

Биоуправление в психомоторном обучении. Результаты двухмесячного курса

Мерная Е.М.¹, Кондратенко А.В.², Кондратенко О.², Базанова О.М.³

Biofeedback in psychomotor training. Two month course results

Mernaya Ye.M., Kondratenko A.V., Kondratenko O., Bazanova O.M.

¹ Новосибирский музыкальный колледж, г. Новосибирск, Россия

² Македонская академия музыки, г. Скопье, Македония

³ НИИ молекулярной биологии и биофизики СО РАМН, г. Новосибирск, Россия

© Мерная Е.М., Кондратенко А.В., Кондратенко О., Базанова О.М.

Для сравнения традиционного обучения и обучения с использованием биоуправления изучались психометрические и электрофизиологические характеристики исполнительского движения у 36 студентов-музыкантов. После двухмесячного курса биоуправления экспертные оценки за исполнение музыки и уровень самоактуализации повысились, показатели ситуативной и личностной тревожности снизились. Тренинг произвольной модификации электрофизиологических параметров музыкально-исполнительского движения не вызывает изменения уровня индивидуальных параметров альфа-активности в состоянии покоя, но формирует новый тип реакции альфа-электроэнцефалограммы (ЭЭГ) на исполнение музыки: увеличивается частота максимального пика и альфа-мощность, углубляется и стабилизируется реакция на открывание глаз и расширяется диапазон, в котором эта реакция проявляется, удлиняются альфа-веретена, при этом снижается интегральная мощность электромиографии (ЭМГ) мышц, не участвующих в движении. Эти изменения электрофизиологических параметров ассоциируют с улучшением оценок исполнения музыки. Индивидуальные показатели альфа-активности (частота максимального пика, ширина диапазона, глубина десинхронизации, амплитуда, длительность и вариабельность амплитуды альфа-веретена) служат прогностическими критериями способности к музыкально-исполнительской деятельности и успешности ее произвольной модификации. Таким образом, тренинг биоуправления способствует выработке поведенческого паттерна оптимального психомоторного функционирования.

Ключевые слова: ЭЭГ-, ЭМГ-биоуправление, индивидуальная частота максимального пика альфа-ритма, индивидуальная ширина альфа-диапазона, эффективность тренинга биоуправления, музыкальное психомоторное обучение.

With the aim to compare the impact of usual training and training with the use of biofeedback, the psychometric and electrophysiological features of 36 musical students were investigated. Two month biofeedback training caused increase in self actualization, improving the musical performance score, decrease state and trait anxiety, increase of the individual adjusted alpha-2 indices, but theta-, alpha-1 and beta- activities did not change. Optimal psychomotor reaction for usual self practice (enhancement in alpha-activity and decrease in muscle tension) was achieved during biofeedback training.

Training efficiency depended on the baseline electrophysiological features of optimal functioning: peak frequency, band width, power and coherence in individual alpha range, reaction activation. It was concluded that upper alpha stimulating and EMG decreasing biofeedback training leads to development of optimal psychomotor behavioral strategy.

Key words: EEG/EMG biofeedback training, alpha activity, efficiency of the biofeedback training, musical psychomotor training.

УДК 612.014.421.7: 612.821.35.88

Введение

Современные компьютерные технологии биоуправления, использующие принцип адаптивной обратной связи, позволяют достичь «ощущаемости» афферентных импульсов [3, 9, 10, 22] и играют ключе-

вую роль в превращении произвольных движений в произвольные [2]. К настоящему времени накоплен опыт использования технологии нейро- и миобиоуправления в реабилитации психосоматических расстройств [10, 24] в целях предотвращения сценического волнения [3, 22]. Ранее был разработан протокол

тренинга биоуправления оптимального психомоторного функционирования, одновременно направленного на увеличение мощности индивидуального высокочастотного альфа-2-диапазона электрокардиограммы (ЭЭГ) и снижение интегральной мощности электромиограммы (ЭМГ) — параметров, наиболее полно отражающих функциональный оптимум в психомоторной деятельности [19, 23]. Такой вариант альфа-ЭЭГ-, альфа-ЭМГ-биоуправления был тестирован для обучения произвольной регуляции движения музыкантов-исполнителей в педагогической и реабилитационной практике [3]. Было показано, что один 30-минутный сеанс вызывает увеличение альфа-активности и снижение интегральной мощности ЭМГ у всех испытуемых музыкантов, в то время как обычная музыкальная практика такой же продолжительности, наоборот, снижает мощность альфа-ритма и увеличивает показатели мышечного напряжения, усугубляя нейрофизиологические характеристики психомоторного напряжения и разбалансировки у значительной части испытуемых с исходно низкой частотой максимального пика альфа-активности [2].

Для того чтобы ответить на вопрос, сохраняется ли положительная динамика изменений электрофизиологических параметров после длительного использования биоуправления в обучении музыкантов овладению навыками произвольной регуляции двигательного действия, была поставлена цель исследования — сравнение изменений психометрических, электроэнцефалографических и электромиографических характеристик, возникающих в результате традиционного обучения музыкантов-исполнителей и обучения с применением технологии биоуправления.

Материал и методы

Исследование проводилось с октября по декабрь 2005 г. в Новосибирском музыкальном колледже и с марта по май 2006 г. в Македонской академии музыки. Всего обследовано на добровольной основе 36 музыкантов-исполнителей (по специальностям «фортепиано» — 12 человек, «струнные инструменты» — 14 человек и «духовые инструменты» — 10 человек) в возрасте от 15 до 22 лет, в основном студенты музыкальной академии и колледжа. Испытуемые были разделены на экспериментальную и контрольную группы, идентичные по возрасту, половому составу, исполнительской специальности и уровню

профессиональной подготовленности. Каждая группа была разделена на подгруппы в зависимости от параметров усредненной индивидуальной частоты максимального пика альфа-активности в теменно-затылочной области. В экспериментальной группе было 9 человек с высокой (ВЧ) (не менее 10,0 Гц) и 10 с низкой (НЧ) (менее 10,0 Гц) альфа-частотой. В контрольной группе было 9 человек с ВЧ и 8 человек с НЧ. Соотношение юношей, девушек и средний возраст был одинаков во всех четырех подгруппах. Все испытуемые были извещены о сути проводимого эксперимента. Экспериментальная группа дважды в неделю в течение 2 мес во время практики использовала технологию биоуправления для обучения исполнительскому мастерству. Испытуемые контрольной группы также дважды в неделю проходили сеансы «ложного биоуправления»: регистрировались показатели ЭЭГ и ЭМГ, инструктор давал те же рекомендации по достижению оптимального психомоторного функционирования, что и в экспериментальной группе, но испытуемые контрольной группы не получали обратную связь об изменениях мышечного тонуса и амплитуды альфа-2-ритма ЭЭГ.

Регистрация ЭЭГ и ЭМГ осуществлялась в первый и последний день двухмесячного эксперимента по одинаковой схеме, включающей 10 этапов, в положении испытуемого, которое он занимает обычно при исполнении музыки на инструменте: 1, 2 — в состоянии покоя с закрытыми глазами (ЗГ) — 60 с и открытыми глазами (ОГ) — 30 с; 3, 4 — во время последней минуты самостоятельной 20-минутной исполнительской практики с ЗГ (60 с) и ОГ (30 с); 5, 6 — в состоянии покоя после практики с ЗГ (60 с) и ОГ (30 с); 7, 8 — во время последней минуты 20-минутной исполнительской практики, совмещенной с сеансом биоуправления ЗГ (60 с) и ОГ (30 с); 9, 10 — в состоянии покоя после практики с биоуправлением с ЗГ (60 с) и ОГ (30 с). Эта схема была проведена дважды в начале и в конце двухмесячного периода исследования в экспериментальной и контрольной группах. Электрофизиологические и психометрические показатели у девушек регистрировались в одну и ту же фазу менструального цикла в начале и в конце эксперимента.

Сеанс биоуправления проводился в привычной для студентов классной комнате во время исполнительской практики с помощью специального программно-аппаратного комплекса «БОСЛАБ» (регист-

рационное удостоверение Минздрава РФ № 29/03010300/0231-00 от 28.04.2000 г., лицензия на право ведения образовательной деятельности в сфере профессионального образования № 24Н-0276 от 31 марта 2000 г.) (рис. 1). ЭЭГ-сигнал, зарегистрированный с помощью биполярных электродов от точек F3-O1 и F4-O2 по системе «10—20%», оцифровывался с частотой 120 Гц и преобразовывался в графическое изображение — линию, отражающую динамику уровня ЭЭГ-мощности в индивидуальном альфа-2-диапазоне в одном из окон на экране монитора.

Электромиографический сигнал аналогично ЭЭГ-сигналу преобразовывался в графическое изображение, отражающее динамику интегральной мощности ЭМГ (ИЭМГ) в другом окне. Прямые линии, показывающие усредненные значения мощности индивидуального альфа-2-диапазона ЭЭГ и ИЭМГ, зарегистрированные перед сеансом биоуправления, служили пороговыми уровнями. Превышение мощности альфа-2, одновременное со снижением мощности ИЭМГ относительно порогового уровня, сопровождалось звуковым сигналом — «аплодисментами» (рис. 1). Во время сессии биоуправления наблюдались периоды «успешного тренинга», когда повышение мощности альфа-2-ритма сопровождалось одновременным снижением интегральной мощности ЭМГ. Эффективность сессии биоуправления (коэффициент обучаемости) рассчитывалась по отношению длительности периодов достижения успеха к общей продолжительности сеанса [9].

Перед испытуемым ставилась цель достичь как можно более качественного звучания инструмента при наименьших мышечных затратах, при этом как можно чаще и дольше слышать «аплодисменты» во время исполнительской практики и запоминать ощущения, которыми они сопровождалась. Студентам предлагалось использовать рекомендации педагогов по исполнительской специальности во время сеанса биоуправления. Педагог-инструктор во время сеансов биоуправления давал рекомендации использования психотехник, способствующих снижению показателей напряжения мышц, не участвующих в исполнительском акте (к снижению ИЭМГ) [21], и увеличению положительных эмоций (увеличению амплитуды альфа-ритма) [7].

Накануне дня регистрации ЭЭГ и ЭМГ перед началом и в конце эксперимента все студенты исполняли обычную экзаменационную учебную программу. (В Македонской музыкальной академии выступление записывалось на видеопленку, которая была предъявлена экспертам.) Оба исполнения оценивались тремя-пятью экспертами из числа профессорско-преподавательского состава академии и колледжа по обычным критериям, принятым для оценки музыкально-исполнительского мастерства: техника, интонация, ритм, музыкальность, качество звука и креативность (оригинальность) исполнения музыки [8]. Эксперты не были знакомы с испытуемыми и не знали, какое из выступлений (первое или второе) они оценивают. Оценки от 0 до 10 баллов,

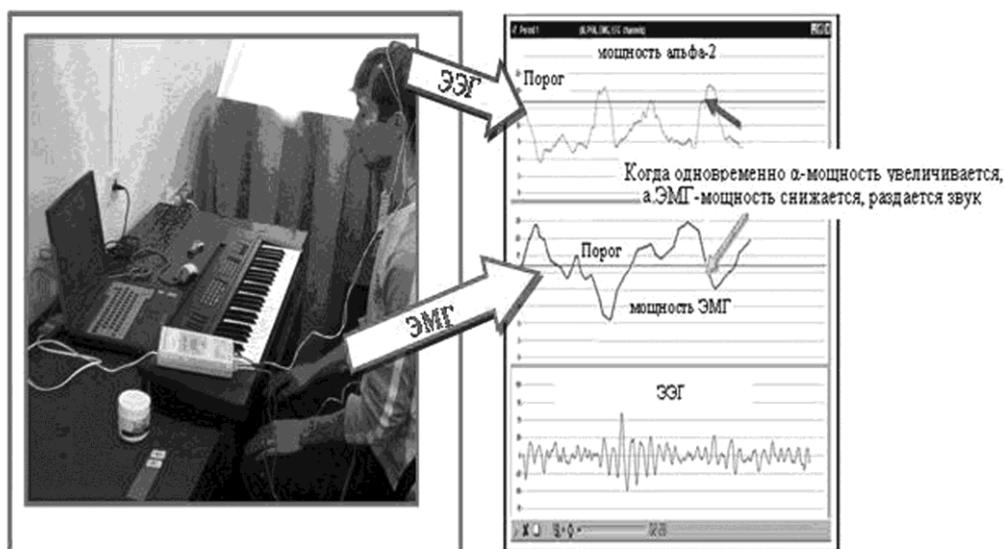


Рис. 1. Процедура биоуправления: слева — регистрация ЭЭГ- и ЭМГ-сигналов, справа — экранное представление мощности в индивидуальном альфа-2-диапазоне ЭЭГ и интегральной мощности ЭМГ во время сеанса биоуправления

полученные от разных экспертов, усреднялись с использованием отдельных критериев. Все испытуемые после обоих выступлений заполняли анкеты — тесты, определяющие уровень ситуативной и личностной тревожности [5] и уровень мотивационной компетенции или самоактуализации [20].

Регистрация электроэнцефалограммы проводилась с помощью компьютерного электроэнцефалографа «Мицар» (г. Санкт-Петербург) по 8 монополярным отведениям. Выходные формы анализа формировались с помощью специализированной программы WinEEG («Мицар», г. Санкт-Петербург), составленной в соответствии с принятыми стандартами анализа сигнала, и представлялись в виде таблиц спектральной мощности ЭЭГ и частот максимального пика в заданных диапазонах. Определение индивидуальной частоты максимального пика альфа-активности, индивидуальной реакции активации по глубине десинхронизации альфа-ритма в ответ на открывание глаз и индивидуальной ширины диапазона альфа-активности проводились в соответствии с методами, представленными ранее [1, 6, 8, 11—13]. В анализ показателей альфа-активности вошли усредненные данные ЭЭГ от отведений O1, O2, P3 и P4.

Электромиограмма регистрировалась с помощью двух хлор-серебряных электродов, размещенных биполярно на поверхности кожи над мышцами, не принимающими участия в исполнительском движении:

трапециевидной мышцей (*m. trapezius*) в группе пианистов и мышцами лба (*m. frontalis*) у музыкантов остальных специальностей. Определение показателей интегрального мышечного напряжения осуществлялось согласно традиционным методам, описанным в литературе [17].

Коэффициент оптимальности исполнительского движения рассчитывался как соотношение между приростом спектральной мощности в индивидуальном альфа-диапазоне и снижением ИЭМГ во время исполнительского движения.

Для установления статистически значимого влияния типа обучения (обычного и обучения с использованием биоуправления) на ЭЭГ, ЭМГ и психометрические параметры проводился многофакторный дисперсионный анализ (ANOVA), где независимыми факторами были: «экспериментальные условия» — 2 уровня: 1 — фон, 2 — практика; «период» — 2 уровня: 1 — до обучения, 2 — после обучения; альфа-частота «Ч» — 2 уровня: 1 — НЧ (менее 10 Гц), 2 — ВЧ (не менее 10 Гц); «группа» — 2 уровня: 1 — контрольная, 2 — экспериментальная. Апостериорные множественные сравнения (post hoc) психометрических и электрофизиологических характеристик музыкантов при выполнении одних и тех же тестов в начале и в конце эксперимента проводились с использованием критерия Шеффе. В выборках, имеющих нормальное распределение, использовался *t*-критерий

Стьюдента. Для сравнения дискретных и процентных величин — непараметрические критерии Вилкоксона. Расчет взаимосвязей между психометрическими и физиологическими показателями выполнялся при помощи линейного корреляционного анализа Пирсона.

Результаты

Апостериорные множественные сравнения психометрических характеристик музыкантов при выполнении одних и тех же тестов в начале и в конце эксперимента показали, что уровень самоактуализации, экспертные оценки за исполнение музыки и показатели ситуативной и личностной тревожности не изменились ($F < 1$) через 2 мес обычных уроков по исполнительской практике в обеих альфа-частотных контрольных подгруппах. При этом дисперсионный анализ, проведенный отдельно в каждой контрольной подгруппе, показал, что оценки по критериям «техника», «интонация» и «качество звука» при исполнении музыки и уровень мотивационной компетентности

(самоактуализации) снизились ($F_{1,18} \geq 5,27; p \leq 0,042$), средний уровень ситуативной тревожности увеличился ($F_{1,18} = 13,29; p = 0,023$), а оценки по критериям «музыкальность», «ритм» и «креативность» не изменились ($p > 0,05$) у студентов с исходно низкой частотой альфа-активности. Однако у ВЧ испытуемых той же контрольной группы уровень экспертных оценок, показатели тревожности и самоактуализации не изменились ($p \geq 0,05$), а оценки за качество звукоизвлечения выросли ($F_{1,16} = 6,28; p = 0,036$) (рис. 2).

В обеих (ВЧ и НЧ) экспериментальных подгруппах проведение курса тренинга биоуправления улучшило экспертные оценки по всем критериям исполнения музыки ($F_{1,34} = 9,31 \div 12,2; p \leq 0,003$), кроме креативности, которая не изменилась ($F < 1$). После курса биоуправления уровень мотивационной компетентности увеличился ($F_{1,34} = 19,31; p = 0,001$) и снизились показатели ситуативной и личностной тревожности ($F_{1,34} \geq 6,52; p \leq 0,005$) (рис. 2).

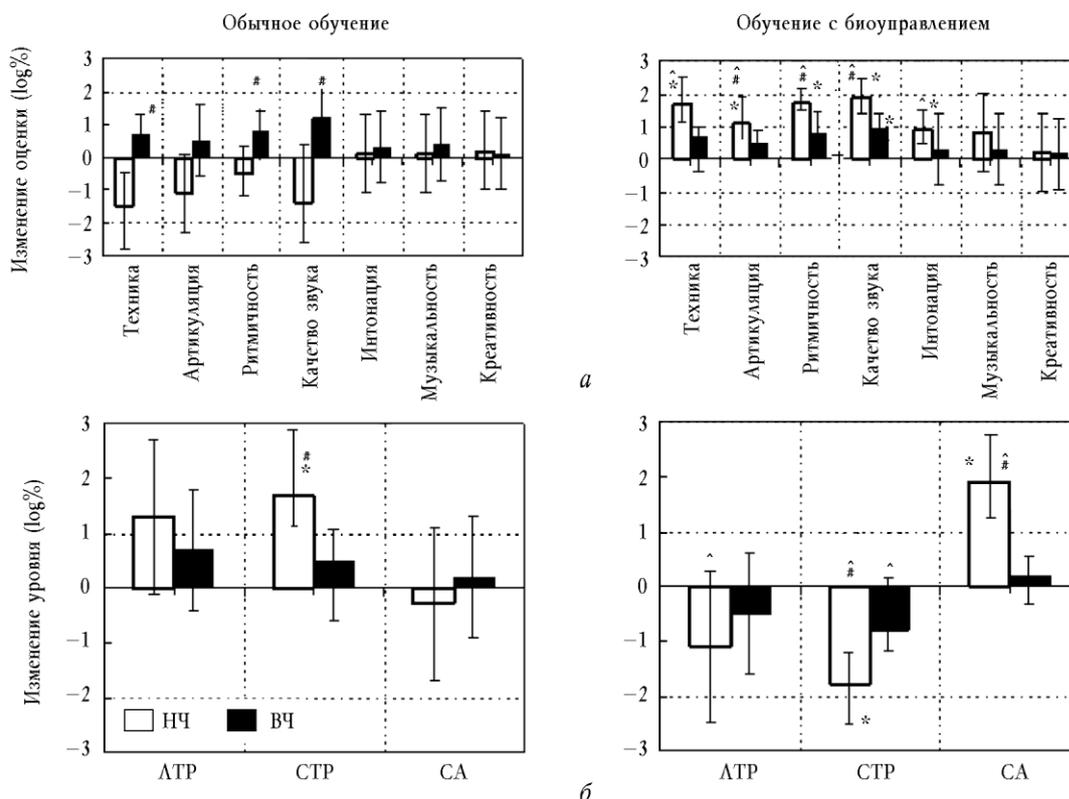


Рис. 2. Изменение средних значений (в процентах по отношению к исходному уровню) экспертных оценок (а) и психометрических характеристик (б) через 2 мес обычных занятий и занятий, сочетаемых с сеансами биоуправления: СТР — ситуативная тревожность; ЛТР — личностная тревожность; СА — самоактуализация; различия значимы ($p < 0,05$): * — по фактору «период»; ^ — по фактору «обучение»; # — по фактору «Ч»

Изменения психометрических параметров после двухмесячного курса биоуправления были более выражены у студентов с исходно низкой частотой максимального пика альфа-активности, по сравнению со студентами с исходно высокой частотой ($t = 1,2 \div 5,3$; $p < 0,035$). Кроме того, дисперсия индивидуальных психометрических показателей в подгруппах с низкой частотой альфа-активности была выше, чем в подгруппах с высокой частотой ($p < 0,05$). Прирост ($\log\%$) экспертных оценок за качество звукоизвлечения при исполнении музыки коррелировал с приростом индивидуальных параметров скорости развития реакции ИЧМПА на открывание глаз ($r = 0,56$; $p = 0,019$), индивидуальной ширины ($r = 0,52$; $p = 0,023$), глубины десинхронизации при открывании глаз ($r = 0,46$; $p = 0,033$), амплитуды ($r = 0,51$; $p = 0,023$) и длительности альфа-веретена ($r = 0,63$; $p = 0,008$).

Дисперсионный анализ показателей альфа-активности в состоянии покоя, проведенный по изучению влияния факторов «Ч» (2 уровня: НЧ и ВЧ), «обучение» (2 уровня: обычное и с использованием биоуправления), «период» (2 уровня: исходный и через 2 мес), не выявил значимого влияния способа обучения на показатели альфа-активности в состоянии покоя в ВЧ- и НЧ-подгруппах.

Аналогичный дисперсионный анализ показателей альфа-активности, зарегистрированных во время самостоятельной 20-минутной практики, показал значи-

мое влияние способа обучения на показатели альфа-активности в обеих (ВЧ и НЧ) подгруппах ($F_{(1,46)} = 6,15 \div 9,21$; $p = 0,011 \div 0,005$). Сравнение показателей альфа-активности, зарегистрированных во время первого и второго самостоятельных занятий в контрольной группе, не выявило изменений альфа-характеристик ($F < 1$), но при этом проявлялось взаимодействие факторов «Ч» и «период» на параметры спектральной плотности альфа-мощности и длительности веретена: через 2 мес обычных занятий в ВЧ-группе изменения произошли в позитивную, а в НЧ-группе — в негативную сторону. Интересно отметить, что прирост уровня показателей альфа-активности во время исполнения музыки у испытуемых экспериментальной группы был большим в НЧ- чем в ВЧ-подгруппе ($t = 8,02 \div 10,02$; $p = 0,001$).

Исследование оптимальности исполнительского движения показало увеличение его коэффициента в экспериментальных подгруппах НЧ и ВЧ: параллельно увеличивалась мощность ЭЭГ-волн в альфа-частотном диапазоне и снижался уровень тонуса мышц, не участвующих в исполнительском движении (рис. 3).

Эффективность сессий биоуправления не изменилась в контрольной группе после обычного обучения ($p > 0,05$), но значительно выросла в экспериментальной группе, причем больше в НЧ-, чем в ВЧ-подгруппе ($t = 6,7$; $p = 0,002$ (рис. 4).

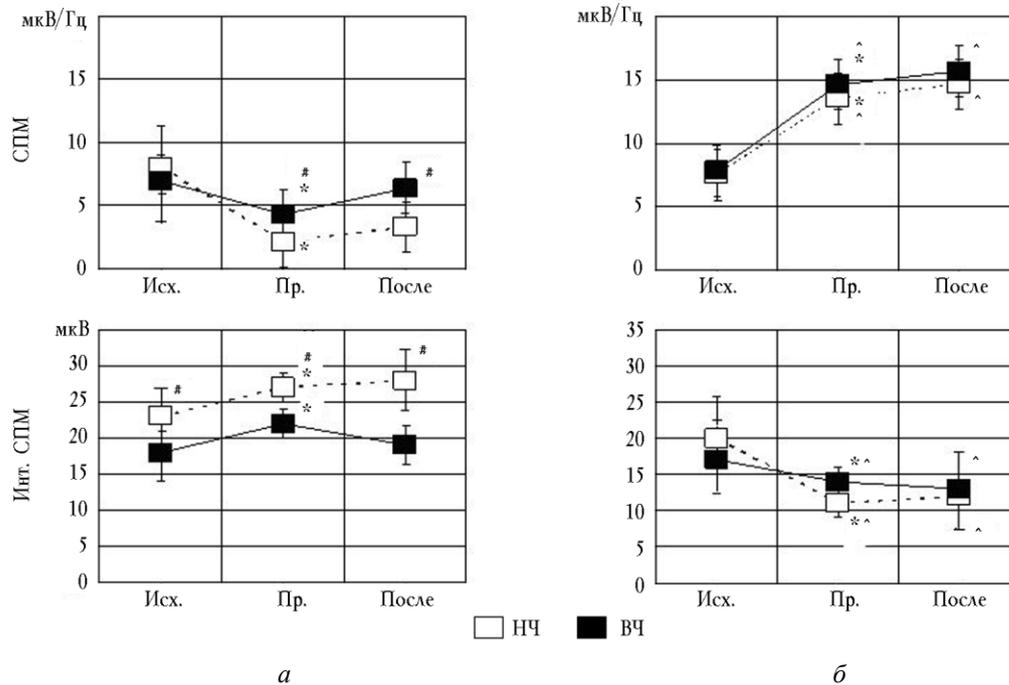


Рис. 3. Спектральная плотность мощности альфа-ЭЭГ (СПМ) и интегральная (инт.) мощность ЭМГ мышц, не участвующих в движении, перед (исх.), во время (пр.) и после (после) исполнительского движения: *а* — данные испытуемых контрольной группы, которые в течение 2 мес имели обычное обучение; *б* — данные испытуемых экспериментальной группы (через 2 мес обучения с использованием биоуправления)

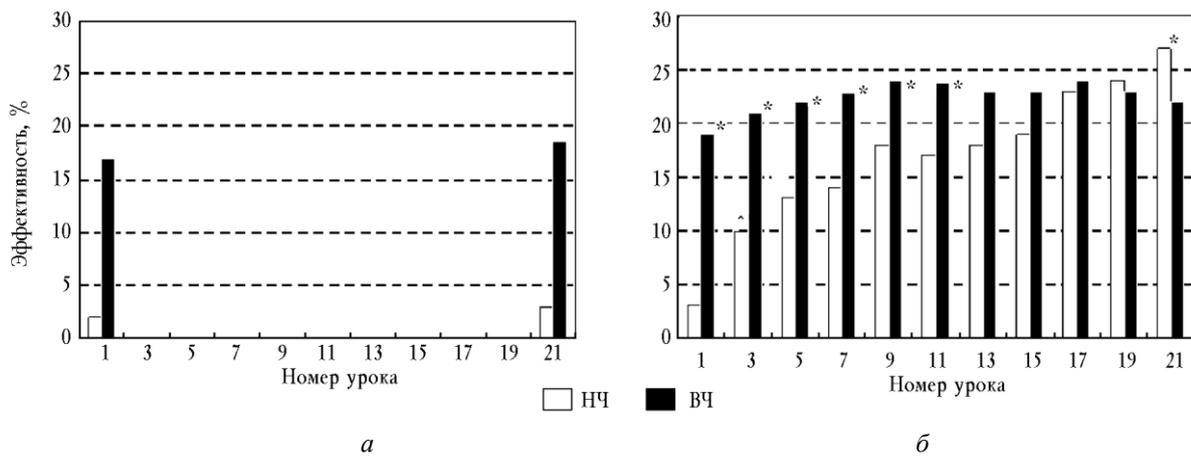


Рис. 4. Динамика изменений эффективности сессий биоуправления в течение 2 мес обычных занятий (*а*) и занятий, сочетаемых с сеансами биоуправления (*б*): * — различия между ВЧ- и НЧ-подгруппами; ^ — различия между способами обучения достоверны в 95% ($p < 0,005$)

Сравнения электрофизиологических параметров, зарегистрированных во время тестовых сессий «Практика» и «Биоуправление», выявили у студентов экспериментальной группы более низкую интегральную мощность ЭМГ и более высокие значения параметров альфа-активности во время проведения сессий «Практика-2» и «Биоуправление-2», чем во время аналогич-

ных сессий в начале эксперимента «Практика-1» и «Биоуправление-1» ($p < 0,005$). При этом двухмесячный курс биоуправления изменил реакцию на самостоятельную практику в НЧ-подгруппе больше, чем в ВЧ. Если до обучения с использованием биоуправления во время «Практики-1» спектральная плотность альфа-мощности снижалась, а мощность ЭМГ росла

(см. рис. 3), то после обучения с альфа-стимулирующим и ЭМГ-понижающим тренингом в ответ на самостоятельную практику-2 студенты с НЧ демонстрировали либо отсутствие изменения либо даже увеличение альфа-мощности ($t = 4,32$; $p = 0,021$) и снижение интегральной мощности ЭМГ. Такая динамика изменения электрофизиологических показателей была выражена больше у студентов с исходно низкой, чем у студентов с исходно высокой частотой альфа-активности ($p < 0,001$).

Таким образом, двухмесячный тренинг произвольной модификации электрофизиологических параметров музыкально-исполнительского движения не вызывает изменения уровня индивидуальных параметров альфа-активности в состоянии покоя, но формирует новый тип реакции альфа-ЭЭГ на исполнение музыки: увеличивается частота максимального пика и альфа-мощность, углубляется и стабилизируется реакция на открывание глаз и расширяется диапазон, в котором эта реакция проявляется, удлиняются альфа-веретена, при этом снижается интегральная мощность ЭМГ-мышц, не участвующих в движении. Эти изменения в уровне электрофизиологических параметров ассоциируют с улучшением оценок исполнения музыки.

Обсуждение

Эффективность использования технологии биоуправления в обучении музыкантов-исполнителей, показанная ранее работами М. Хале для снижения мышечного напряжения [10] и работами Дж. Грузелье [9] для увеличения музыкальности исполнения, получила еще одно подтверждение в данном исследовании. Музыканты улучшили свое исполнение по показателям «техника», «ритм» и «качество звукоизвлечения». Новым по отношению к предыдущим исследованиям тренинга музыкантов на основе адаптивной обратной связи было внедрение в обучение музыкантов двух принципиальных позиций: 1) биоуправление осуществлялось не по отдельным параметрам ЭЭГ или ЭМГ, а использовался протокол, предусматривающий одновременное увеличение альфа-активности ЭЭГ и снижение тонического напряжения мышц, не участвующих в исполнительском акте; 2) биоуправление проводилось не в условиях покоя, а во время самостоятельной практики. Возможно, этим можно объяснить частичное расхождение полученных ре-

зультатов с работами Дж. Грузелье и соавт., в которых было показано, что проведение 10 сеансов нейробиоуправления, направленного только на стимуляцию тета- и низкочастотного альфа-ритма, улучшало экспертные оценки за музыкальность исполнения у студентов Королевского колледжа музыки [9].

В представленном исследовании не обнаружено значительного улучшения музыкальности и креативности исполнения ($p \geq 0,08$), но наблюдался значительный рост оценок за технику исполнения и качество звучания, что логично следует из выбранного протокола тренинга, его направленности на оптимизацию исполнительского движения. Исследованы возможности одновременного ЭЭГ-ЭМГ-биоуправления в обучении музыкантов-исполнителей в непосредственной практике овладения исполнительским мастерством, что с педагогической точки зрения представляется более актуальным, поскольку открывает возможности интенсификации процесса обучения (так называемой постановки руки). С точки зрения методологии музыкальной педагогики очень важно визуализировать двигательные ощущения, так как движение, видимое снаружи и ощущаемое изнутри, актуализирует слух исполнителя, неразрывно связанный с мышечными ощущениями посредством не только прямых (когда слуховой образ рождает нужное игровое ощущение), но и обратных связей, формирующих образно-слуховые ассоциации, исходя из наработанного оптимального игрового движения [4, 12, 16].

Принципиальным является то, что использование биоуправления не ставит задачу подменить педагога компьютерной технологией, но способствует выработке необходимых паттернов движения — осознанного и точного — в процессе совершенствования мастерства музыканта-исполнителя. О том, что эта цель — выработка оптимального паттерна (типа действия) движения — была достигнута при использовании биоуправления, свидетельствуют результаты настоящего исследования. Только у студентов экспериментальной группы были зарегистрированы электрофизиологические показатели оптимального психомоторного функционирования даже во время обычной практики (см. рис. 3). Если в начале эксперимента во время самостоятельной практики альфа-активность снижалась, а напряжение мышц росло, то после 18—20 сеансов биоуправления во время практики отмечалось увеличение альфа-активности ЭЭГ, сочетанное

со снижением интегральной мощности ЭМГ студентов экспериментальной группы (см. рис. 3). В контрольной группе электрофизиологическая реакция на самостоятельную практику не изменилась за 2 мес.

Таким образом, полученные в ходе тренингов навыки биоуправления успешно переносились в практику исполнительства.

Анализ изменения показателей альфа-активности дает основание полагать, что поведенческий паттерн оптимального психомоторного функционирования был выработан у студентов, прошедших курс биоуправления. Увеличение альфа-частоты само по себе может свидетельствовать о когнитивной активации [18], не говоря о прямых доказательствах увеличения глубины реакции активации. Сочетание синхронизации нейронных ансамблей (увеличение альфа-амплитуды) и экономичного использования мышечного аппарата (снижение интегральной мощности ЭМГ) свидетельствует об увеличении способности самоконтроля движения [15]. На этом основании можно говорить об овладении навыками контроля над плохо управляемыми в обычных условиях психомоторными реакциями.

Важно отметить, что актуальность использования биоуправления в обучении музыкантов исполнителей не равнозначна для лиц с исходно высокой и низкой частотой максимального пика альфа-активности. Студенты с высокой частотой и широким диапазоном альфа-активности обладают изначально более высокими оценками по исполнительскому мастерству, большей самоактуализацией [2] и достигают высокой эффективности тренинга уже на первых сеансах биоуправления (см. рис. 4), не снижая своих показателей через 2 мес. Испытуемым с исходно низкой частотой альфа-активности и низким уровнем оценок и психометрических характеристик удалось достичь успехов только благодаря использованию технологии биоуправления (в контрольной группе с низкой индивидуальной частотой альфа-активности этого не наблюдается). Эти результаты подтверждают выводы, сделанные на основании предыдущих работ, — успешность обучения (включая психомоторный тренинг) зависит от исходного уровня параметров альфа-активности [1]. Если студенты с высокой частотой альфа-активности преимущественно используют свои способности к высокой скорости процессинга информации [1, 14], то испытуемые с низкой частотой альфа-

активности, по-видимому, могут достигать успеха как за счет увеличения беглости выполнения задания, так и использования нестандартности, оригинальности мышления.

Заключение

Результаты исследования показали, что технология биоуправления может, во-первых, являться инструментом диагностики, выявляющим разнообразие стереотипов психомоторной и когнитивной деятельности, и, во-вторых, средством адаптационной коррекции, помогающей испытуемому «договориться с самим собой». Так, вместо того чтобы предаваться самокритике, студенты с помощью биоуправления учились изобретать «ключи» — рекомендации самим себе, рождавшиеся в процессе восприятия объективных данных о своей исполнительской деятельности с экрана монитора. Такие рекомендации, отобранные в ходе тренингов, продолжали работать и вне биоуправления, в обычной учебной обстановке. При этом, согласно данным настоящего и предыдущих исследований, не только увеличение частоты и когерентности альфа-активности ЭЭГ, но и расширение диапазона и усиление степени десинхронизации альфа-активности в ответ на открывание глаз лежат в основе разнообразия когнитивных стратегий, приводящих к успеху в психомоторной деятельности.

Таким образом, технология альфа-ЭЭГ- и альфа-ЭМГ-биоуправления является инструментом, позволяющим визуализировать ощущения действия движения, актуализируя способность к самоконтролю, и совершенствовать исполнительское мастерство музыкантов-исполнителей.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 05-04-48432-а и 08-04-01071а.

Литература

1. Базанова О.М., Афтанас Л.И. Успешность обучения и индивидуальные частотно-динамические характеристики альфа-активности ЭЭГ // Вестн. РАМН. 2006. № 6. Р. 30—33.
2. Базанова О.М., Мерная Е.М., Штарк М.Б. Биоуправление в психомоторном обучении: электрофизиологическое обоснование // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. 2008. № 94 (5). С. 539—556.
3. Базанова О.М., Штарк М.Б. Нейробиоуправление в оптимизации функционирования музыкантов исполнителей // Бюл. СО РАМН. 2004. 113. Р. 114—123.
4. Гутерман В.А. Возвращение к творческой жизни. Екатеринбург, 1994. 89 с.

5. Ханин Ю.Л. Краткое руководство к шкале реактивной и личностной тревожности Ч.Д. Спилбергера. Л.: ЛНИИФК, 1976. 18 с.
6. Angelakis E., Lubar J.F. Quantitative electroencephalography amplitude measures in young adults during reading tasks and rest // J. of Neurotherapy. 2002. № 6. P. 2—16.
7. Balconi M., Brambilla E., Falbo L. BIS/BAS, cortical oscillations and coherence in response to emotional cues // Brain. Res. Bull. 2009. Sep. 28. № 80 (3). P. 151—157.
8. Clark R.C., Veltmeyer D. et al. Spontaneous alpha peak frequency predicts working memory performance across the age span // Int. J. Psychophysiology. 2004. № 53. P. 1—9.
9. Egner T., Gruzelier J.H. Ecological validity of neurofeedback: Modulation of slow wave EEG enhances musical performance. Neuroreport. 2003. № 14 (9). P. 1221—1224.
10. Hale M. Psychological Skills for Enhancing Performance: Arousal Regulation Strategies // Medicine and Science in Sports and Exercise. 1994. № 26 (4). P. 478—485.
11. Kaiser D.A. Rethinking Standard Bands // J. Neurotherapy. 2001. № 5 (1/2). P. 96—101.
12. Kerick S.E., Douglass L.W. et al. Cerebral cortical adaptations associated with visuomotor practice // Med. Sci. Sports Exerc. 2004. № 36 (1). P. 118—129.
13. Kirschfeld K. The physical basis of alpha waves in the electroencephalogram and the origin of the «Berger effect» // Biol. Cybern. 2005. № 92 (3). P. 177—185.
14. Klimesch, W. EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: A review and analysis // Brain. Research. Rev. 1999. № 29. P. 169—195.
15. Kristeva R., Chakarov V., Losch F. et al. Electroencephalographic spectral power in writer's cramp patients: evidence for motor cortex malfunctioning during the cramp // Neuroimage. 2005. Sep. № 27 (3). P. 706—714.
16. Lotze G. M., Scheleera H. et al. The musician's brain: functional imaging of amateurs and professionals during performance and imagery // Neuroimage. 2003. № 20 (3). P. 1817—1829.
17. Merletti R. Standards for Reporting EMG data // J. of Electromyogr. and Kinesiol. 1999. № 9 (1). III—IV.
18. Pfurtscheller G., Klimesch W. Event-related desynchronization during motor behavior and visual information processing // C.H.M. Brunia, G. Mulder and M. Verbaten (Eds.) Event-related brain research, electroencephalography and clinical neurophysiology. Amsterdam: Elsevier, 1991. P. 58—65.
19. Pop-Jordanova N., Bazanova O. et al. Simultaneous EEG and EMG Biofeedback for Peak Performance in Musicians. Society of Applied Neuroscience. Inaugural Conference. 2006. 14—18 Sept. Swansea.
20. Rheinberg F., Vollmeyer R. et al. Die Erfassung des Flow-Erlebens. In: Stiensmeier-Pelster J., Rheinberg F. (Eds.). Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept (Tests und Trends N.F. Bd. 2). Göttingen: Hogrefe, 2003. P. 261—279.
21. Santarpia A., Blanchet A., Mininni G. et al. The «weight» of words on the forearms during relaxation // Appl. Psychophysiol. Biofeedback. 2009. Jun. № 34 (2). P. 105—111.
22. Schwartz M.S., Andrasik F. Biofeedback: A Practitioner's Guide. 3-nd ed. New York: Guilford Press, 2003. 310 p.
23. Serman M.B. Physiological origins and functional correlates of EEG rhythmic activities: implications for self-regulation. Biofeedback and Self Regul. 1996. № 21 (1). P. 3—33.
24. Zinn M.L., Zinn M.A. Psychophysiology for Performing Artists // M.S. Schwartz, F. Andrasik (Eds.) Biofeedback: A Practitioner's Guide. 3-rd ed. New York: Guilford Press, 2003. 310 p.

Поступила в редакцию 08.12.2009 г.

Утверждена к печати 22.12.2009 г.

Сведения об авторах

Мерная Е.М. — преподаватель Новосибирского музыкального колледжа (г. Новосибирск, Россия).

Кондратенко А.В. — профессор Македонской академии музыки (г. Скопье, Македония).

Кондратенко О. — профессор Македонской академии музыки (г. Скопье, Македония).

Базанова О.М. — д-р биол. наук, ст. науч. сотрудник НИИ молекулярной биологии и медицины СО РАМН (г. Новосибирск, Россия).

Для корреспонденции

Базанова Ольга Михайловна, тел. 8-913-914-0296, e-mail: bazanova@soramn.ru