

УДК 612.816.014.421.7

ВЛИЯНИЕ АЛЬФА-, ЭМГ-БИОУПРАВЛЕНИЯ И ТЕХНИК ПРОИЗВОЛЬНОЙ САМОРЕГУЛЯЦИИ НА ПОКАЗАТЕЛИ КОГНИТИВНЫХ ФУНКЦИЙ И АЛЬФА-АКТИВНОСТЬ ЭЭГ

Базанова О.М.¹, Вернон Д.², Лазарева О.Ю.¹, Муравлёва К.Б.¹, Скорая М.В.¹

¹ НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН, г. Новосибирск, Россия

² Кентерберийский университет Церкви Христа, г. Кентерберри, Великобритания

РЕЗЮМЕ

Проведено сравнение влияния произвольного увеличения альфа-мощности и понижения мощности ЭМГ с помощью биоуправления (БУ) или техник саморегуляции (ТС) на показатели когнитивной деятельности. Исследованы 27 мужчин. Установлено, что курс тренинга БУ улучшает выполнение когнитивных задач и увеличивает альфа-активность у лиц с исходно низкой альфа-частотой. ТС без сигнала обратной связи не дает такого эффекта.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: альфа-активность ЭЭГ, техники саморегуляции, биоуправление, когнитивные функции.

Введение

По мере накопления данных о влиянии альфа-стимулирующего биоуправления на функции сознания [13–15, 24, 26] появился ряд методологических ограничений его использования. Одним из них является отсутствие адекватной контрольной группы, созданной для того, чтобы выяснить роль обратной связи в комплексе психотерапии и биоуправления. Для испытуемых такой группы проводятся сеансы ложного биоуправления [19, 23], в которых используются те же инструкции, рекомендации, методы воздействия, одинаковое время контакта испытуемого с инструктором, что и в случае реального биоуправления, исключается только обратная связь [19]. Такой идеальный контроль принято называть ложным биоуправлением [3]. Поскольку до сих пор в исследовании роли обратной связи в тренинге увеличения альфа-мощности не было использовано такого адекватного метода идентификации эффекта биоуправления, неясно, является ли улучшение выполнения когнитивных заданий результатом обычных психотерапевтических приемов, тех-

ник саморегуляции или наличия обратной связи [21]. Вторым ограничением в понимании эффекта предоставления сигнала обратной связи от мощности электроэнцефалографии (ЭЭГ) в индивидуальном высокочастотном альфа-диапазоне является электромиографическая (ЭМГ) загрязненность ЭЭГ-сигнала этого диапазона [10, 16]. В связи с этим для изучения влияния увеличения именно альфа-мощности ЭЭГ необходимо одновременно тренировать снижение тонического напряжения мышц лба по показателям мощности ЭМГ [1]. Положительное влияние такого альфа-ЭЭГ и ЭМГ на улучшение исполнения музыки было убедительно продемонстрировано ранее [5]. Таким образом, цель настоящего исследования – сравнить влияние истинного и ложного альфа-стимулирующего и ЭМГ-понижающего биоуправления на показатели когнитивной деятельности и характеристики альфа-активности у здоровых лиц.

Материал и методы

В эксперименте приняли участие 27 здоровых мужчин в возрасте от 18 до 27 лет, подписавших информированное согласие. Их разделили на две группы: контрольную (13 человек), которая обучалась увеличивать альфа-мощность только с помощью техник

✉ Базанова Ольга Михайловна, тел.: 8 (383) 333-53-40, 8-913-914-0296;
e-mail: bazanova@soramn.ru

саморегуляции (так называемое ложное биоуправление) [3], и экспериментальную (14 человек), которая обучалась увеличивать альфа-мощность с помощью технологии одновременного альфа-стимулирующего и ЭМГ-понижающего биоуправления (истинное биоуправление). До начала эксперимента для всех испытуемых проводилось психометрическое и электроэнцефалографическое тестирование и одна пробная сессия биоуправления для определения коэффициента обучаемости. До, после и через месяц после окончания курса тренировок тестирование повторялось.

В психометрические измерения вошли те тесты, которые чувствительны к изменению мощности в альфа-диапазоне: тесты на выполнение мысленной ротации стереометрических фигур Mental rotation task [1], семантическую оперативную память (conceptual span task) [17], креативность [2, 11], эффективность обратного счета [18].

Электрофизиологическое тестирование включало одновременную регистрацию ЭЭГ, ЭМГ и ЭКГ (данные влияния альфа- и ЭМГ-биоуправления на переменность ритма сердца будут представлены в следующем сообщении). ЭЭГ регистрировалась с помощью активного электрода, помещенного на точку Pz, и референтного – на правое ухо. Земляной электрод и активные биполярные ЭМГ электроды помещались на кожу лба. Сигналы ЭЭГ и ЭМГ обрабатывались с помощью прибора и программного обеспечения «БОСЛАБ» (г. Новосибирск). Регистрация электрофизиологических показателей проводилась до и после каждой сессии тренинга с закрытыми (5 мин) и открытыми (30 с) глазами в состоянии покоя, а затем во время решения арифметической задачи (тест E. Kraepelin [18]). Частота максимального спектрального пика, ширина индивидуального альфа-диапазона, глубина десинхронизации рассчитывались при сравнении спектров ЭЭГ при открытых и закрытых глазах и определялись согласно методу, описанному ранее [2]. Интегральная мощность ЭМГ определялась согласно стандартному методу [20].

Эксперимент включал первую и последнюю пробную и восемь сессий тренинга биоуправления в экспериментальной группе и тренинга саморегуляции — в контрольной. Каждая сессия состояла из шести 3-минутных периодов с перерывами для получения самоотчетов об используемых приемах и технике саморегуляции. Испытуемым рекомендовали следовать известным инструкциям, с помощью которых, как было показано ранее [6, 7, 12, 21], можно произвольно увеличить мощность высокочастотного альфа-диапазона. Затем вновь проводили психометрическое, электрофизиологическое тестирование. Через месяц

тестирование повторялось для изучения отставленного эффекта биоуправления. Участники контрольной группы получали звуковые сигналы вне зависимости от изменения уровня мощности альфа-волн и ЭМГ, т.е. не получали обратную связь (ложное биоуправление). Испытуемые экспериментальной группы в момент увеличения альфа-мощности слышали звуковой сигнал (истинное биоуправление). Все сессии проводились с закрытыми глазами.

Эффективность сессии биоуправления рассчитывалась как отношение периодов успешного тренинга, при которых альфа-мощность увеличивалась одновременно со снижением ЭМГ-мощности, к общей продолжительности сессии. Это отношение было названо коэффициентом обучаемости [9]. Для оценки влияния биоуправления на психометрические и электрофизиологические характеристики проводился дисперсионный анализ (ANOVA) взаимодействия факторов: внутригруппового «время» (три уровня: до, после и через 1 мес) и межгруппового «группа» (два уровня: группы с истинным и ложным биоуправлением). Выявление значимых различий повторных измерений осуществлялось с помощью апостериорных сравнений (post hoc) и использования критерия Sheffe.

Результаты

Дисперсионный анализ изменения альфа-мощности в состоянии покоя с закрытыми глазами после курса биоуправления и через 1 мес не выявил значимого увеличения этого показателя альфа-активности ни в экспериментальной, ни в контрольной группе ($F_{(2,68)} = 0,27$; $p = 0,76$). Однако анализ индивидуальных показателей выявил, что после 10 сессий биоуправления мощность в высокочастотном альфа-диапазоне в состоянии покоя при закрытых глазах все же увеличилась у 9 испытуемых экспериментальной группы с 19 до 32 мкВ² ($t = 5,67$; $p = 0,03$) и у 5 испытуемых контрольной группы с 20 до 23 мкВ² ($p > 0,05$). Эти испытуемые были названы респондентами, а те, которым не удалось увеличить мощность тренируемого диапазона, — нереспондентами. Для последующего анализа все испытуемые были разделены на четыре подгруппы в соответствии с наличием ответа увеличением альфа-мощности на тренинг: 1-я — респонденты экспериментальной группы, использующие биоуправление для тренинга произвольного увеличения альфа-мощности, (РБ); 2-я — нереспонденты этой группы (НБ); 3-я — респонденты контрольной группы, не использующие биоуправление для тренинга произвольного увеличения альфа-мощности (РК); 4-я — нереспонденты контрольной группы (НК) — и введен фактор межгруппо-

вого сравнения «ответ» (два уровня – респонденты против нереспондентов).

Согласно трехфакторному («время», «группа», «ответ») дисперсионному анализу установлено, что только в группе биоуправления регистрировалось значимое увеличение показателей беглости выполнения когнитивной задачи, точности запоминания и снижения ошибочности ($F_{(2,63)} > 3,59; p < 0,001$). Это означает, что испытуемые, ответившие на тренинг биоуправления (РБ), исходно показывавшие худшие, чем РБ, результаты в беглости и точности решения когнитивных заданий и ниже коэффициент обучаемости в пробной сессии биоуправления ($t > 5,78; p < 0,02$), смогли увеличить эти показатели до уровня, который НБ демонстрировали уже исходно, и сохранить такой уровень выполнения заданий в течение 1 мес. В контрольной же группе, тренирующей увеличение альфа-мощности без сигнала обратной связи, таких измене-

ний в показателях когнитивной деятельности после восьми сессий тренинга не отмечалось.

При анализе влияния тренинга на показатели альфа-активности также было обнаружено значимое взаимодействие факторов «время», «группа», «ответ» ($F_{(2,39)} > 4,27; p < 0,03$). Это значит, что показатели альфа-активности – индивидуальная частота максимального пика альфа (ИЧМПА), глубина десинхронизации, ширина альфа-диапазона разнонаправленно изменялись после тренинга у респондентов и нереспондентов экспериментальной и контрольной группы. Так, в результате восьми сессий тренинга биоуправления у РБ с изначально низкой по сравнению с нереспондентами альфа-активностью по частоте максимального пика ($t = -8,71; p = 0,001$) и мощности в высокочастотном альфа-диапазоне ($t = -4,66; p = 0,032$) эти показатели альфа-активности выросли, а у НБ не изменились (рис. 1).

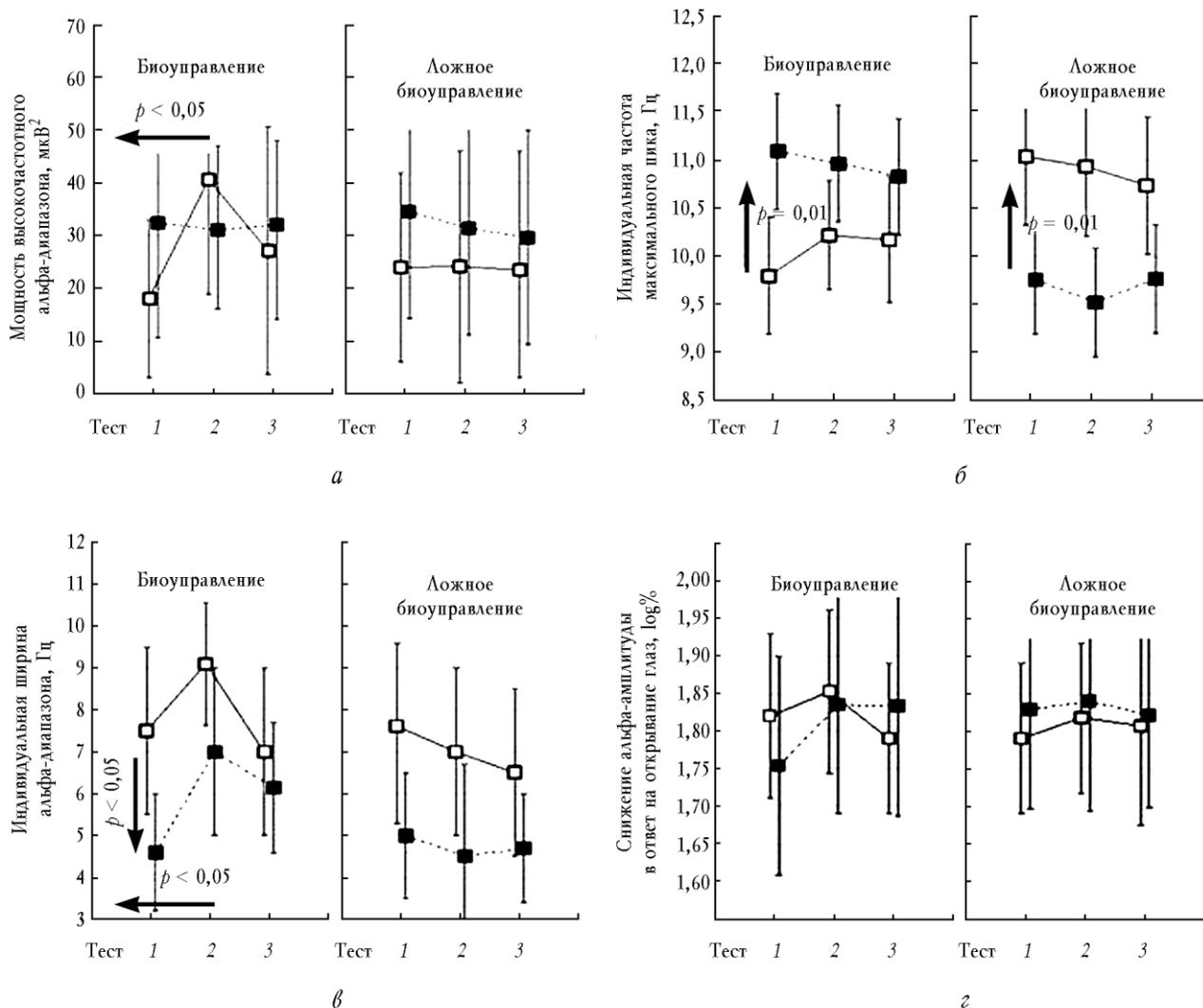


Рис. 1. Показатели мощности высокочастотного альфа-диапазона (а), индивидуальной частоты максимального пика (б), глубины десинхро-

низации (ϵ) и ширины альфа-диапазона (σ) у респондентов (белые квадраты) и нереспондентов (черные квадраты) до, после и через 1 мес тренинга увеличения альфа-мощности с помощью биоуправления или техник саморегуляции (ложного биоуправления): 1 – до, 2 – после, 3 – через 1 мес после 10 сессий тренинга

Такого роста альфа-активности не отмечается в группе с ложным биоуправлением ($p > 0,05$). Сравнительный анализ другого показателя альфа-активности мозга – глубины десинхронизации в ответ на открытие глаз – оказался одинаковым по исходным значениям и динамике его изменения у респондентов и нереспондентов обеих групп. В то же время ширина альфа-диапазона ($t = 5,01$; $p = 0,028$) в обеих группах была шире у респондентов, чем у нереспондентов. Более того, чем исходно шире был индивидуальный альфа-диапазон, тем большего прироста альфа-мощности достигали респонденты в результате 10 сессий биоуправления ($r = 0,72$; $p = 0,002$) (r – коэффициент корреляции Пирсона). Однако отставленного эффекта биоуправления на показатели альфа-активности – частоту максимального спектрального альфа-пика, ширину индивидуального альфа-диапазона, глубину десинхронизации в состоянии покоя не наблюдалось.

Анализ динамики показателя снижения альфа-мощности в ответ на решение арифметической задачи выявил совсем другую картину. Изначально альфа-мощность во время решения арифметической задачи снижалась и у респондентов, и у нереспондентов обеих групп ($t < -7,01$; $p < 0,001$). А после биоуправления решение такой же арифметической задачи не сопровождалось снижением альфа-мощности ($p > 0,05$), в то время как у испытуемых контрольной группы ложного биоуправления альфа-мощность при решении арифметической задачи продолжала снижаться (рис. 2).

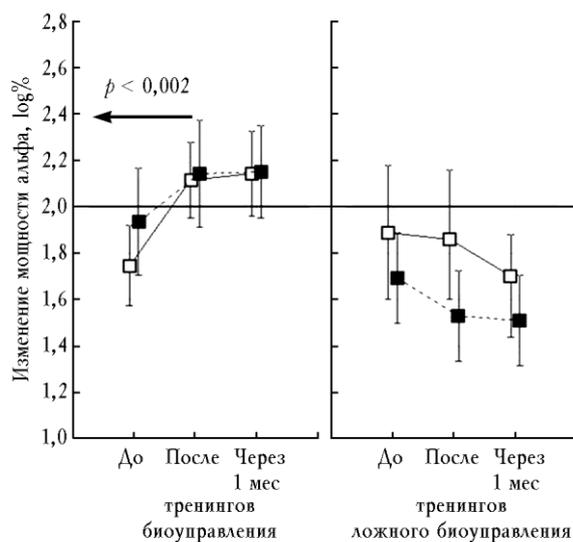


Рис. 2. Изменение альфа-мощности при решении арифметической задачи у респондентов (белые квадраты) и нереспондентов (черные квадраты) до, после и через 1 мес тренинга увеличения

альфа-мощности с помощью биоуправления или техник саморегуляции (ложного биоуправления). Вертикальными линиями указаны величины стандартного отклонения от среднего значения

Обсуждение

В литературе достаточно часто встречаются данные о том, что эффективность альфастимулирующего биоуправления не превышает 70% [8] или даже 50% [25]. В данном исследовании не получено увеличения альфа-мощности в состоянии покоя в 100% случаев, что совпадает с данными других авторов [8, 25]. Альфа-активность в состоянии покоя увеличилась лишь в 64,5% случаев, что несущественно больше, чем при тренинге альфа-мощности с помощью обычных психотехник саморегуляции (38,4%), и, к сожалению, это увеличение нивелировалось за 1 мес. Однако мощность альфа в состоянии покоя увеличилась почти на 115% у респондентов тренинга биоуправления против 5% у респондентов обычных психотехник. При этом респонденты биоуправления улучшили показатели когнитивной деятельности и сохранили этот эффект через 1 мес после окончания тренинга, чего не добились респонденты обычных техник саморегуляции. Во-вторых, только у испытуемых группы истинного биоуправления альфа-мощность в ответ на решение когнитивной задачи перестала снижаться. То есть можно заключить, что отмечается эффект повышения нейрональной эффективности [4, 22]. И самое значительное преимущество тренировки альфа-состояния с помощью обратной связи по сравнению с тренингом с помощью приемов саморегуляции заключается в том, что все испытуемые, обучающиеся с помощью биоуправления, включая РБ и НБ, смогли воспроизвести альфа-состояние (увеличение мощности, ширины альфа-диапазона) во время решения арифметической задачи. Испытуемые же контрольной группы этого добиться не смогли. Таким образом, на основании результатов исследования можно утверждать, что тренинг произвольного увеличения мощности в высокочастотном альфа-диапазоне с помощью биоуправления повышает эффективность когнитивной деятельности, что не достигается с помощью обычных техник саморегуляции.

Тем не менее остается неясным, почему. Выдвинуто предположение, что наиболее вероятной причиной того, что часть испытуемых не ответила увеличением альфа-мощности в состоянии покоя на тренинг этого показателя как с помощью биоуправления, так и с помощью обычных техник, являются различия по эндо-

фенотипическому показателю – частоте максимального альфа-пика. Высокочастотные испытуемые (нереспонденты биоуправления и респонденты техник саморегуляции) изначально продемонстрировали свою способность к лучшему выполнению когнитивных заданий, чем низкочастотные. Однако, как оказалось, дальнейший тренинг этих качеств, связанных с увеличением мощности в высокочастотном альфа-диапазоне, был способен улучшить характеристики когнитивной деятельности и увеличить альфа-активность лишь у испытуемых с низкой альфа-частотой (РБ). Те, у которых исходно альфа-частота была высокой (НБ), по-видимому вследствие изначально высокой способности к обучению и благодаря тому, что они получали подкрепление в виде обратной связи, быстро запомнили алгоритм воспроизведения альфа-статуса и воспроизводили его лишь тогда, когда это было необходимо, – в ситуации когнитивной нагрузки (при арифметическом счете). Испытуемым же с исходно высокой альфа-частотой из контрольной группы (РК), по-видимому, было достаточно одной тестовой сессии биоуправления для воспроизведения ощущений альфа-состояния в состоянии покоя, но не при когнитивной нагрузке. Что касается лиц с изначально низкой альфа-частотой, для них единственным возможным способом научиться произвольно увеличивать альфа-мощность выполнения когнитивных заданий – это использовать тренинг с помощью биоуправления. Таким образом, тренинг биоуправления кроме как технология обучения может быть использован для прогноза степени обучаемости и предпочтительных способов обучения.

Выводы

1. Курс тренинга биоуправления, направленного на одновременное увеличение мощности в индивидуальном высокочастотном альфа-диапазоне и снижение тонического напряжения мышц лба, увеличивает альфа-активность в состоянии покоя и улучшает выполнение когнитивных задач у лиц с исходно низкой альфа-частотой.

2. Тренинг увеличения альфа-мощности с помощью техник саморегуляции без сигнала обратной связи менее эффективно, чем биоуправление, способствует увеличению альфа-мощности только у лиц с исходно высокой альфа-частотой, но не сопровождается улучшением выполнения когнитивных задач.

3. Реакция снижения альфа-мощности при когнитивной нагрузке элиминируется после курса биоуправления, и этот эффект сохраняется в течение 1 мес.

4. Эффективность курса обучения произвольной модификации альфа-активности ЭЭГ с помощью био-

управления и его влияние на когнитивную деятельность зависит от исходного уровня показателей альфа-активности: выше для лиц с широким альфа-диапазоном и низкой частотой альфа-волн ЭЭГ.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РГНФ 10-06-00265 а. и BIAL 45/08

Литература

1. Базанова О.М. Современная интерпретация альфа-активности ЭЭГ // Успехи физиологических наук. 2009. № 3. С. 32.
2. Базанова О.М., Афтанас Л.И. Индивидуальные характеристики альфа-активности электроэнцефалограммы и невербальная креативность // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова 2007. Т. 93, № 1. С. 14.
3. Angelakis E., Green J.L., Lubar J. et al. EEG neurofeedback: a brief overview and an example of peak alpha frequency training for cognitive enhancement in the elderly // Clinical Neuropsychology. 2007. V. 21, № 1. P. 110.
4. Babiloni C., Infarinato F., Marzano N. et al. Intra-hemispheric functional coupling of alpha rhythms is related to golfer's performance: a coherence EEG study // Int. J. Psychophysiol. 2011. V. 82, № 3. P. 260.
5. Bazanova O.M., Gvozdev A.V., Mursin F.A. et al. EEG-EMG Dimensionality of the musical performance // Cognitive processing. 2003. V. 4, № 3. P. 33–47.
6. Caldwell J.A., Prazinko B., Caldwell J.L. Body posture affects electroencephalographic activity and psychomotor vigilance task performance in sleep-deprived subjects // Clinical Neurophysiology. 2003. V. 114, № 1. P. 23.
7. Canter A.A. Comparison of EMG feedback and progressive muscle relaxation training in anxiety neurosis // British Journal Psychiatry. 1975. № 127. P. 470.
8. Doehmert M., Brandeis D., Straub M. et al. Slow cortical potential neurofeedback in attention deficit hyperactivity disorder: is there neurophysiological evidence for specific effects // J. Neural. Transm. 2008. V. 115, № 10. P. 1445.
9. Egner T., Gruzelier J.H. Ecological validity of neurofeedback: Modulation of slow wave EEG enhances musical performance // Neuroreport. 2003. V. 14, № 9. P. 1221.
10. Freeman W.J., Holmes M.D., Burke B.C. et al. Spatial spectra of scalp EEG and EMG from awake humans // Clinical Neurophysiology. 2003. V. 114, № 6. P. 1053.
11. Fink A., Neubauer A.C. EEG alpha oscillations during the performance of verbal creativity tasks: differential effects of sex and verbal intelligence // Int. J. Psychophysiol. 2006. V. 62, № 1. P. 46.
12. Fumoto M., Sato-Suzuki I., Seki Y. et al. Appearance of high-frequency alpha band with disappearance of low-frequency alpha band in EEG is produced during voluntary abdominal breathing in an eyes-closed condition // Neuroscience Research. 2004. V. 50, № 3. P. 307.
13. Gruzelier J., Egner T., Vernon D. Validating the efficacy of neurofeedback for optimizing performance // Progress in Brain Research. 2006. V. 159. P. 421–431.
14. Gruzelier J. A theory of alpha/theta neurofeedback, creative performance enhancement, long distance functional connectivity and psychological integration // Cognitive Processings. 2009. V. 10, № 1. P. 101–109.
15. Hanslmayr S., Sauseng P., Doppelmayr M. Increasing individual upper alpha power by neurofeedback improves cognitive performance // Applied Psychophysiology and Biofeedback. 2005. № 30. P. 1.

16. Halliday D.M., Conway B.A., Farmer S.F. et al. Using electroencephalography to study functional coupling between cortical activity and electromyograms during voluntary contractions in humans // *Neurosci. Lett.* 1998. V. 241. P. 5.
17. Haarmann H.J., Ashling G.E., Davelaar E.J. et al. Age-related declines in context maintenance and semantic short-term memory // *Quarterly J. of Experimental Psychology.* 2005. № 58A. P. 34.
18. Kraepelin E. *Fragestellungen der klinischen Psychiatric // Cbl. Nervenheilk Psychiat.* 1905. V. 8. P. 573.
19. LaVaque T., Hammond D., Trudeau D. et al. Template for developing guidelines for the evaluation of the clinical efficacy of psychophysiological evaluations // *Applied Psychophysiology and Biofeedback.* 2002. V. 27, № 4. P. 273–281.
20. Merletti R. Standards for Reporting EMG data // *J. of Electromyography and Kinesiology.* 1999. V. 9, № 1. P. 3–4.
21. Nozawa A., Tacano M. Correlation analysis on alpha attenuation and nasal skin temperature // *J. Stat. Mech.* 2009. № 1. P. 1.
22. Pfuertscheller G., Neuper C., Bauernfeind G., Fernando H. Lopes da Silva. Does conscious intention to perform a motor act depend on slow prefrontal (de)oxyhemoglobin oscillations in the resting brain? // *Neuroscience letters.* 2012. V. 508, № 2. P. 89–94.
23. Sokhadze T.M., Cannon R.L., Trudeau D.L. EEG Biofeedback as a Treatment for Substance Use Disorders: Review, Rating of Efficacy, and Recommendations for Further Research // *Appl. Psychophysiol. Biofeedback.* 2008. № 33. P. 1.
24. Vernon D., Egner T., Cooper N. et al. The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance // *Int. J. Psychophysiol.* 2003. V. 47, № 1. P. 75.
25. Weber E., Köberl A., Frank S. et al. Predicting Successful Learning of SMR Neurofeedback in Healthy Participants: Methodological Considerations // *Appl. Psychophysiol. Biofeedback.* 2011. V. 36, № 1. C. 37.
26. Zoefel B., Huster R.J., Herrmann C.S. Neurofeedback training of the upper alpha frequency band in EEG improves cognitive performance // *Neuroimage.* 2011. V. 54, № 2. P. 1427.

Поступила в редакцию 22.11.2012 г.

Утверждена к печати 07.12.2012 г.

Базанова Ольга Михайловна (✉) – д-р биол. наук, вед. науч. сотрудник НИМББ СО РАМН (г. Новосибирск, Россия).

Вернон Давид – д-р философии, ассистент профессора кафедры психологии Кентерберийского университета Церкви Христа (Кентерберри, Великобритания).

Лазарева Ольга Юрьевна – науч. сотрудник НИИ МББ СО РАМН (г. Новосибирск).

Муравлёва Ксения Борисовна – мл. науч. сотрудник НИИ МББ СО РАМН (г. Новосибирск).

Скорая Марина Владимировна – мл. науч. сотрудник НИИ МББ СО РАМН (г. Новосибирск).

✉ **Базанова Ольга Михайловна**, тел.: (383) 333-53-40, 8-913-914-0296, e-mail: bazanova@soramn.ru

INFLUENCE OF BIOFEEDBACK AND SELF-REGULATION PSYCHOTECHNIQUES ON THE COGNITIVE FUNCTIONS AND ALPHA ACTIVITY EEG

Bazanova O.M.¹, Vernon D.², Lazareva O.Yu.¹, Muravlyova K.B.¹, Skoraya M.V.¹

¹ *Institute Molecular Biology and Biophysics Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Science, Novosibirsk, Russian Federation*

² *Canterbury Christ Church University, Canterbury, UK*

ABSTRACT

Comparison the influence of voluntary increasing alpha power and decreasing EMG by using biofeedback (BFB) and usual self-regulation techniques (SRT) on cognitive functions and alpha activity in 27 male subjects was provided. The results show that alpha-BFB improve cognitive task performance and enhance the alpha activity in participants with low alpha frequency. SRT without feedback has no such effect.

KEY WORDS: alpha EEG, self regulation techniques, biofeedback, cognitive functions.

Bulletin of Siberian Medicine, 2013, vol. 12, no. 2, pp. 36–42

References

1. Bazanova O.M. *Achievements of physiological Sciences*, 2009, no. 3, pp. 32 (in Russian).
2. Bazanova O.M., Aftanas L.I. *Russian Physiological Journal named after I.M. Sechenov*, 2007, vol. 93, no. 1, pp. 14 (in Russian).

- Russian).
3. Angelakis E., Green J.L., Lubar J. et al. EEG neurofeedback: a brief overview and an example of peak alpha frequency training for cognitive enhancement in the elderly. *Clinical Neuropsychology*, 2007, vol. 21, no. 1, pp. 110.
 4. Babiloni C., Infarinato F., Marzano N. et al. Intra-hemispheric functional coupling of alpha rhythms is related to golfer's performance: a coherence EEG study. *Int. J. Psychophysiol.*, 2011, vol. 82, no. 3, pp. 260.
 5. Bazanova O.M. Gvozdev A.V., Mursin F.A. et al. EEG-EMG Dimensionality of the musical performance. *Cognitive processing*, 2003, vol. 4, no. 3, pp. 33–47.
 6. Caldwell J.A., Prazinko B., Caldwell J.L. Body posture affects electroencephalographic activity and psychomotor vigilance task performance in sleep-deprived subjects. *Clinical Neurophysiology*, 2003, vol. 114, no. 1, pp. 23.
 7. Canter A.A. Comparison of EMG feedback and progressive muscle relaxation training in anxiety neurosis. *British Journal Psychiatry*, 1975, no. 127, pp. 470.
 8. Doehnert M., Brandeis D., Straub M. et al. Slow cortical potential neurofeedback in attention deficit hyperactivity disorder: is there neurophysiological evidence for specific effects. *J. Neural. Transm.*, 2008, vol. 115, no. 10, pp. 1445.
 9. Egner T., Gruzelier J.H. Ecological validity of neurofeedback: Modulation of slow wave EEG enhances musical performance. *Neuroreport.*, 2003, vol. 14, no. 9, pp. 1221.
 10. Freeman W.J., Holmes M.D., Burke B.C. et al. Spatial spectra of scalp EEG and EMG from awake humans. *Clinical Neurophysiology*, 2003, vol. 114, no. 6, pp. 1053.
 11. Fink A., Neubauer A.C. EEG alpha oscillations during the performance of verbal creativity tasks: differential effects of sex and verbal intelligence. *Int. J. Psychophysiol.*, 2006, vol. 62, no. 1, pp. 46.
 12. Fumoto M., Sato-Suzuki I., Seki Y. et al. Appearance of high-frequency alpha band with disappearance of low-frequency alpha band in EEG is produced during voluntary abdominal breathing in an eyes-closed condition. *Neuroscience Research*, 2004, vol. 50, no. 3, pp. 307.
 13. Gruzelier J., Egner T., Vernon D. Validating the efficacy of neurofeedback for optimizing performance. *Progress in Brain Research*, 2006, vol. 159, pp. 421–431.
 14. Gruzelier J.A. theory of alpha/theta neurofeedback, creative performance enhancement, long distance functional connectivity and psychological integration. *Cognitive Processings*, 2009, vol. 10, no. 1, pp. 101–109.
 15. Hanslmayr S., Sauseng P., Doppelmayr M. Increasing individual upper alpha power by neurofeedback improves cognitive performance. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 2005, no. 30, pp. 1.
 16. Halliday D.M., Conway B.A., Farmer S.F. et al. Using electroencephalography to study functional coupling between cortical activity and electromyograms during voluntary contractions in humans. *Neurosci. Lett.*, 1998, vol. 241, pp. 5.
 17. Haarmann H.J., Ashling G.E., Davelaar E.J. et al. Age-related declines in context maintenance and semantic short-term memory. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 2005, no. 58A, pp. 34.
 18. Kraepelin E. Fragestellungen der klinischen Psychiatrie. *Cbl. Nervenheilk Psychiatrie*, 1905, vol. 8, pp. 573.
 19. LaVaque T., Hammond D., Trudeau D. et al. Template for developing guidelines for the evaluation of the clinical efficacy of psychophysiological evaluations. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 2002, vol. 27, no. 4, pp. 273–281.
 20. Merletti R. Standards for Reporting EMG data. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 1999, vol. 9, no. 1, pp. 3–4.
 21. Nozawa A., Tacano M. Correlation analysis on alpha attenuation and nasal skin temperature. *J. Stat. Mech.*, 2009, no. 1, pp. 1.
 22. Pfurtscheller G., Neuper C., Bauernfeind G., Fernando H. Lopes da Silva. Does conscious intention to perform a motor act depend on slow prefrontal (de)oxyhemoglobin oscillations in the resting brain? *Neuroscience Letters*, 2012, vol. 508, no. 2, pp. 89–94.
 23. Sokhadze T.M., Cannon R.L., Trudeau D.L. EEG Biofeedback as a Treatment for Substance Use Disorders: Review, Rating of Efficacy, and Recommendations for Further Research. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*, 2008, no. 33, pp. 1.
 24. Vernon D., Egner T., Cooper N. et al. The effect of training distinct neurofeedback protocols on aspects of cognitive performance. *Int. J. Psychophysiol.*, 2003, vol. 47, no. 1, pp. 75.
 25. Weber E., Köberl A., Frank S. et al. Predicting Successful Learning of SMR Neurofeedback in Healthy Participants: Methodological Considerations. *Appl. Psychophysiol. Biofeedback*, 2011, vol. 36, no. 1. C. 37.
 26. Zoefel B., Huster R.J., Herrmann C.S. Neurofeedback training of the upper alpha frequency band in EEG improves cognitive performance. *Neuroimage*, 2011, vol. 54, no. 2, pp. 1427.

Bazanova Olga M. (✉), Institute Molecular Biology and Biophysics Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Science, Novosibirsk, Russian Federation.

Vernon David, Psychology Department of the Canterbury Christ Church University, UK.

Lazareva Olga Yu., Institute Molecular Biology and Biophysics Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Science, Novosibirsk, Russian Federation.

Muravlyova Kseniya B., Institute Molecular Biology and Biophysics Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Science, Novosibirsk, Russian Federation.

Skoraya Marina V., Institute Molecular Biology and Biophysics Siberian Branch of the Russian Academy of Medical Science, Novosibirsk, Russian Federation.

✉ **Bazanova Olga M.**, Ph.: +7 (383) 333-53-40, +7-913-914-0296, e-mail: bazanova@soramn.ru