], различные паттерны ЭЭГ [11, 12, 13, 16]. Кроме того, индивидуальные колебания настроения и функционального состояния [9] также могут влиять на результаты БОС.

Учитывая приведенные сведения, данное исследование преследовало следующие цели: 1) Определить, какова эффективность БОС-обучения произвольной регуляции в симметричных фронтальных областях коры; 2) Выяснить, какие из представленных индивидуальных личностных свойств влияют на процесс БОС-тренинга; 3) Оценить точный вклад индивидуальных свойств в успешность ЭЭГ–БОС обучения бета-2 ритма.

Методика

В данном исследовании приняли участие 17 добровольцев, 4 мужчин и 13 женщин, студенты Южного федерального университета. До начала БОС-сессии все участники прошли психодиагностическое тестирование, в состав которого были включены методики: EPQ Г. Айзенка, «Диагностика темперамента» Я. Стреляя, «Шкала тревоги» Д. Спилбергера – Ю. Ханина, и корректурная проба Б. Бурдона. Для проведения ЭЭГ–БОС-тренинга исполь-

зовался электроэнцефалограф-анализатор «Энцефалан 131-03», с программным обеспечением «РЕАКОР», производства фирмы Медиком МТД (г. Таганрог, Россия). Регистрации ЭЭГ и БОС-тренинг осуществлялись в отведениях F3, F4, F7, F8, по международной системе «10-20» при монополярном монтаже, с референтными электродами на мочках ушей. Эксперименты проходили в комнате с контролируемым освещением. Обратная связь предоставлялась испытуемым в виде цветного изображения на экране монитора. Задачей участников было очистить изображение от помех, увеличивая индекс бета-2 ритма ЭЭГ.

Каждый сеанс ЭЭГ–БОС состоял из 2 сценариев. В сценарии А необходимо было увеличивать суммарный бета 2 – индекс в отведениях F3 и F7, в сценарии Б – суммарный бета-2 индекс в отведениях F4 и F8. БОС-тренинг состоял из четырех этапов: исходный фон (1 мин), инструкция (1 мин), сценарий (4 мин), итоговой фон (1 мин). Между тренингами был включен этап отдыха длительностью в 1 минуту. В инструкции испытуемым предлагались варианты мыслительных операций, которые могли помочь в достижении успешного результата обучения. Для сценария А рекомендовалось выполнять математические действия, для сценария Б – представлять эмоционально неприятные образы. Каждый участник прошел сессию из 12 БОС-тренингов в течении трех недель.

Анализ результатов проводился следующим образом. Расчет эффективности обучения произвольной регуляции для каждого сеанса выполнялся по следующей формуле (1):

$$\text{Эф. обуч. А(\%)} = \frac{\text{Инд. Тр. А}}{\text{Инд. Ф. а}} \times 100\%$$

где Инд. Тр. А – индекс бета-2 ритма на этапе выполнения БОС-сценария, Инд. Ф. а – индекс бета-2 ритма в фоновой пробе перед БОС-сценарием. По вычисленным значениям строилась кривая эффективности обучения [6] и линия регрессии, с целью определения направленности и динамики изменений. Для получения оценки средней эффективности по вышеперечисленным сценари-

ям, показатели эффективности усреднялись по результатам всех испытуемых и всех сеансов.

Для оценки влияния психофизиологических свойств личности на эффективность процесса БОС-обучения использовался метод моделирования с помощью множественной линейной регрессии, так как данный тип моделей позволяет оценивать влияние нескольких предикторов на какую-либо зависимую переменную [8]. В качестве независимых переменных для модели выступали показатели выраженности психофизиологических свойств испытуемых, полученных в ходе предварительной психодиагностики. В качестве зависимой – значение средней эффективности обучения каждого участника отдельно для каждого БОС-сценария. Полученная первоначальная регрессионная модель оптимизировалась с помощью Байесовского информационного критерия (BIC). Итоговая модель оценивалась: по уровню значимости (p-value), коэффициенту детерминации (multiple r-squared), и уровню значимости тех предикторов, которые в нее вошли. Коэффициент детерминации в данном случае выступал в роли показателя предиктивной способности модели, описывая ту часть дисперсии значения переменной, которая объясняется влиянием включенных в модель предикторов. В нашем случае – влиянием психофизиологических качеств личности на определенный процент дисперсии значений эффективности обучения по конкретному сценарию.

С целью определения относительного вклада предикторов в общий коэффициент детерминации модели использовался алгоритм `lmg` из пакета функций `Relaimp` (язык «R») [15].

Статистическая обработка данных была выполнена в среде языка программирования для статистических расчетов «R» с графической надстройкой «R – commander».

Результаты

Сценарий А. Анализ результатов обучения произвольной регуляции по сценарию А показал, что средняя эффективность обучения по данному сценария составила 175,31%.

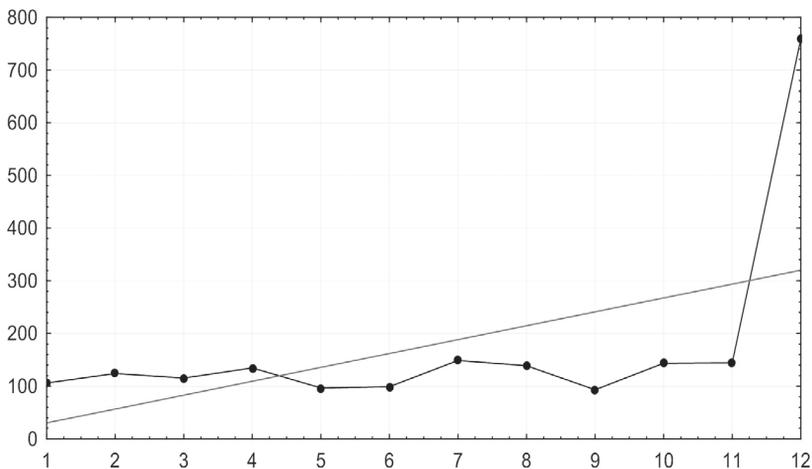


Рис. 1. Кривая эффективности обучения по сценарию А для всей выборки испытуемых. Внизу – номер сеанса. Справа – значение эффективности в процентах. Прямая линия – линия регрессии.

График кривой обучения (Рисунок 1) демонстрирует, что на протяжении всей сессии нейробиоуправления испытуемые стабильно увеличивали индекс бета-2 – ритма в левой передней области более чем в два раза по сравнению с фоновыми показателями, зарегистрированными перед сценарием. Максимальное среднее значение пришлось на последний эксперимент, что возможно связано с тем, что участники знали о завершении сессии БОС, и подошли к выполнению тренинга с большей мотивацией. Следует отметить также направленность изменения показателя, которая демонстрирует постепенное увеличение успешности обучения по мере прохождения большего количества сеансов БОС.

Множественная регрессионная модель, построенная по результатам этого сценария, показала высокую достоверную значимость ($p = 0,002113$), коэффициент детерминации составил $R^2 = 0,7843$. Из этих показателей следует вывод о том, что более 78% процентов разброса значений эффективности обучения достоверно объясняются полученной моделью.

Таблица 1.

Результаты оптимизации модели множественной линейной регрессии и расчетов относительной важности предикторов для сценария А

Предиктор	Std. Error	t-value	p-value	lmg
Нейротизм	0,002784	-3,5	0,00497	0,379323
Подвижность НС	0,008683	1,764	0,10551	0,038439
Психотизм	0,005281	2,778	0,01797	0,137349
Сила торможения НС	0,004431	2,046	0,06543	0,174536
Экстраверсия	0,006661	-2,044	0,06566	0,054637

Жирным шрифтом выделены **значимые** для модели предикторы ($p < 0,05$), курсивом – *трендовые* ($p < 0,1$).

Множественная регрессионная модель показала достоверное влияние двух индивидуальных качеств личности – нейротизма и психотизма (Таблица 1). Остальные три свойства, представленные в модели – подвижность НС, сила торможения НС и экстраверсия, имеют меньший показатель достоверности. Исключение трех указанных выше предикторов значительно снижало достоверность и коэффициент детерминации самой модели. Вероятно, именно взаимодействие всех предикторов дает максимально эффективную, с точки зрения показателя коэффициента детерминации, модель, поэтому было решено анализировать ее без изменений. Для полученных предикторов была рассчитана относительная важность их вклада в коэффициент детерминации. Результаты этих расчетов выглядят следующим образом.

Вклад предиктора нейротизм – 37,93%, подвижность нервной системы – 3,8%, психотизм – 13,7%, сила торможения нервной системы – 17,45%, экстраверсия – 5,46% (Таблица 1, столбец lmg). Учитывая все вышесказанное, можно заключить, что нейротизм и психотизм непосредственно влияют, а экстраверсия, сила торможения» и подвижность нервной системы – оказывают косвенное влияние на результат БОС – обучения увеличения индекса бета-2 ритма. На Рисунке 2 наглядно продемонстрировано, как конкретно в процентном отношении индивидуальные свойства личности влияют на успешность нейробиоуправления по сценарию А.

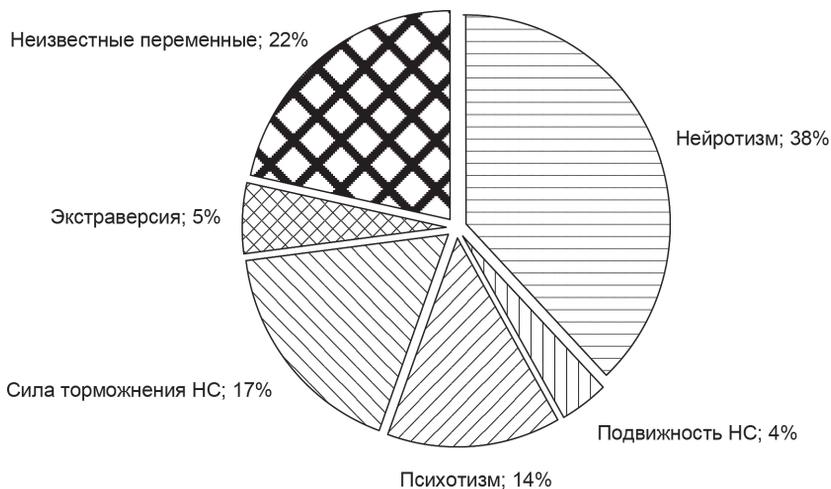


Рис. 2. Круговая диаграмма относительной важности предикторов регрессионной модели для сценария А. Обозначения рядом с сегментами – наименования предикторов и процент их вклада в коэффициент детерминации

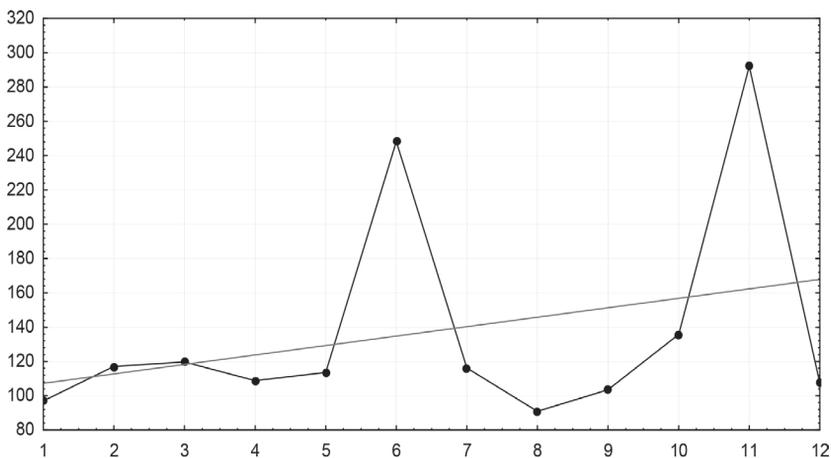


Рис. 3. Кривая эффективности обучения по сценарию Б для всей выборки испытуемых. Обозначение как на Рисунке 1

Сценарий Б. Анализ результатов эффективности обучения по сценарию Б показал, что средняя эффективность по выборке со-

ставила 137,5%. График кривой обучения (Рисунок 3) демонстрирует стабильную положительную динамику на протяжении всей сессии нейробиоуправления. Линия регрессии также показывает восходящий тренд, характеризующий направление изменений показателя эффективности в сторону постепенного увеличения по мере роста количества пройденных сеансов, как и в сценарии А.

Множественная регрессионная модель для этого сценария состояла из четырех предикторов: нейротизм, переключаемость внимания, подвижность нервной системы и сила торможения нервной системы (Таблица 2).

Таблица 2.

Результаты оптимизации модели множественной линейной регрессии и расчетов относительной важности предикторов для сценария Б

Предиктор	Std. Error	t-value	p-value	lmg
<i>Нейротизм</i>	0,002664	-2,054	0,062428	0,062103
<i>Переключаемость внимания</i>	0,002244	-2,061	0,061608	0,072655
Подвижность НС	0,002489	-3,141	0,008513	0,263691
Сила торможения НС	0,003864	-3,187	0,007821	0,256471

Жирным шрифтом выделены **значимые** для модели предикторы ($p < 0,05$), курсивом – *трендовые* ($p < 0,1$).

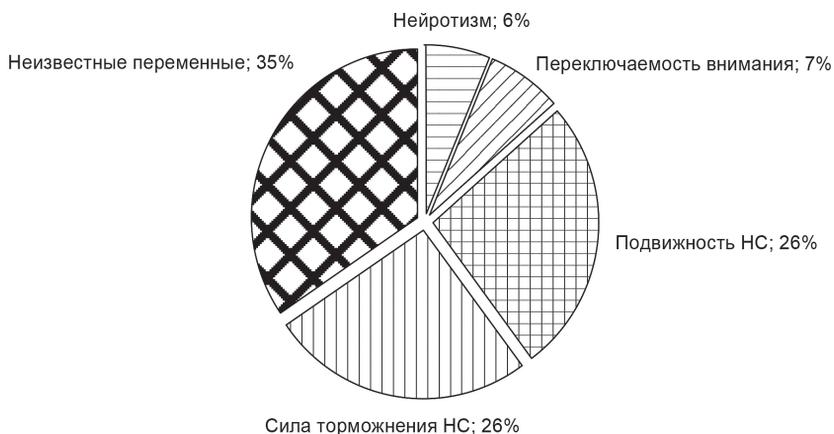


Рис. 4. Круговая диаграмм относительной важности предикторов регрессионной модели для сценария Б. Обозначения как на Рисунке 2

Как и в случае с моделью для сценария А, исключение предикторов с уровнем $p < 0,1$ приводило к значительному снижению уровня значимости и коэффициента детерминации. Это говорит о важности этих предикторов для модели в целом. Расчет относительной важности предикторов показал следующие значения: нейротизм – 6,21%, переключаемость внимания – 7,26%, подвижность нервной системы – 26,36% и сила торможения нервной системы – 25,64% (Таблица 2, столбец *Img*, Рисунок 2). Также, согласно уровню достоверной важности предикторов, можно сделать вывод о прямом влиянии на дисперсию значений показателя эффективности обучения предикторов подвижность нервной системы и сила торможения нервной системы, и о косвенном влиянии предикторов нейротизм и переключаемость внимания.

Обсуждение результатов

Высокая эффективность обучения по обоим сценариям данного тренинга может объясняться следующим образом. Целевой ритм – поддиапазон бета-2, наряду с бета-1, является доминирующим для фронтальных областей коры. Синхронизация бета-ритмов проявляется при решении различных когнитивных задач, в том числе связанных со зрительной сенсорной системой, а также в ситуациях принятия решения [6]. Сама постановка задачи требовала от испытуемых концентрации внимания на изображении, которое им необходимо было очистить от помех, что само по себе является когнитивной задачей. Подобная нагрузка приводила к увеличению синхронизации бета-ритма, что в свою очередь отражалось на показателях индекса этого ритма. Кроме того, стоит упомянуть роль инструкций, в которых испытуемым рекомендовались те или иные ментальные приемы для достижения успеха в БОС-тренировке. Известно, что инструкция может оказывать влияние на эффективность ЭЭГ-биоуправления [7,14], протоколы БОС-тренинга с директивной инструкцией даже выделены в отдельный вид БОС – терапии [14]. С сценарием А, в инструкции к которому предлагались арифметические действия, испытуемые справлялись эффективнее,

чем с сценарием Б. Это может объясняться простотой задачи, а также функциональной ролью левой передней области в решении вербальных и логических задач [20]. Правые фронтальные зоны, как известно, отвечают за эмоциональную оценку образов [5], что могло сказаться на сложности реализации инструкции и БОС-тренинга по сценарию Б.

Как уже было сказано выше, на эффективность произвольной регуляции по БОС влияет множество факторов. Среди них отмечалась роль различных психофизиологических свойств. Все перечисленные выше индивидуальные характеристики личности, за исключением психотизма, являются психофизиологическими. Опустив подробную характеристику каждого из предикторов, можно сказать, что в той или иной мере успешность БОС-тренировки связана с свойствами нервной системы. В нашем случае, видимо, роль устойчивости тормозных процессов в нервной системе, а также переключаемости между процессами возбуждения и торможения, является решающей для эффективной тренировки бета-активности вне зависимости от полушария. Это отчасти подтверждается полученными ранее данными о влиянии свойств нервной системы на успешность и скорость обучения БОС-регуляции [1, 2, 3, 9]. Также такая зависимость может быть отражением изначальных нейронных механизмов бета-активности, которую исследователи связывают с торможением в корковых нейронных цепях [6]. Что касается такой категории как психотизм, вопрос вклада комплексных психологических характеристик в успешность произвольной регуляции по БОС остается открытым, и требует дальнейшей проработки.

Выводы

1) Эффективное обучение произвольной регуляции бета-2 ритма ЭЭГ наблюдалась по обоим БОС-сценариям: А – 175,3%, Б – 137,5%. Эффективность БОС-регуляции в передней левой области на 37,8% выше, чем в правой.

2) На успешность БОС-регуляции бета-2 в левой передней области у данной выборки влияют такие индивидуальные свойства

личности, как нейротизм, психотизм, экстраверсия, подвижность и сила торможения нервной системы; в правой передней области – подвижность и сила торможения нервной системы, нейротизм и переключаемость внимания.

3) Эффективность произвольной регуляции бета-2 ритма в левой передней области на 37,93 обуславливается нейротизмом, 13,7% – психотизмом, 3,8% – подвижностью нервной системы, 17,45% – силой торможения нервной системы, 5,46% – экстраверсией; в правой передней области: 6,21% – нейротизмом, 7,26% – переключаемостью внимания, 26,36% – подвижностью нервной системы, 25,64% – силой торможения нервной системы.

Результаты получены в рамках госзадания Минобрнауки России (проект №2141).

Список литературы

1. Асланян Е.В., Киroy В.Н., Столетний А.С., Лазуренко Д.М., Бахтин О.М., Миняева Н.Р., Киroy Р.И. Влияние индивидуальных особенностей на способность к произвольной регуляции человеком выраженности в ЭЭГ альфа- и бета-частот // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова. 2015. Т. 101. № 5. С. 599–613.
2. Асланян Е.В., Киroy В.Н., Лазуренко Д.М., Бахтин О.М. Свойства нервных процессов и эффективность БОС-тренинга // Психологический журнал РАН. 2013. Т. 34. № 2. С. 119–127.
3. Асланян Е.В., Киroy В.Н., Столетний А.С., Лазуренко Д.М., Бахтин О.М., Миняева Н.Р., Киroy Р.И. Динамика межполушарных отношений в БОС-тренинге // Психологический журнал РАН. 2016. Т. 37. № 1. С. 89–101.
4. Горев А.С., Панова Е.Н. Эффективность БОС-тренинга регуляции функционального состояния в зависимости от индивидуальных психофизиологических характеристик // Физиология человека. 2009. Т. 35. № 4. С. 1–8.
5. Данилова Н.Н. Психофизиология: учебник для вузов. М.: Аспект Пресс, 2001. 373 с.

6. Кропотов Ю.Д. Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия. Донецк: Изд-во Заславский А.Ю., 2010. 512 с.
7. Лазарева О.Ю., Базанова О.М. Влияние инструкции на эффективность тренинга произвольного повышения мощности в индивидуальном высокочастотном альфа-диапазоне ЭЭГ // Бюллетень сибирской медицины. 2013. Т.12. № 2. С. 58–65.
8. Мاستицкий С.Э., Шитиков В.К. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R. 2014. URL: <http://r-analytics.blogspot.com>
9. Сороко С.И., Трубачев В.В. Нейрофизиологические и психофизиологические основы адаптивного биоуправления. СПб: Изд-во Политехника сервис, 2010. 607 с.
10. Birbaumer N., Kubler A., Ghanayim N., Hinterberger T., Perelmouter J., Kaiser J., Iversen I., Kotchoubey B., Neumann N., Flor H. The thought translation device (TTD) for completely paralyzed patients // IEEE Trans. Rehabil. Eng. 2000. V. 8. № 2, pp. 190–192.
11. Budzynski T.H., Budzynski H.K., Evans J.R., Abarbanel A. Introduction to quantitative EEG and neurofeedback: Advanced theory and applications. Academic Press, 2009. 549 p.
12. Deakin J.F.W. and Exley K.A. Personality and male-female influences on the EEG alpha rhythm // Biol. Psychol. 1997. V. 8. №. 4, pp. 285–290.
13. Ermis F. EEG and autonomic correlates of extraversion and neuroticism // Activ. Nerv. Super. 1985. V. 27. N. 3, pp. 221–223.
14. Evans J.R. Handbook of neurofeedback: Dynamics and clinical applications. NY. The Haworth Press. 2007. 378 p.
15. Gromping U. Relative importance for linear regression in R: The Package relaimpo // Journal of Statistical Software. 2006. V. 17. № 1, pp. 1–27.
16. Knott V.J. Neuroelectrical activity related to panic disorder // Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiat. 1990. V.14. N. 5, pp. 697–707.
17. Konareva I.N. Correlations between the psychological peculiarities of an individual and the efficacy of a single neurofeedback session (by the EEG characteristics) // Neurophysiology. 22006. V. 38. №.3, pp. 201–208.
18. Perelmoute J., Birbaumer N. A binary spelling interface with random errors // IEEE Trans. Rehabil. Eng. 2000. V. 8. № 2, pp. 227–232.

19. Valle R., DeGood D. Effects of state – trait anxiety on the ability to enhance and suppress EEG alpha // *Psychophysiology*. 1977. T. 14. № 1, pp. 1–7.
20. Volf N.V., Razumnikova O.M., Tarasova I. EEG-mapping study of sex differences during verbal creative thinking // *Focus on Brain Research*. 2007, pp. 123–141.
21. Witte M., Kober E.K., Ninaus M., Neuper C. W.G. Control beliefs can predict the ability to up-regulate sensorimotor rhythm during neurofeedback training // *Front. Hum. Neurosci*. 2013. V. 7. № 8, pp. 54–61.
22. Yamaguchi H. Characteristics of alpha-enhancement biofeedback training with eyes closed // *Tohoku psychol*. 1980. №.1, pp. 40–50.
23. Zeier H., Graf M. Individuelle unterschiede beim trainieren von alpha – hirn – wellen mit Biofeedback // *Z. exp. und angew. psychol*. 1977. V. 24. № 4, pp. 681–691.

References

1. Aslanjan E.V., Kiroj V.N., Stoletnij A.S., Lazurenko D.M., Bahtin O.M., Minjaeva N.R., Kiroj R.I. *Rossijskij fiziologičeskij zhurnal im. I.M. Sečenova*. 2015, vol. 101. no 5, pp. 599–613.
2. Aslanjan E.V., Kiroj V.N., Lazurenko D.M., Bahtin O.M. *Psihologičeskij zhurnal*. 2013, vol. 34, no 2, pp. 119–127.
3. Aslanjan E.V., Kiroj V.N., Stoletnij A.S., Lazurenko D.M., Bahtin O.M., Minjaeva N.R., Kiroj R.I. *Psihologičeskij zhurnal*. 2016, vol. 37, no 1., pp. 89–101.
4. Gorev A.S., Panova E.N. *Fiziologija čeloveka*. 2009, vol. 35, no 4, pp. 1–8.
5. Danilova N.N. *Psihofiziologija: učebnik dlja vuzov* [Psychophysiology: handbook for universities] M.: Aspekt Press, 2001. 373 p.
6. Kropotov J.D. *Količestvennaja EEG, kognitivnye vyzvannye potencialy mozga čeloveka i nejroterapija* [Quantitative EEG, Event-Related Potentials and Neurotherapy]. Doneck: Izd-vo Zaslavskij A. J., 2010. 512 p.
7. Lazareva O.Ju., Bazanova O.M. *Bjulleten' sibirskoj mediciny*. 2013. vol. 12. no 2, pp. 58–65.

8. Mastickij S.J., Shitikov V.K. *Statisticheskij analiz i vizualizacija dannyh s pomoshh'ju R* [Statistical analysis and data visualization via R]. 2014. <http://r-analytics.blogspot.com>
9. Soroko S.I., Trubachev V.V. *Nejrofiziologicheskie i psihofiziologicheskie osnovy adaptivnogo bioupravlenija* [Neurophysiological and psychophysiological bases of adaptive biocontrol]. SPb: Izd-vo Politehnika servis, 2010. 607 p.
10. Birbaumer N., Kubler A., Ghanayim N., Hinterberger T., Perelmouter J., Kaiser J., Iversen I., Kotchoubey B., Neumann N., Flor H. The thought translation device (TTD) for completely paralyzed patients. *IEEE Trans. Rehabil. Eng.* 2000. V. 8. № 2, pp. 190–192.
11. Budzynski T.H., Budzynski H.K., Evans J.R., Abarbanel A. Introduction to quantitative EEG and neurofeedback: Advanced theory and applications. Academic Press, 2009. 549 p.
12. Deakin J.F.W. and Exley K. A. Personality and male-female influences on the EEG alpha rhythm. *Biol. Psychol.* 1997. V. 8. № 4, pp. 285–290.
13. Ermis F. EEG and autonomic correlates of extraversion and neuroticism. *Activ. Nerv. Super.* 1985. V. 27. N. 3, pp. 221–223.
14. Evans J.R. Handbook of neurofeedback: Dynamics and clinical applications. NY. The Haworth Press. 2007. 378 p.
15. Gromping U. Relative importance for linear regression in R: The Package relaimpo. *Journal of Statistical Software.* 2006. V. 17. № 1, pp. 1–27.
16. Knott V. J. Neuroelectrical activity related to panic disorder. *Prog. Neuropsychopharmacol. Biol. Psychiat.* 1990. V.14. N. 5, pp. 697–707.
17. Konareva I.N. Correlations between the psychological peculiarities of an individual and the efficacy of a single neurofeedback session (by the EEG characteristics). *Neurophysiology.* 22006. V. 38. №3, pp. 201–208.
18. Perelmoute J., Birbaumer N. A binary spelling interface with random errors. *IEEE Trans. Rehabil. Eng.* 2000. V. 8. № 2, pp. 227–232.
19. Valle R., DeGood D. Effects of state - trait anxiety on the ability to enhance and suppress EEG alpha. *Psychophysiology.* 1977. V. 14. № 1, pp. 1–7.
20. Volf N.V., Razumnikova O.M., Tarasova I. EEG-mapping study of sex differences during verbal creative thinking. *Focus on Brain Research.* 2007, pp. 123–141.

21. Witte M., Kober E.K., Ninaus M., Neuper C. W.G. Control beliefs can predict the ability to up-regulate sensorimotor rhythm during neurofeedback training. *Front. Hum. Neurosci.* 2013. V. 7. № 8, pp. 54–61.
22. Yamaguchi H. Characteristics of alpha-enhancement biofeedback training with eyes closed. *Tohoku psychol.* 1980. №.1, pp. 40–50.
23. Zeier H., Graf M. Individuelle unterschiede beim trainieren von alpha – hirn – wellen mit Biofeedback. *Z. exp. und angew. psychol.* 1977. V. 24. № 4, pp. 681–691.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Столетний Александр Сергеевич, инженер

*Академия психологии и педагогики Южного Федерального
Университета*

*пр. Нагибина, 13, г. Ростов-на-Дону, 344038, Российская Фе-
дерация*

stoletniynk@inbox.ru

DATA ABOUT THE AUTHOR

Stoletniy Alexander Sergeevich, Engineer

*Academy of Psychology and Pedagogics, Southern Federal Uni-
versity*

13, Nagibin ave., Rostov-on-Don, 344038, Russian Federation

stoletniynk@inbox.ru

SPIN-code: 8999-6214