

УДК 616.12-008.3:612.821.014.421.7:681.5

ВЛИЯНИЕ АЛЬФА-, ЭМГ-БИОУПРАВЛЕНИЯ И ТЕХНИК ПРОИЗВОЛЬНОЙ САМОРЕГУЛЯЦИИ НА ПОКАЗАТЕЛИ ВАРИАбельНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА

Базанова О.М.¹, Вернон Д.², 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

С целью изучения влияния тренинга увеличения мощности в индивидуальном высокочастотном альфа-диапазоне электроэнцефалограммы (ЭЭГ) с помощью альфастимулирующего нейробиоуправления (АНТ) на психометрические показатели эффективности когнитивной деятельности, характеристики альфа-активности ЭЭГ и вариабельность сердечного ритма (ВСР) были обследованы 27 здоровых мужчин в возрасте 18–34 лет до, после и через месяц после 10 сессий АНТ. Результаты показали, что курс АНТ улучшает выполнение когнитивных задач, увеличивает показатели альфа-активности ЭЭГ и ВСР только у лиц с исходно низкой (менее 10 Гц) альфа-частотой. В то же время использование обычных техник саморегуляции (ложное биоуправление) не влияет на эти показатели. АНТ снижает реакцию активации при когнитивных нагрузках, и этот эффект сохраняется через месяц.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: когнитивная нагрузка, характеристики альфа-активности ЭЭГ, вариабельность сердечного ритма, тренинг альфастимулирующего нейробиоуправления.

Введение

Гесс 50 лет назад предположил, что автономная нервная система не является полностью вегетативной и автоматической, а включает в себя наряду с периферическими центральные нейроны [17]. Обнаружив факт включения центральных звеньев в регуляцию вегетативных функций [17], Гесс предположил, что развитие технологий одновременного мониторингования центральной и периферической системы поможет найти маркеры интегративности кортиковисцеральных процессов в регуляции не только вегетативных функций, но также мышления, эмоций и поведения. Поиск адекватных нейровисцеральных маркеров достижения успеха в когнитивной деятельности и оптимального психоэмоционального состояния продолжается до сих пор. В настоящее время установлено, что активность альфа-волн мозга играет ключевую роль в центральных [18], а вариабельность сердечного ритма (ВСР) – в вегетативных механизмах психосоматического сопряжения [2].

Однако роль альфа-активности в регуляции вегетативных систем мало изучена, и представленные данные достаточно противоречивы [25, 28]. Так, было показано, что альфа-волны становятся более когерентны, когда увеличивается доля очень низкочастотной (VLF) составляющей ВСР в результате трансцендентальной медитации [28]. Воздействие акупунктуры также вызывает увеличение мощности в низкочастотном альфа-диапазоне (8–10 Гц), одновременное с ростом отношения низкочастотных кардиоволн к высокочастотным (LF/HF) [27]. Кроме того, было показано, что воздействие, вызывающее увеличение частоты альфа-пика, сопровождается ростом ВСР [23]. Рю и Мюнг показали, что при возрастании когнитивной нагрузки глубина десинхронизации альфа-волн и ВСР взаимосвязанно растут [25]. И, наконец, сразу в нескольких исследованиях было показано, что более эффективный самоконтроль когнитивных и психомоторных функций ассоциирует с более высокими значениями ВСР и низкой мощностью альфа-ритма в диапазоне 8–12 Гц [11, 15, 30]. Поскольку мощность альфа-ритма в этих работах рассчитывалась в условиях открытых глаз, можно сделать вывод, что увеличе-

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

ние ВСП, наблюдаемое одновременно со снижением альфа-мощности при открытых глазах, свидетельствует об увеличении активации. Однако исследованиями группы Фабио Бабилони (2010) было установлено, что увеличение ВСП сопровождается не снижением, а увеличением альфа-мощности, что говорит о снижении активации при приятном просмотре телевизионной рекламы [29].

Таким образом, на основании данных литературы невозможно сделать вывод о знаке взаимосвязи альфа-активности ЭЭГ и вариабельности сердечного ритма. Возможно, эта несогласованность мнений – следствие методологической неоднозначности измерения активности альфа-волн, которую ассоциируют в основном только с амплитудой в некоем стандартном, неиндивидуализированном частотном диапазоне и при этом не учитывают состояние, в котором производится регистрация электроэнцефалографических (ЭЭГ) и электрокардиографических (ЭКГ) сигналов (при открытых или закрытых глазах). Между тем в недавних наблюдениях установлено, что тренинг произвольного увеличения как вариабельности сердечного ритма [26], так и мощности высокочастотного альфа-диапазона ЭЭГ [3, 16] приводит к улучшению показателей эффективности когнитивной и психомоторной деятельности. Кроме того, было показано, что тренинг увеличения длительности кардиоинтервалов с помощью игрового биоуправления приводит к увеличению индивидуальной частоты и мощности в высокочастотном альфа-диапазоне у лиц с изначально низкой индивидуальной частотой альфа-пика [10].

В исследовании, посвященном изучению влияния тренинга произвольного увеличения альфа-мощности на сознание и настроение, установлено, что мощность высокочастотных альфа-волн в состоянии покоя увеличивается у 9 из 14 испытуемых, использующих технологию биоуправления, в среднем на 115% и у 5 из 13 испытуемых, использующих обычные техники саморегуляции без сигнала обратной связи. Эти испытуемые были названы респондентами, а те, которым не удалось увеличить мощность тренируемого диапазона, – нереспондентами. Оказалось, что только респонденты тренинга биоуправления (РБ), обладающие исходно меньшим уровнем альфа-частоты, улучшили показатели выполнения когнитивных задач через 10 сессий, в то время как нереспонденты этой группы (НБ), обладающие в исходном состоянии и так уже более высокими показателями альфа-частоты и, соответственно, лучшим выполнением когнитивных заданий, не увеличили ни уровень альфа-активности в покое, ни показатели когнитивной деятельности. В контрольной же группе ни респонденты, ни

нереспонденты не улучшили когнитивных показателей. Таким образом, было установлено, что уровень эндофенотипического признака индивидуальной частоты альфа-пика в состоянии покоя определяет эффективность тренинга биоуправления.

Цель настоящего исследования – изучение влияния тренинга произвольного увеличения альфа-мощности ЭЭГ на вариабельность сердечного ритма.

Материал и методы

В исследовании приняли участие 27 здоровых мужчин в возрасте от 18 до 32 лет. Из них 14 составили экспериментальную группу, которая обучалась увеличивать альфа-мощность с помощью технологии биоуправления, а 13 – контрольную группу, которая также обучалась произвольно увеличивать альфа-мощность, но только с помощью обычных психотехник (так называемого ложного биоуправления). До курса тренинга произвольного увеличения альфа-мощности для всех испытуемых проводилось психометрическое и электрофизиологическое тестирование и пробная сессия биоуправления, необходимая для ознакомления испытуемых со способами повышения мощности в альфа-высокочастотном диапазоне и определения коэффициента обучаемости [13]. Далее все испытуемые проходили курс тренинга альфа-мощности, состоящий из восьми сессий биоуправления в экспериментальной группе или восьми сессий ложного биоуправления в контрольной. Каждая сессия длилась 20–25 мин и состояла из шести коротких 3-минутных периодов тренинга с закрытыми глазами, между которыми все испытуемые сообщали те поведенческие стратегии, которые они использовали в данный период для увеличения альфа-мощности. По завершении курса тренинга снова проводилось психометрическое и электрофизиологическое тестирование, а также тестовая сессия биоуправления. Через месяц такое тестирование повторялось, чтобы изучить отставленный эффект тренинга.

Психометрическое тестирование подразумевало измерение тех характеристик когнитивной деятельности и психоэмоционального напряжения, которые чувствительны к изменению мощности в высокочастотном альфа-диапазоне ЭЭГ. Эффективность когнитивной деятельности по показателям беглости и успешности решения задачи обратного отсчета оценивалась в тесте Крепелина [19]. Уровень психоэмоционального напряжения измеряли с помощью теста ситуативной тревожности и по показателям частоты сердечных сокращений, частоты дыхания и тонического напряжения мышц лба.

Одновременная регистрация и обработка электромиографических (ЭМГ), ЭЭГ- и ЭКГ-сигналов осуществлялась с помощью прибора и программного обеспечения «БОСЛАБ» («Комсиб», г. Новосибирск). ЭЭГ-датчики устанавливались монополярно в точке Pz с референтным электродом на мочке правого уха, ЭМГ – биполярно на лоб, ЭКГ – по обычной простой схеме треугольника Эйтховена (Einthoven's triangle) [14], ground-электрод устанавливался на лоб. Регистрация ЭЭГ, ЭМГ и ЭКГ проводилась до, во время и после каждой сессии тренинга с закрытыми (5 мин) и открытыми (30 с) глазами в состоянии покоя, а затем во время решения арифметической задачи обратного отсчета тоже с закрытыми (60 с) и открытыми (30 с) глазами (тест Е. Краерелин) [18].

Частота максимального спектрального пика, ширина индивидуального альфа-диапазона, глубина снижения амплитуды в ответ на открывание глаз и мощность в индивидуальном альфа-диапазоне определялись согласно методу, описанному ранее [6]. Для оценки тонического напряжения мышц лба использовался показатель интегральной мощности ЭМГ по методу, описанному Мерлетти [21].

Длительность периодов между соседними R-зубцами на ЭКГ принималась за длительность кардиоинтервала (мс). Для оценки вариабельности сердечного ритма использовались как показатели спектрального анализа соотношения низкочастотной (0,04–0,15 Гц) (LF) и высокочастотной (0,15–0,4 Гц) (HF), так и статистического временного анализа кардиоинтервалов (pNN50, pNN10, RSNN) согласно международной классификации [8].

Задача увеличения мощности в индивидуальном высокочастотном альфа-диапазоне с помощью биоуправления решалась одновременно с контролем снижения ЭМГ-амплитуды для предотвращения зашумленности сигнала ЭЭГ низкоамплитудными ЭМГ-артефактами [22] и снижения психоэмоционального напряжения [24]. В момент, когда одновременно альфа-мощность увеличивалась, а ЭМГ-мощность снижалась, испытуемые экспериментальной группы слышали сигнал обратной связи и пытались удержать его как можно дольше. Испытуемым контрольной группы сообщалось, что они не получают сигналы обратной связи и не должны обращать внимание на случайные звуковые сигналы, которые появлялись с той же частотой, что и в экспериментальной группе.

Эффективность сессии биоуправления (коэффициент обучаемости) рассчитывалась с помощью программного обеспечения MatLab как отношение периодов успешного тренинга, при которых одновременно альфа-мощность увеличивалась, а ЭМГ-мощность

снижалась, к общей продолжительности сессии [4]. Подробное описание эксперимента и ссылки на методики даны в работе Алексеевой и соавт. [1]. Статистическая обработка результатов проведена посредством дисперсионного анализа (ANOVA/MANOVA). Выявление значимых различий повторных измерений осуществлялось с помощью апостериорных сравнений (post hoc) и использования критерия Шеффе. Достоверность межгрупповых различий определялась с помощью критерия Стьюдента, коэффициента корреляции Пирсона в случае параметрических выборок и с помощью непараметрического критерия Вилкоксона в случае выборок переменных, не имеющих нормального распределения. Схема эксперимента предполагала анализ влияния на измеряемые ЭЭГ-, ЭМГ- и ЭКГ-характеристики следующих факторов: внутриндивидуального «время» (три уровня: до, после и через 1 мес после тренингов) и межиндивидуальных «биоуправление» (два уровня: истинное против ложного) и «ответ» (два уровня: респонденты против нереспондентов) и их взаимодействия. Фактор «ответ» обусловлен тем, что в результате предыдущего исследования при анализе ответа на тренинг увеличением альфа-мощности были выявлены четыре подгруппы испытуемых: 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).

Результаты

Вместе с улучшением показателей эффективности когнитивной деятельности и снижением психоэмоционального напряжения в группе РБ [1] дисперсионный анализ влияния тренинга увеличения альфа-мощности на показатели вариабельности сердечного ритма выявил значимое взаимодействие факторов «время», «группа», «ответ» ($F_{(2,39)} \geq 4,27$; $p \leq 0,03$) только в отношении двух переменных: LF/HF и pNN50, остальные изучаемые показатели изменялись не достоверно. Взаимодействие факторов «время», «группа», «ответ» означает, что показатели вариабельности сердечного ритма разнонаправленно изменяются после тренинга у респондентов и нереспондентов экспериментальной и контрольной групп. Так, в результате 10 сессий тренинга биоуправления у испытуемых РБ, сумевших увеличить альфа-мощность с использованием обратной связи, уровень показателей LF/HF и pNN50 вырос ($t \geq 5,17$; $p \leq 0,02$), в то время как у рес-

пондентов контрольной группы (РК), не использующих обратную связь для увеличения мощности альфа-волн, эти характеристики ВСП не изменились

($p > 0,05$) (рис. 1). Важно отметить, что в результате 10 сессий тренинга с помощью биоуправления характеристики LF/HF и рNN50

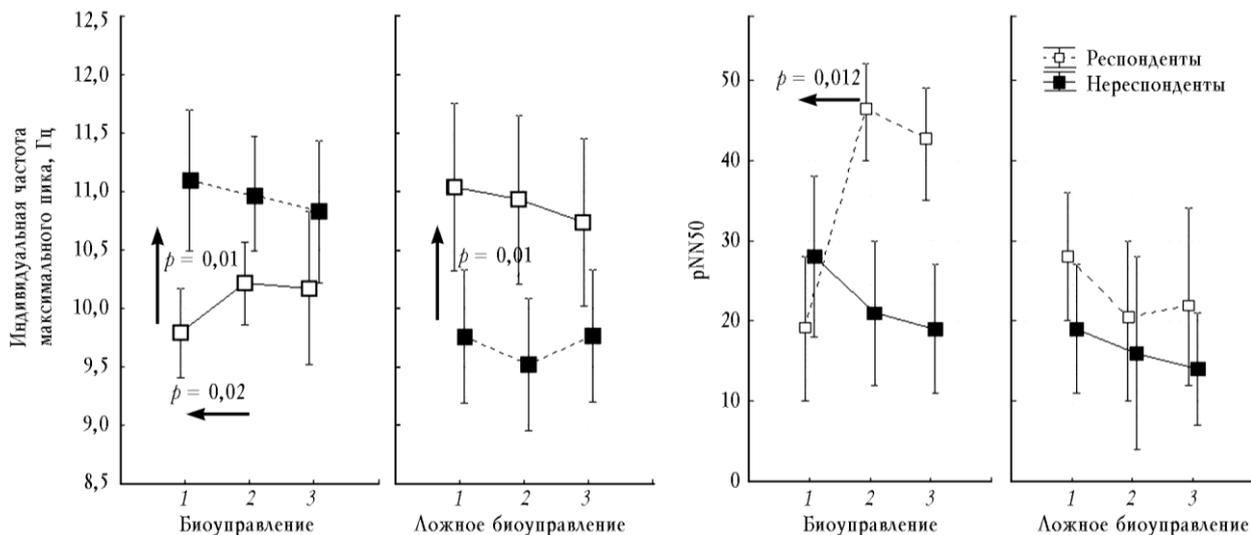


Рис. 1. Средние значения индивидуальной частоты альфа-пика и вариабельности сердечного ритма рNN50 до (1) после (2) и через месяц (3) после курса тренинга увеличения альфа-мощности с использованием (биоуправление) и отсутствием (ложное биоуправление) обратной связи у респондентов – лиц, отвечающих, и нереспондентов – лиц, не отвечающих увеличением альфа-мощности после 10 сессий тренинга. Стрелки указывают на достоверность различий ($p < 0,05$): вертикальные – различия между группами респондентов и нереспондентов, горизонтальные – различия между средними значениями до и после тренинга; вертикальные линии означают стандартное отклонение от среднего значения

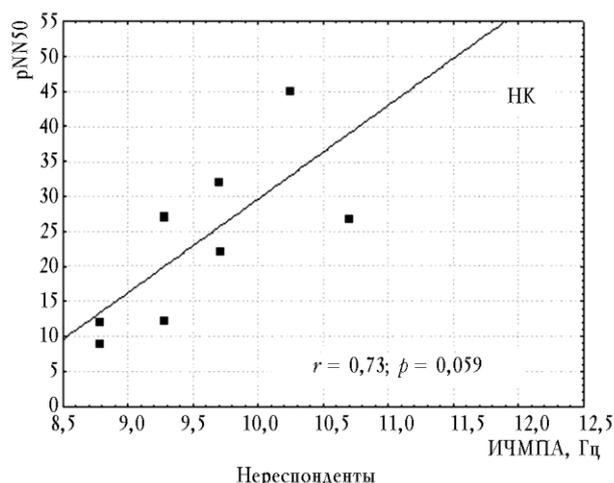
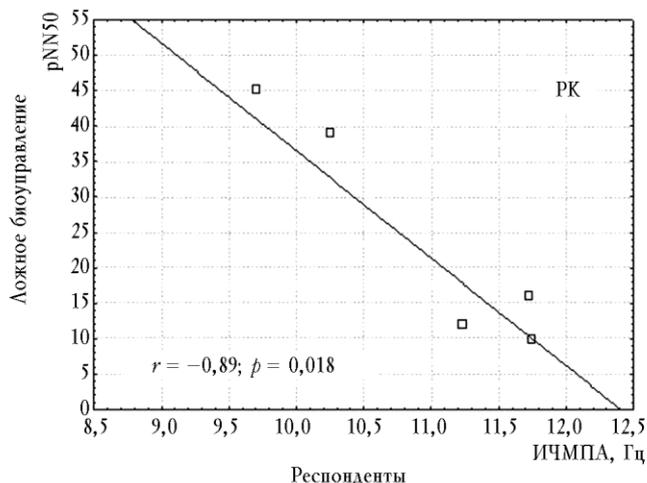
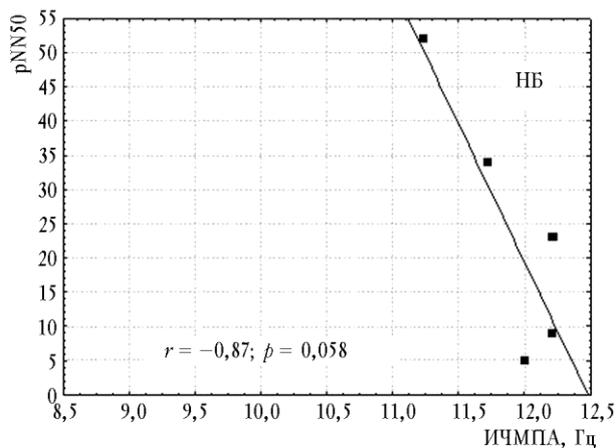
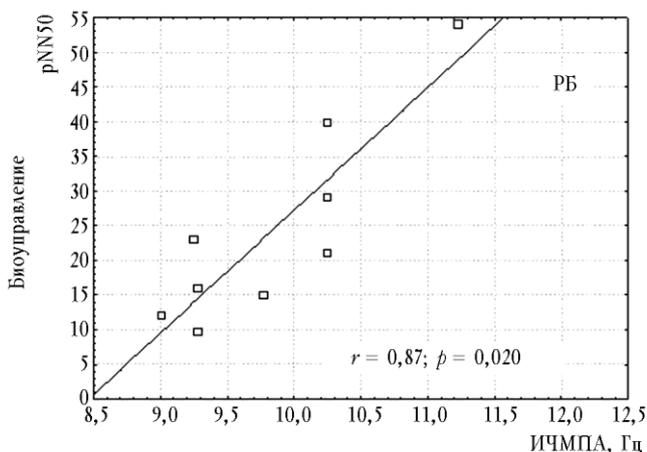


Рис. 2. Взаимосвязь между вариабельностью сердечного ритма (рNN50) и частотой максимального альфа-пика в исходном состоянии покоя у лиц, продемонстрировавших (респонденты: РБ и РК) и не продемонстрировавших (нереспонденты: НБ и НК) увеличение альфа-мощности, зарегистрированное в покое в результате тренинга увеличения альфа-мощности с (биоуправление) и без (ложное биоуправление) применением обратной связи; r – коэффициент корреляции Пирсона, p – его достоверность

Показатели психометрических и электрофизиологических измерений в исходном состоянии у испытуемых, увеличивших (респондентов) и не увеличивших (нереспондентов) альфа-мощность с помощью тренинга биоуправления или психотехник саморегуляции (ложного биоуправления)

Измеряемый показатель	Биоуправление			Ложное биоуправление			
	РБ (9 человек)	НБ ($n = 5$ человек)	p РБ vs НБ	РК ($n = 4$ человека)	НК ($n = 9$ человек)	p РК vs НК	
PRE_POST реакции в тесте Mental rotation task, мс	5883 (345)	5202 (530)	0,048	5221 (652)	5603 (731)	ns	
Беглость в решении креативных задач, усл. ед.	18,15 (2,77)	37,18 (6,72)	0,005	29,62 (4,81)	16,01 (4,52)	0,006	
Точность запоминания, усл. ед.	41,78 (7,45)	49,56 (6,89)	ns	42,00 (7,68)	35,33 (4,42)	0,033	
Показатель интеральности по шкале локус-контроля, усл. ед.	10,77 (3,45)	5,40 (3,87)	0,008	5,16 (1,66)	11,00 (4,35)	0,004	
Частота максимального альфа-пика, Гц	10,3 (1,0)	11,7 (0,1)	0,011	11,5 (0,1)	9,4 (0,06)	0,004	
Ширина альфа-диапазона, Гц	6,5 (0,5)	4,2 (0,4)	0,022	7,5 (0,8)	5,2 (0,6)	0,045	
Мощность в альфа-диапазоне – мишени для тренинга, мкВ ²	20,2 (5,5)	26,1 (6,7)	ns	20,3 (5,8)	27,2 (7,2)	ns	
Супрессия амплитуды в альфа-1-диапазоне в ответ на открывание глаз (активация), Ig%	1,82 (0,12)	1,45 (0,22)	0,004	1,34 (0,32)	1,87 (0,20)	0,001	
Интегральная ЭМГ, мкВ ²	23,35 (2,69)	17,35 (3,61)	0,032	16,45 (3,30)	14,80 (3,05)	ns	
Длительность кардиоинтервалов, мс	718 (89)	678 (111)	ns	739 (109)	837 (101)	ns	
BCP	(LF/HF)	0,76 (0,22)	1,12 (0,19)	ns	1,21 (0,23)	0,81 (0,21)	ns
	pNN50	19,5 (3,7)	29,0 (3,6)	0,011	27,2 (2,45)	19,2 (3,09)	0,023

Примечание. В скобках приведены значения ошибки среднего; p – уровень значимости различий; ns – недостоверные различия.

увеличились только в подгруппе РБ, а в подгруппе НБ снизились, что отражается в достоверной значимости коэффициента взаимодействия факторов «время» (два уровня: до и после 10 сессий) и «ответ» (два уровня: РБ против НБ) в группе, использующей биоуправление ($F_{(1,31)} \geq 3,16$; $p < 0,007$). В группе испытуемых без использования обратной связи, с ложным биоуправлением, средние показатели LF/HF и pNN50 не изменились. Через месяц после окончания 10 сессий тренинга изменения BCP не сохранились ни в одной из исследуемых групп. Одновременно показатели психоэмоционального напряжения: ситуативная тревожность, частота сердцебиений и интегральная мощность ЭМГ мышц лба снизились у респондентов биоуправления (РБ), но не изменились у НБ и у всех испытуемых контрольной группы (РК и НК) ($F_{(2,39)} \geq 5,15$; $p < 0,001$) (рис. 2). Таким образом, только успешный тренинг альфа-мощности в течение 10 сессий биоуправления приводит к увеличению вариабельности ритма сердца, сопровождающемуся снижением психоэмоционального напряжения. Однако этот эффект не сохраняется через месяц.

Сравнение подгрупп, отличающихся по показателю индивидуальной частоты альфа-пика, показало, что психометрические показатели (время реакции, беглость решения задачи на дивергентное мышление и точность запоминания) ниже у лиц с исходно низкой (РБ и НК), чем у лиц с высокой альфа-частотой (НБ и РК) ($t \leq -5,43$; $p \leq 0,02$). Средние по подгруппам значения исходной индивидуальной ширины альфа-диапазона не зависят от исходной альфа-частоты и больше у респондентов, чем нереспондентов ($t \geq 4,42$; $p < 0,048$). Другие индивидуальные показатели альфа-активности, ЭМГ, длительности кардиоинтервалов и BCP в исходном состоянии покоя не отличаются в четырех сравниваемых подгруппах (таблица). Интересно, что корреляция исходных показателей частоты максимального пика и вариабельности сердечного ритма по показателю pNN50 в группах РБ и НК носит положительный знак, а в группах НБ и РК – отрицательный (рис. 2). Это предполагает, что изначально лица с различной индивидуальной частотой альфа-пика по-разному предрасположены к обучению с помощью биологической обратной связи.

Обсуждение

Использование технологии биоуправления, позволяющей произвольно модифицировать тот или иной физиологический показатель, в изучении влияния этого изменения на остальные психофизиологические характеристики пока является пионерским. В литературе имеются лишь единичные работы, посвященные изучению влияния тренинга произвольного увеличения альфа-активности на показатели сердечной деятельности [9, 24]. Установленное в этих работах снижение частоты сердечных сокращений сопровождалось снижением тревожности и реактивности на стресс [24]. Другие ранние исследования альфастимулирующего биоуправления не обнаружили эффекта тренинга увеличения альфа-мощности на длительность кардиоинтервалов [12, 20]. Наконец, работа украинских исследователей показала, что однократный сеанс биоуправления, направленный на увеличение мощности альфа-ритма в стандартном диапазоне 8–12 Гц у здоровых испытуемых обоего пола, приводил к увеличению variability ритма сердца по показателю среднего квадратичного отклонения длительности кардиоинтервалов [7].

Установлено, что эффект биоуправления зависит от индивидуально-типологических свойств центральной нервной системы, а именно индивидуальной частоты альфа-пика ЭЭГ в состоянии покоя с закрытыми глазами [1, 4, 5]. В настоящем исследовании также обнаружено, что лица, которые в большинстве составили подгруппы НБ и РК, в исходном состоянии обладают более высокой частотой альфа-волн, лучшими показателями эффективности когнитивной деятельности (большей точностью и скоростью решения задач), меньшим психоэмоциональным напряжением по показателю тревожности и тону мышц лба, меньшей глубиной активации в альфа-1-диапазоне, чем лица с исходно низкой частотой альфа-пика (таблица). Интересно, что взаимосвязь между индивидуальными показателями частоты альфа-волн и ВСР имеет разнонаправленный характер в группах, отличающихся по частоте альфа-пика (рис. 2). Вместе с результатами сравнения групп с низкой и высокой частотой альфа-пика этот факт позволяет утверждать, что, с одной стороны, результаты тренинга биоуправления можно прогнозировать на основании анализа индивидуальной частоты альфа-пика, а с другой стороны, эффективность биоуправления сама является прогностическим признаком эндотипических особенностей психофизиологического профиля. Впервые обнаруженное у студентов-музыкантов прогностическое значение биоуправления [4] нашло снова подтверждение в настоящем исследовании.

Выводы

1. Тренинг произвольного увеличения мощности ЭЭГ в индивидуальном высокочастотном альфа-диапазоне с помощью биоуправления увеличивает variability сердечного ритма по показателю pNN50 у лиц с исходно низкой индивидуальной частотой альфа-пика.

2. Тренинг произвольного увеличения альфа-мощности с помощью психотехник саморегуляции без сигнала обратной связи не изменяет уровня variability сердечного ритма.

3. Направление изменения variability ритма сердца, вызванное альфастимулирующим биоуправлением, зависит от исходной индивидуальной частоты альфа-пика.

4. В исходном состоянии индивидуальная частота альфа-пика положительно ассоциирует с показателем variability сердечного ритма pNN50 у лиц с исходно низким, но отрицательно у лиц с исходно высоким уровнем альфа-частоты ЭЭГ.

5. Вызванное произвольной модификацией альфа-активности ЭЭГ изменение variability сердечного ритма, когерентное с изменением характеристик когнитивной и психоэмоциональной деятельности, свидетельствует о наличии и важной роли нейровисцеральных взаимосвязей в процессах регуляции психических процессов.

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

Литература

1. Алексеева М.В., Балиоз Н.В., Муравлева К.Б. и др. Использование тренинга произвольного увеличения альфа-мощности ЭЭГ для улучшения когнитивной деятельности // Физиология человека. 2012. Т. 38, № 1. С. 51–60.
2. Баевский Р.М., Иванов Г.Г. Variability сердечного ритма: теоретические аспекты и возможности клинического применения // Ультразвуковая функциональная диагностика. 2001. Т. 3. С. 108.
3. Базанова О.М. Современная интерпретация альфа-активности ЭЭГ // Успехи физиол. наук. 2009. № 3. С. 32.
4. Базанова О.М., Мерная Е.М., Штарк М.Б. Биоуправление в психомоторном обучении: электрофизиологическое обоснование // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2008. Т. 94, № 5. С. 539.
5. Базанова О.М., Афтанас Л.И. Успешность обучения и индивидуальные частотно-динамические характеристики альфа-активности электроэнцефалограммы // Вестн. РАМН. 2006. № 6. С. 30–43.
6. Базанова О.М., Афтанас Л.И. Индивидуальные характеристики альфа-физиологической активности электроэнцефалограммы и невербальная креативность // Рос. журн. им. И.М. Сеченова. 2007. Т. 93, № 1. С. 14.
7. Губкина Д.Г., Кайко С.А., Сеттарова З.С., Павленко В.Б.

- Изменение показателей вариационной пульсометрии под влиянием сеансов обратной связи по ЭЭГ // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. Серия «Биология, химия». 2009. Т. 22 (61), № 4. С. 36–40.
8. *Вариабельность* сердечного ритма. Стандарты измерения, физиологической интерпретации и клинического использования / Рабочая группа Европейского кардиологического общества и Северо-Американского общества стимуляции и электрофизиологии. СПб.: ИНКАРТ, 2001. 64 с.
 9. *Agnihotri H., Paul M., Sandhu S.J.* Heart rate changes associated with biofeedback training // *Calicut Medical Journal*. 2008. V. 6, № 3. P. e3.
 10. *Bazanov O.* EEG Alpha Activity Enhances as a Result of Heart Rate Biofeedback Game Training // *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2011. V. 36, № 4. P. 293.
 11. *Chang L.J., Lin J.F., Lin C.F. et al.* Effect of body position on bilateral EEG alterations and their relationship with autonomic nervous modulation in normal subjects // *Neurosci Lett*. 2011. V. 490, № 2. P. 96.
 12. *Chisholm R.C., DeGood D.E., Hartz M.A.* Effects of Alpha Feedback Training on Occipital EEG, Heart Rate, and Experiential Reactivity to a Laboratory Stressor // *Psychophysiology*. 1977. V. 14, № 2. P. 157.
 13. *Egner T., Gruzelier J.H.* Ecological validity of neurofeedback: Modulation of slow wave EEG enhances musical performance // *Neuroreport*. 2003. V. 14, № 9. P. 1221.
 14. *Einthoven W.* The discovery of the mechanism of the electrocardiogram // *Nobel Lectures. Physiology or Medicine*, Amsterdam, Elsevier Publishing Company, 1965. 1922 p.
 15. *Guggisberg A.G., Mathis J., Herrmann Uli.S., Hess Ch.W.* The functional relationship between yawning and vigilance // *Behavioural Brain Research*. 2007. V. 179. P. 159.
 16. *Hanslmayr S., Sauseng P., Doppelmayr M.* Increasing individual upper alpha power by neurofeedback improves cognitive performance // *Applied Psychophysiology and Biofeedback*. 2005. № 30. P. 1.
 17. *Hess W.R.* Cerebral organization of somatomotor performances. I. Physical preliminary remarks and analysis of concrete examples // *Arch. Psychiatr. Nervenkr.* 1965. V. 207, № 1. P. 33.
 18. *Klimesch W., Sauseng P., Hanslmayr S.* EEG alpha oscillations: The inhibition–timing hypothesis // *Brain Researching Review*. 2007. № 53. P. 63.
 19. *Kraepelin E.* Fragestellungen der klinischen Psychiatric // *Cbl. Nervenheilk Psychiat.* 1905. № 8. P. 573.
 20. *Lehrer P.M.* Psychophysiological effects of progressive relaxation in anxiety neurotic patients and of progressive relaxation and alpha feedback in nonpatients // *Journal of Consulting and Clinical Psychology*. 1978. V. 46, № 3. P. 389–404.
 21. *Merletti R.* Standards for Reporting EMG data // *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 1999. V. 9, № 1. P. 3.
 22. *McFarland D.J., Sarnacki W.A., Vaughan T.M., Wolpaw J.R.* Brain-computer interface (BCI) operation: signal and noise during early training sessions // *Clin. Neurophysiol.* 2005. V. 116, № 1. P. 56.
 23. *Noguchi H., Sakaguchi T.* Effect of illuminance and color temperature on lowering of physiological activity // *Appl. Human Sci.* 1999. V. 18, № 4. P. 117–123.
 24. *Rice K.M., Blanchard E.B., Purcell M.* Biofeedback treatments of Generalized Anxiety Disorder: Preliminary results // *Biofeedback and Self-Regulation* 1993. V. 18, № 2. P. 93–105.
 25. *Ryu K., Myung R.* Evaluation of mental workload with a combined measure based on physiological indices during a dual task of tracking and mental arithmetic // *International Journal of Industrial Ergonomics*. 2005. V. 35, № 11. P. 232.
 26. *Slutsker B., Konichezky A., Gothelf D.* Breaking the cycle: cognitive behavioral therapy and biofeedback training in a case of cyclic vomiting syndrome // *Psychol. Health. Med.* 2010. V. 15, № 6. P. 625–631.
 27. *Streitberger K., Steppan J., Maier C. et al.* Effects of verum acupuncture compared to placebo acupuncture on quantitative EEG and heart rate variability in healthy volunteers // *J. Altern. Complement Med.* 2008. V. 14, № 5. P. 505.
 28. *Travis F., Wallace R.K.* Autonomic and EEG patterns during eyes-closed rest and transcendental meditation (TM) practice: the basis for a neural model of TM practice // *Conscious Cogn.* 1999. V. 8, № 3. P. 302.
 29. *Vecchiato G., Astolfi L., De Vico Fallani F. et al.* Changes in brain activity during the observation of TV commercials by using EEG, GSR and HR measurements // *Brain Topogr.* 2010. V. 23, № 2. P. 165.
 30. *Yu X., Zhang J., Xie D., et al.* Relationship between scalp potential and autonomic nervous activity during a mental arithmetic task // *Auton. Neurosci.* 2009. V. 146, № 1–2. P. 81.

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 (г. Кентерберри, Великобритания).

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

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

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

INFLUENCE OF ALPHAEEG/EMG BIOFEEDBACK AND SELF-REGULATION PSYCHO TECHNIQUES ON THE HEART RATE VARIABILITY INDICES

Bazanova O.M.¹, Vernon D.², 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

With the purpose to study the impact of the upper frequency alpha EEG power increasing neurofeedback training (ANFT) on the cognitive performance, EEG alpha-activity and heart rate variability (HRV) 27 healthy men aged 18–34 years in pre, post and follow up one month 10 sessions ANFT time were investigated. The ANFT enhanced the fluency in cognitive performance, alpha frequency and power in upper frequency range and HRV only in participants with low baseline alpha frequency. While mock ANFT did change neither cognitive performance, nor alpha-activity, nor HRV indices. ANFT reduces activation in cognitive load, and this effect persists for a month.

KEY WORDS: cognitive performance characteristic, alpha EEG indices, heart rate variability HRV, upper alpha increasing neurofeedback training.

Bulletin of Siberian Medicine, 2013, vol. 12, no. 2, pp. 43–51

References

- Alekseyeva M.V., Balioz N.V., Muravlyova K.B. et al. *Human Physiology*, 2012, vol. 38, no 1, pp. 51–60 (in Russian).
- Bayevsky R.M., Ivanov G.G. *Ultrasonic and Functional Diagnostics*, 2001, vol. 3, pp. 108 (in Russian).
- Bazanova O.M. *Achievements of physiological Sciences*, 2009, no 3, pp. 32 (in Russian).
- Bazanova O.M., Mernaya Ye.M., Shtark M.B. *Russian Physiological Journal named after I.M. Sechenov*, 2008, vol. 94, no 5, pp. 539 (in Russian).
- Bazanova O.M., Aftanas L.I. *Herald of the Russian Academy of Medical Sciences*, 2006, no 6, pp. 30–43 (in Russian).
- Bazanova O.M., Aftanas L.I. *Russian Physiological Journal named after I.M. Sechenov*, 2007, vol. 93, no 1, pp. 14 (in Russian).
- Gubkina D.G., Kaiko S.A., Settarova Z.S., Pavlenko V.B. *Scientific Notes of Taurida National University named after V.I. Vernadsky. Series «Biology, chemistry»*. 2009, vol. 22 (61), no 4, pp. 36–40 (in Russian).
- Heart rate variability*. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. The working group of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. St. Petersburg, INRART Publ., 2001. 64 p. (in Russian).
- Agnihotri H., Paul M, Sandhu S.J. Heart rate changes associated with biofeedback training. *Calicut Medical Journal*. 2008. vol. 6, no. 3. P. e3.
- Bazanova O. EEG Alpha Activity Enhances as a Result of Heart Rate Biofeedback Game Training. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 2011, vol. 36, no. 4, pp. 293.
- Chang L.J., Lin J.F., Lin C.F. et al. Effect of body position on bilateral EEG alterations and their relationship with autonomic nervous modulation in normal subjects. *Neurosci Lett.*, 2011, vol. 490, no. 2, pp. 96.
- Chisholm R.C., DeGood D.E., Hartz M.A. Effects of Alpha Feedback Training on Occipital EEG, Heart Rate, and Experiential Reactivity to a Laboratory Stressor. *Psychophysiology*, 1977, V. 14, no. 2, pp. 157.
- 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.
- Einthoven W. *The discovery of the mechanism of the electrocardiogram*. Nobel Lectures. Physiology or Medicine, Amsterdam, Elsevier Publishing Company, 1965. 1922 p.
- Guggisberg A.G., Mathis J., Herrmann Uli.S., Hess Ch.W. The functional relationship between yawning and vigilance. *Behavioural Brain Research*, 2007, vol. 179, pp. 159.
- Hanslmayr S., Sauseng P., Doppelmayr M. Increasing individual upper alpha power by neurofeedback improves cognitive performance. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 2005, no. 30, p. 1.
- Hess W.R. Cerebral organization of somatomotor performances. I. Physical preliminary remarks and analysis of concrete examples. *Arch. Psychiatr. Nervenkr.*, 1965, vol. 207, no. 1, pp. 33.
- Klimesch W., Sauseng P., Hanslmayr S., EEG alpha oscillations: The inhibition-timing hypothesis. *Brain Researching Review*, 2007, no. 53, pp. 63.
- Kraepelin E. Fragestellungen der klinischen Psychiatric. *Cbl. Nervenheilk Psychiat.*, 1905, no. 8, pp. 573.
- Lehrer, P.M. Psychophysiological effects of progressive relaxation in anxiety neurotic patients and of progressive relaxation and alpha feedback in nonpatients. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 1978, vol. 46, no. 3, pp. 389–404.
- Merletti R. Standards for Reporting EMG data. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 1999, vol. 9, no. 1, pp. 3.
- McFarland D.J., Sarnacki W.A., Vaughan T.M., Wolpaw J.R. Brain-computer interface (BCI) operation: signal and noise during early training sessions. *Clin. Neurophysiol.*, 2005,

- vol. 116, no. 1, pp. 56.
23. Noguchi H., Sakaguchi T. Effect of illuminance and color temperature on lowering of physiological activity. *Appl. Human Sci.*, 1999, vol. 18, no. 4, pp. 117–123.
 24. Rice K.M., Blanchard E.B., Purcell M. Biofeedback treatments of Generalized Anxiety Disorder: Preliminary results. *Biofeedback and Self-Regulation*, 1993, vol. 18, no. 2, pp. 93–105.
 25. Ryu K., Myung R., Evaluation of mental workload with a combined measure based on physiological indices during a dual task of tracking and mental arithmetic. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 2005, vol. 35, no. 11, pp. 232.
 26. Slutsker B., Konichezky A., Gothelf D. Breaking the cycle: cognitive behavioral therapy and biofeedback training in a case of cyclic vomiting syndrome. *Psychol. Health. Med.*, 2010, vol. 15, no. 6, pp. 625–631.
 27. Streitberger K., Steppan J., Maier C. et al. Effects of verum acupuncture compared to placebo acupuncture on quantitative EEG and heart rate variability in healthy volunteers. *J. Altern. Complement Med.*, 2008, vol. 14, no. 5, pp. 505.
 28. Travis F., Wallace R.K. Autonomic and EEG patterns during eyes-closed rest and transcendental meditation (TM) practice: the basis for a neural model of TM practice. *Conscious Cogn.*, 1999, vol. 8, no. 3, pp. 302.
 29. Vecchiato G., Astolfi L., De Vico Fallani F. et al., Changes in brain activity during the observation of TV commercials by using EEG, GSR and HR measurements. *Brain Topogr.*, 2010, vol. 23, no. 2, pp. 165.
 30. Yu X., Zhang J., Xie D., et al. Relationship between scalp potential and autonomic nervous activity during a mental arithmetic task. *Auton. Neurosci.*, 2009, vol. 146, no. 1–2, pp. 81.

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.

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