



## Исследовательская статья

DOI 10.22363/2313-1683-2019-16-4-495-516

УДК 159.953.5

**Перспективы использования биологической обратной связи для обучения музыкантов-исполнителей<sup>1</sup>****Т.И. Петренко<sup>1</sup>, О.М. Базанова<sup>2</sup>, М.К. Кабардов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Московский государственный институт музыки имени А.Г. Шнитке  
Российская Федерация, 123060, Москва, ул. Маршала Соколовского, 10

<sup>2</sup>Институт физиологии и фундаментальной медицины  
Российская Федерация, 630117, Новосибирск, ул. Тимакова, 4

<sup>3</sup>Психологический институт Российской академии образования  
Российская Федерация, 125009, Москва, ул. Моховая, д. 9, корп. 4

Использование биологической обратной связи (БОС) для тренинга контроля психологических и физиологических функций, необходимых для достижения успеха в психомоторной деятельности, становится актуальным для профессионального обучения музыкантов-исполнителей.

С целью изучения перспектив использования биоуправления для повышения эффективности обучения музыкантов сравнивались два способа преподавания: с привлечением БОС для повышения альфа-мощности электроэнцефалограммы (ЭЭГ) с одновременным снижением напряжения мышц лба (альфа-ЭЭГ/ЭМГ) и без БОС (ложное биоуправление). Для этого 50 студентов-музыкантов (18–28 лет) были разделены рандомизированно по возрасту, полу, исполнительской специальности и уровню частоты альфа-пика ЭЭГ на две группы. Первая проходила курс обучения (20–22 занятия) с БОС, вторая – с ложным БОС. До и после обоих видов преподавания оценивались исполнение музыки, ситуативная тревожность, самоактуализация, коэффициент оптимальности исполнительского движения (Ко) и эффективность единичной сессии биоуправления (Э1), рассчитанные по динамике мощности ЭЭГ в отведении Pz в индивидуально-установленном альфа-2 диапазоне и интегральной мощности ЭМГ поверхностных мышц лба при движении пальцев.

Преподавание с помощью биоуправления привело к улучшению исполнения музыки, увеличению самоактуализации, Ко и Э1 при снижении сценической тревожности. В группе ложного биоуправления студенты не достигли таких улучшений. При использовании БОС у студентов с исходно низкой частотой альфа-пика (НЧ) отмечался больший прирост Ко и Э1 оценок за исполнение музыки, чем у студентов с исходно высокой частотой альфа-пика (ВЧ),

© Петренко Т.И., Базанова О.М., Кабардов М.К., 2019



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

<sup>1</sup> Результаты данного исследования частично были представлены в докладе авторов на Международной научно-практической конференции «Личность в современном обществе: образование, развитие, самореализация», посвященной 80-летию профессора Александра Ивановича Крупнова 26 апреля 2019 г. (подробнее о конференции см.: <http://journals.rudn.ru/psychology-pedagogics/article/view/21384/17080>).

которые уже на первом занятии демонстрировали Э1 больше, чем студенты НЧ. У студентов НЧ занятия без помощи биоуправления не изменили изучаемые показатели.

В настоящем пилотном плацебо-контролируемом исследовании было продемонстрировано, что результативность обучения музыкантов повышается при использовании в преподавании биоуправления, а эффективность обучения зависит от исходного значения частоты генерации альфа-волн мозга.

**Ключевые слова:** обучение; биоуправление; исполнение музыки; электроэнцефалограмма (ЭЭГ); электромиограмма (ЭМГ) мышц лба; индивидуальная частота альфа-пика

## Введение

Обучение будущих музыкантов-исполнителей предполагает поиск психолого-педагогических подходов, которые направлены на достижение такого оптимального состояния, в котором необходимо совмещать предельную концентрацию внимания и контроль своих действий с максимальной свободой выполнения профессиональных задач (Теплов, 2009. С. 236; Цыпин, 2018. С. 40; Григорьев, 2006. С. 46; Голубева, 2005. С. 296). Такое состояние, лежащее в основе технической оснащённости музыканта-исполнителя, – наилучшего выполнения психомоторных, творческих и/или когнитивных задач в психофизиологической литературе принято называть «пиком формы», «оптимальным функционированием» или flow state (Csikszentmihalyi, Larson, 2014). Начиная с работ Н.А. Бернштейна и П.К. Анохина известно, что для достижения успеха в психомоторной деятельности требуется оптимальная комбинация нейрональной и мышечной активации, опосредованная обратной связью (Бернштейн, 1947, 1966; Анохин, 1973). Излишняя активация мышц (плечевого пояса, пальцев, диафрагмы), не участвующих в исполнительском движении, сопровождается избыточной активацией нейрональных процессов (Naito et al., 1998; Cacioppo et al., 1988; Malmö, Malmö, 2000) и, соответственно, ведет к психоэмоциональному напряжению (Nagel, 1986). Это отражается в увеличении мощности электромиограммы (ЭМГ) мышц, не участвующих в исполнительском движении, с одновременным снижением мощности сенсомоторного поддиапазона альфа-волн электроэнцефалограммы (ЭЭГ) (Serman, 1996). Мощность сенсомоторного (или высокочастотного) поддиапазона альфа ЭЭГ является показателем уровня когнитивного торможения или моторного контроля (Serman, 1996; Klimesch, 2007), а доминирующая частота генерации альфа-волн (индивидуальная частота альфа-пика (IAPF – individual alpha peak frequency)) – эндофенотипической характеристикой преобладающих стратегий когнитивной деятельности (Mierau et al., 2017; Bazanova, Афтанас, 2007; Bazanova, Vernon, 2014). Таким образом, показателем достижения успеха в психомоторной деятельности можно считать оптимальное расслабление мышц исполнительского аппарата, то есть уменьшение показателей ЭМГ и прирост альфа-мощности ЭЭГ.

На основании изложенного выше, процесс обучения музыкантов-исполнителей, который обычно направлен на развитие навыков распознавания и запоминания верных ощущений оптимального движения во время игры на музы-

кальном инструменте, должен также включать умение контролировать такое состояние мышц исполнительского аппарата, при котором будет уменьшаться мощность ЭМГ с одновременным приростом альфа-мощности ЭЭГ. Известные на сегодня психолого-педагогические способы достижения оптимального исполнительского движения предполагают манипулятивные методы его показа (Ebie, 2004; Lehmann et al., 2014), самостоятельного тренинга показанных педагогом способов наилучшего исполнения (Стуколкина, 2007. С. 279–283). Такие подходы не обладают необходимой дискриминацией индивидуально-психофизиологических особенностей учащихся (Кабардов и др., 2011, 2013; Малых, 1997), включая анализ индивидуальных стратегий когнитивной деятельности, индексируемых с помощью IAPF. Кроме того, не всегда педагогические подходы позволяют ставить ученика в ситуацию самостоятельного «добывания» знания вместо усвоения готового образца (Осницкий, 2010. С. 6).

Современная компьютерная технология – интерфейс «мозг – компьютер» (или метод биоуправления) – сочетает психолого-педагогические подходы с произвольной модификацией физиологических показателей оптимального исполнительского движения с помощью биологической обратной связи «от себя», своих неощущаемых в обычных условиях физиологических функций: напряжения мышц и альфа-активности мозга.

Однако известные в настоящее время протоколы биоуправления направлены только на что-то одно: либо на обучение произвольно модифицировать (снижать) ЭМГ (Талалай, 1982; Hale, 1993), либо произвольно повышать альфа-мощность ЭЭГ (Gruzelier, 2014).

В связи с тем что требования к современному мышлению диктуют новые условия и темпы развития обучающегося музыканта, в настоящей и предыдущей работах (Базанова и др. 2008, 2009) мы исследуем возможность экстраполяции основ дифференциальной психофизиологии на музыкальную педагогику.

**Гипотеза исследования:** предполагается, что обучение музыканта исполнительскому движению с помощью метода обратной связи «от себя» результативнее по сравнению с традиционными способами, применяемыми в музыкальной педагогике. Благодаря применению технологии биоуправления, ученик получит возможность более быстрого осознания верных ощущений оптимального музыкально-исполнительского движения без использования излишних нейрональных и мышечных затрат, или таких движений, при которых снижается ЭМГ тонических мышц и увеличивается ЭЭГ мощность в  $\alpha$ -2-диапазоне. При этом подразумевается, что эффективность обучения музыканта-исполнителя зависит от исходного индивидуального нейрофизиологического состояния учащегося.

## Процедура и методы исследования

**Участники.** В пилотном плацебо-контролируемом исследовании приняли участие студенты и педагоги новосибирских и магнитогорских специальных музыкальных учебных учреждений в возрасте от 18 до 28 лет на доброволь-

ной основе (табл. 1). Все испытуемые были извещены о сути проводимого эксперимента и подписали информированное согласие. Программы исследования были утверждены Учеными советами Новосибирской и Магнитогорской государственных консерваторий. Были исследованы музыканты тех специальностей, которые связаны с тонкими движениями пальцев, – пианисты, струнники, духовики, народники. При этом процедуры тренинга незначительно отличались: скрипачи и духовики проходили его стоя, а пианисты сидя<sup>2</sup>.

Таблица 1 / Table 1

**Распределение участников эксперимента по группам, возрасту, полу, IAPF и музыкальным специальностям**  
**[Distribution of participants by groups, age, gender, iAPF and musical specialties]**

Группы	n	Возраст (годы) M (SD)	Пол: Ж/М	IAPF (Гц) M (SD)	Музыкальная специальность				
					Пиан.	Струн.	Нар.	Дух.	
Реальное биоуправление	НЧ	13	21,5 (4,2)	8/5	9,4 (0,5)	5	5	1	2
	ВЧ	12	22,6 (3,2)	8/4	10,9 (0,3)	4	4	2	2
Ложное	НЧ	13	22,8 (5,1)	7/6	9,3 (0,7)	5	4	2	2
	ВЧ	12	23,1 (4,3)	8/4	10,8 (0,4)	4	3	3	2

*Примечание:* IAPF – индивидуальная частота альфа-пика ЭЭГ; НЧ – лица с низкой частотой альфа-пика (< 10 Гц); ВЧ – лица с высокой частотой альфа-пика (≥ 10 Гц); пиан. – студенты фортепианного отделения; струн. – студенты струнно-смычкового отделения; нар. – студенты народного отделения; дух. – студенты духового отделения.

**Схема эксперимента.** До начала и после курса обучения с помощью реального и ложного биоуправления все испытуемые проходили психологическое тестирование, регистрацию восьмиканальной ЭЭГ и ЭМГ.

Поскольку индивидуальная частота альфа-пика (IAPF) в покое с закрытыми глазами является генетически детерминированным показателем (Bazanovа, Vernon, 2014; Mierau, 2017), дискриминирующим психолого-поведенческие стратегии (Базанова, Афтанас, 2006), все испытуемые до начала биоуправления были категоризированы на лиц с высокой частотой альфа-пика ≥ 10 Гц (ВЧ) и низкой < 10 Гц (НЧ). После этого испытуемых рандомизированно поделили на экспериментальную и контрольную группы. Группы были сбалансированы по возрасту, половому составу, музыкально-исполнительской специальности и индивидуальному профилю ЭЭГ (табл. 1): первая проходила курс обучения с использованием альфа-ЭЭГ/ЭМГ биоуправления, а вторая – с ложным биоуправлением. Перед и после курса обучения все студенты исполняли виртуозную пьесу по выбору не дольше двух минут. Исполнения регистрировались на видеокамеру. Обучение экспериментальной и контрольной группы длилось

<sup>2</sup> Отметим, что достоверно значимых различий влияния тренинга биоуправления на результаты музыкантов различных специальностей при обработке результатов не обнаружено, возможно, вследствие малой выборки разных специальностей. В дальнейшем необходим учет возможного влияния фактора различной моторной специфики музыкантов на результаты БОС-тренинга, что может составить предмет будущих исследований.

два месяца (20–22 занятия два-три раза в неделю по 20 минут, включающих пять-шесть 2–3-минутных сессий каждое). В обеих группах обучение проводилось с одновременной регистрацией ЭЭГ и ЭМГ.

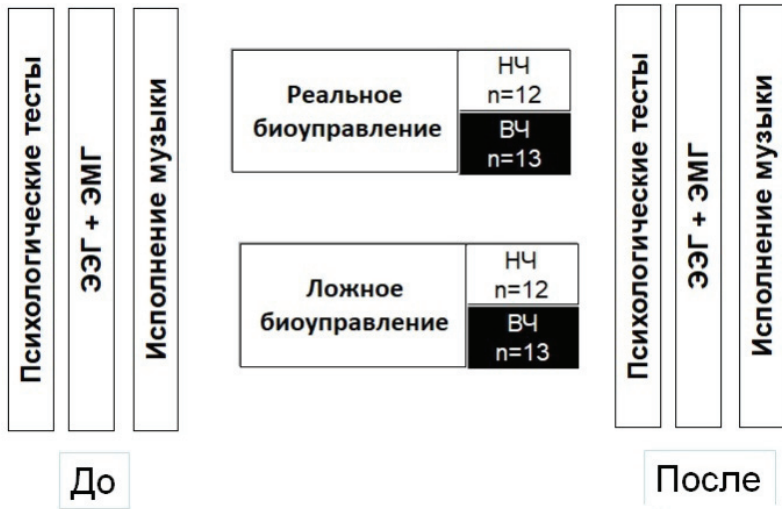


Рис. 1. Дизайн эксперимента  
[Figure 1. Experimental design]

**Измеряемые переменные.** Оценка уровня исполнения музыки. Уровень исполнения студентом музыкального фрагмента оценивался по видеозаписи представителями профессорско-преподавательского состава консерватории по шкале 70–130 баллов. Экспертам не было известно, кто играет и какое из выступлений (до практики с биоуправлением или после) они слушают. В оценке музыкального исполнения преподаватели использовали общепринятые критерии (Kraus, 1983). Оценивалась техническая оснащенность (включающая ритмическую точность и стабильность, чистоту интонации) и наличие музыкальности и выразительности исполнения. Изменения ( $\Delta$ ) оценок после курса обучения рассчитывались по формуле

$$\Delta \text{ оценки} = \lg [100 * (\text{оценка после} / \text{оценка до})].$$

**Психологические измерения** ситуативной тревожности по методике Спилбергера – Ханина (Ханин, 1976) и уровня самоактуализации, или мотивационной компетенции исполнения музыки в тесте Райнберга (Rheinberg, 1999, 2003), проводились до и после курса реального/ложного биоуправления. Оценка уровня невербальной креативности проводилась с использованием теста Торренса в модификации Гилфорда (Дружинин, 2007). Изменения ( $\Delta$ ) психологических характеристик после курса обучения рассчитывались по формуле

$$\Delta \text{ псих. хар.} = \lg [100 * (\text{псих. хар. после} / \text{псих. хар. до})].$$



*Электрофизиологические измерения.* До и после курса обучения проводилась регистрация электроэнцефалограммы (энцефалограф «Мицар», Санкт-Петербург). Биопотенциалы регистрировали монополярно от 8 электродов (стандартные отведения F3, F4, C3, C4, P3, P4, O1, O2), частота дискретизации 256 Гц, полоса пропускания 0,3–50 Гц, (референт – объединенный ушной электрод). Запись фоновой ЭЭГ регистрировалась в течении 5–10 минут два раза с открытыми и закрытыми глазами (по 30 секунд). Использовались эпохи ЭЭГ длиной 28 секунд, сегменты длительностью 4 секунды (по 1024 отсчета АЦП), которые подвергались быстрому преобразованию Фурье (FFT) в полосе 1–30 Гц с использованием окна Ханна. Для анализа ЭЭГ данных использовалась программа WinEEG, формировавшая таблицы спектральной мощности ЭЭГ и частоты максимального пика в заданных диапазонах. Полученные значения усреднялись для теменно-затылочных отведений (P3, P4, O1 и O2). Для вычисления частоты максимального пика (IAPF) в широком частотном диапазоне (5–15 Гц) использовали общепринятый метод (Mierau et al., 2017). Индивидуальная ширина альфа-диапазона вычислялась в реакции супрессии альфа-амплитуды в ответ на открывание глаз (Базанова, Афтанас, 2007). Соответственно этому методу спектральная мощность альфа-2 определялась в частотном диапазоне с нижней границей индивидуальной частоты альфа-пика до нижней границы бета-диапазона.

Для регистрации и анализа электромиограммы два хлорсеребряных электрода размещались над мышцами лба (*m. frontalis*), так как эти мышцы не участвовали в движении во время исполнения. Анализ интегральной ЭМГ проводился в соответствии с традиционным методом (Merletti, 1999).

*Коэффициент оптимальности исполнительского движения* (Ко) рассчитывался как отношение изменения ( $\Delta$ ) мощности  $\alpha$ -2-ЭЭГ к изменению ( $\Delta$ ) мощности ЭМГ во время движения пальцев по сравнению с покоем (Малисова и др., 2017). Изменения ( $\Delta$ ) Ко после курса обучения рассчитывались по формуле

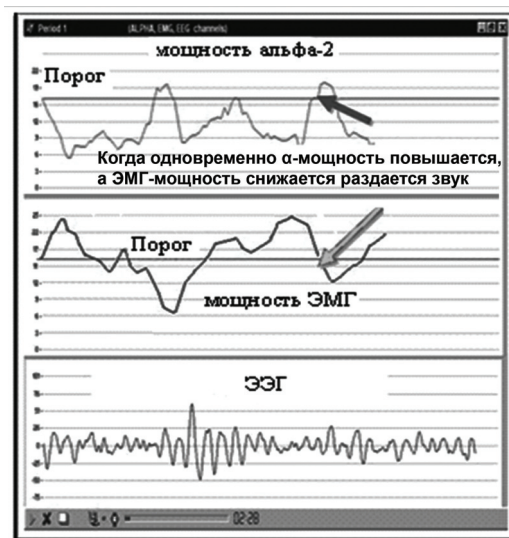
$$\Delta\text{Ко} = \lg[100 * (\text{Ко после} / \text{Ко до})].$$

*Процедура биоуправления.* Сессии реального и ложного биоуправления проводились в классной комнате во время обычного урока. Для этого использовался специальный программно-аппаратный комплекс «БОСЛАБ Профессиональный» (КОМСИБ, Новосибирск).

Перед каждым сеансом биоуправления, как реального, так и ложного, у испытуемых регистрировалась ЭЭГ (от Pz области скальпа, частота дискретизации 720 Гц) монополярно и ЭМГ биполярно (от кожи скальпа над фронтальными (лобными) мышцами) в состоянии покоя в течение 30 секунд при закрытых и 30 секунд при открытых глазах. После экспресс анализа устанавливалось среднее значение мощности альфа-2 ЭЭГ и интегральной мощности ЭМГ при закрытых глазах. В обеих группах обучение проводилось при закрытых глазах. Проведение тренинга с закрытыми глазами было выбрано по двум причинам: 1) альфа-2 мощность, являющаяся предиктором осознанного торможения, необходимого для когнитивного контроля исполнительского движе-

ния и излишней активации, выражена больше при закрытых, чем при открытых глазах (Vazanova et al., 2017); 2) в музыкально-педагогической практике игра с закрытыми глазами используется для обострения осознания ощущений музыкально-исполнительского движения (Стуколкина, 2007. С. 285).

При обучении с реальным биоуправлением во время движения пальцев студенты слышали «аплодисменты», которые означали увеличение ЭЭГ мощности в альфа-2 диапазоне ( $\Delta\alpha$ ЭЭГ) с одновременным снижением ( $\Delta$ ) мощности ЭМГ ( $\Delta$ ЭМГ), рассчитываемые каждые 100 мс, над порогами, означающими средний уровень показателей в покое. Студентам предлагалось запоминать те ощущения движения пальцев, которые сопровождалось «аплодисментами». «Аплодисменты» означали, что психологический самоконтроль и физическое состояние их двигательного аппарата было оптимальным в данный момент. Задачей сессии обучения было добиваться более частых и долгих «аплодисментов» (рис. 2). Во время сессии ложного биоуправления сигнал обратной связи раздавался рандомизированно, вне зависимости от достижения оптимального состояния.



**Рис. 2.** Экранное представление сессии обучения  
[Figure 2. Screen representation of training session]

*Примечание.* Прямые линии означают пороги, равные усредненному значению мощности альфа ЭЭГ (инт. ЭМГ) в состоянии покоя: верхнее окно – кривая изменения альфа-2 мощности; среднее окно – кривая изменения интегральной мощности ЭМГ; нижнее окно – сырой сигнал ЭЭГ.

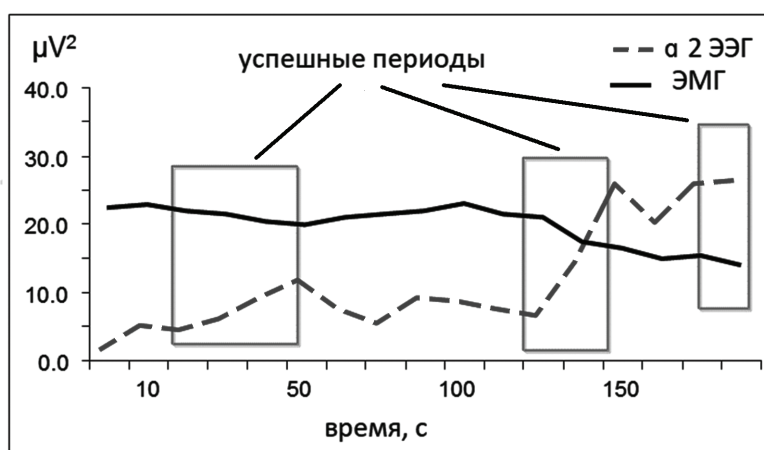
[Note. Direct lines – thresholds: upper window – dynamic of alpha-2 power; middle window – dynamic of integrated EMG power; below window – raw EEG signal.]

Двадцатиминутное занятие состояло из 5–6 сессий по 2–3 минуты с перерывами для отдыха и получения педагогических рекомендаций. Все испытуемые получали одинаковые указания и советы от учителя-консультанта, которые облегчали и ускоряли получение нужного результата (Lazareva et al., 2012).

**Расчет эффективности обучения.** Во время каждой сессии занятия наблюдались периоды, названные успешными, когда одновременно увеличивалась мощность в альфа-2 и снижалась интегральная мощность ЭМГ. За эффективность единичной сессии (Э1) принимался процент времени успешных периодов по отношению к времени полной сессии, рассчитанный по формуле

$$\text{Эффективность } \text{Э1} (\lg \%) = \lg(100 \% \times \text{длительность успешных участков} / \text{общая длительность сессии биоуправления})$$

Расчет Э1 осуществлялся согласно специально разработанному алгоритму (макросу).



**Рис. 3.** Динамика изменений альфа-2 мощности ЭЭГ (пунктирная линия) и интегральной мощности ЭМГ (сплошная линия) в течение единичной сессии обучения. Прямоугольники – успешные периоды тренинга, когда альфа-2 мощность ЭЭГ увеличивается, а интегральная мощность ЭМГ снижается

[Figure 3. One session of dynamics changes in alpha-2 power of the EEG (dotted line) and integrated power of the EMG (solid line). Rectangles – the successful periods of training, when alpha-2 power of the EEG increases and the integrated power of EMG decreases]

Изменения эффективности сессии (ΔЭ1) после курса обучения рассчитывали по формуле

$$\Delta \text{Э1} = \lg [100 * (\text{Э1 после} / \text{Э1 до})].$$

**Статистический анализ.** Для изучения влияния вида обучения на исходные значения экспертных оценок за исполнение музыки, тревожность, самоактуализацию Ко и Э1 использовался дисперсионный анализ (ANOVA) повторных измерений с межгрупповыми сравнениями по трем факторам:

- 1) вид обучения – реальное vs ложное биоуправление;
- 2) частота – НЧ vs ВЧ;
- 3) период – до vs после обучения.

Для сравнительного анализа реактивных значений изучаемых переменных использовался two way ANOVA по факторам: вид обучения (реальное vs ложное биоуправление) и частота (НЧ vs ВЧ).



С использованием критерия Шеффе проводились апостериорные множественные сравнения (*post hoc*). При помощи линейного корреляционного анализа Пирсона выполнялся расчет взаимосвязей между психометрическими и физиологическими показателями. В прогнозировании эффективности обучения проводился множественный линейный пошаговый регрессионный анализ всех изучаемых показателей в исходном состоянии, а также изменений после биоуправления в качестве независимых величин.

## Результаты

В предыдущих исследованиях (Базанова и др., 2007–2009) был сделан акцент на нейрофизиологическом обосновании возможности и эффективности использования биоуправления в обучении музыкантов. В данном исследовании представлены те результаты, которые имеют отношение к сравнению музыкально-исполнительских и психологических характеристик двух типов обучения музыкантов-исполнителей: с учителем без/с использованием обратной связи. Описательная статистика всех исследуемых переменных представлена в табл. 2.

Дисперсионный анализ усредненной экспертной оценки за техническое исполнение (техника, ритм, интонация) музыки по факторам *вид обучения* × *частота* × *период* показал статистическую значимость фактора *частота*: у студентов ВЧ оценки были выше, чем у студентов НЧ ( $p \leq 0,03$ ). Значимое взаимодействие факторов *вид обучения* × *частота* × *период* ( $F_{1,47} \geq 8,41$ ;  $p \leq 0,002$ ) свидетельствует о том, что только у студентов НЧ группы с реальным биоуправлением оценки выросли достоверно ( $p < 0,002$ ). У студентов с ВЧ той же группы оценки не изменились, а у студентов НЧ, обучающихся с ложным биоуправлением имели тенденцию к снижению ( $p \leq 0,08$ ). Аналогичные результаты были получены относительно усредненной оценки за музыкальность (музыкальность, качество звукоизвлечения и выразительность исполнения музыки) ( $F_{1,47} \geq 4,21$ ;  $p \leq 0,021$ ). При этом отдельный ANOVA реактивных значений оценок за музыкальность и технику исполнения, проведенный в группе с реальным биоуправлением, показал, что фактор *частота* значимо влияет на  $\Delta$  оценок за технику и музыкальность ( $F_{1,24} \geq 5,27$ ;  $p \leq 0,042$ ):  $\Delta$  оценок у НЧ больше, чем у ВЧ ( $p \leq 0,05$ ). Фактор частоты также влияет на изменение оценок в контрольной группе: у ВЧ студентов оценки за технику и качество исполнения выросли ( $F_{1,22} = 6,28$ ;  $p = 0,036$ ), а у НЧ студентов не изменились или снизились ( $p \geq 0,05$ ) (рис. 3, табл. 2).

Дисперсионный анализ ситуативной тревожности по факторам *вид обучения* × *частота* × *период* показал влияние значимого взаимодействия факторов *вид обучения* × *период* ( $F_{1,48} = 8,31$ ;  $p = 0,011$ ), свидетельствующее о том, что ситуативная тревожность снизилась в группе реального биоуправления ( $t = -6,52$ ;  $p < 0,005$ ), но не изменилась в контрольной группе. У студентов с НЧ из этой группы средний уровень ситуативной тревожности увеличился ( $t = 8,29$ ;  $p = 0,023$ ).

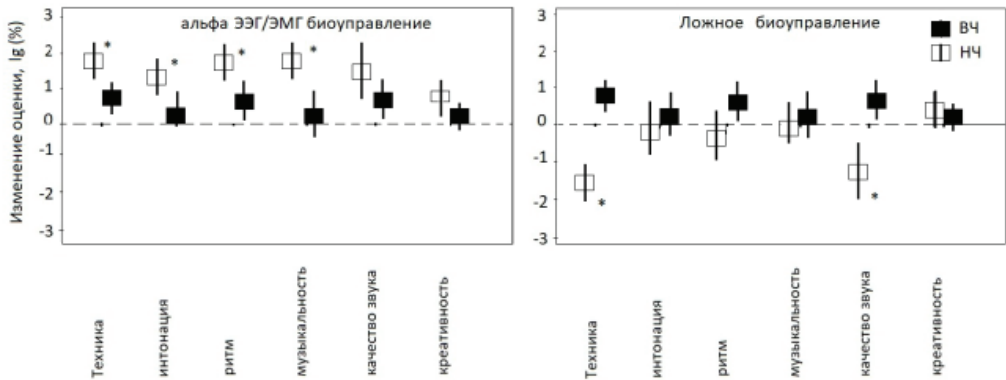
Таблица 2 / Table 2

**Средние значения (M) и стандартные отклонения (SD) изучаемых переменных в группах испытуемых с низкой (НЧ) и высокой (ВЧ) частотой альфа-пика до и после реального и ложного биоуправления**  
**[Mean values (M) and standard deviations (SD) of studied variables in groups of subjects with low (LF) and high (HF) alpha-peak frequency before and after real and false biofeedback]**

Вид обучения	Группа	Переменные	Период				
			до		после		
			M	SD	M	SD	
Реальное биоуправление	НЧ (n = 13)	Экспертные оценки (баллы)	техника	91,7	14,2	<b>110,6**</b>	12,3
			музыкальность	99,8	11,3	<b>108,8*</b>	9,4
			Креативность (усл. ед.)	52,5	11,3	53,7	8,9
			Тревожность (усл. ед.)	45,4	1,2	<b>39,2</b>	1,4
			Самоактуализация (усл. ед.)	29,2	2,1	<b>38,3*</b>	4,2
			IAPF (Гц)	9,50	0,75	<b>10,50*</b>	0,25
			Ко	0,75	0,21	<b>1,25*</b>	0,15
			Э1 (lg %)	0,81	0,04	<b>1,32*</b>	0,02
	ВЧ (n = 12)	Экспертные оценки (баллы)	техника	101,2	13,4	<b>111,7**</b>	11,4
			музыкальность	103,5	11,4	105,6	9,7
			Креативность (усл. ед.)	42,5	11,8	48,7	8,9
			Тревожность (усл. ед.)	39,9	2,2	37,2	1,1
			Самоактуализация (усл. ед.)	42,2	2,5	<b>49,4*</b>	1,9
			IAPF (Гц)	10,75	0,25	11,00	0,25
			Ко (усл. ед.)	0,75	0,10	<b>1,29*</b>	0,07
			Э1 (усл. ед.)	1,21	0,10	<b>1,34*</b>	0,08
Ложное биоуправление	НЧ (n = 13)	Экспертные оценки (баллы)	техника	93,8	10,2	89,6	8,3
			музыкальность	95,6	12,6	90,2	13,1
			Креативность (усл. ед.)	51,9	11,1	49,7	8,7
			Тревожность (усл. ед.)	41,8	1,8	<b>48,9**</b>	1,2
			Самоактуализация (усл. ед.)	30,2	1,9	28	1,1
			IAPF (Гц)	9,50	0,66	9,25	0,76
			Ко (усл. ед.)	0,58	0,11	0,51	0,09
			Э1 (усл. ед.)	0,52	0,04	0,55	0,07
	ВЧ (n = 12)	Экспертные оценки (баллы)	техника	105,2	13,4	<b>112,7*</b>	11,4
			музыкальность	108,2	12,4	110,2	13,3
			Креативность (усл. ед.)	49,5	11,3	45,8	8,9
			Тревожность (усл. ед.)	39,7	2,1	40,2	2,3
			Самоактуализация (усл. ед.)	43,2	2,7	43	2,8
			IAPF (Гц)	11,0	0,12	10,8	0,22
			Ко (усл. ед.)	0,9	0,09	1,1	0,11
			Э1 (усл. ед.)	1,21	0,10	1,29	0,05

Примечания. IAPF – индивидуальная частота альфа-пика ЭЭГ; Ко – коэффициент оптимальности исполнительского движения; Э1 – эффективность единичной сессии биоуправления; \* –  $p \leq 0,05$ ; \*\* –  $p \leq 0,01$ .

Таким образом, в целом исполнение музыки значительно улучшилось после обучения с биоуправлением. При этом прирост оценок был больше у студентов с НЧ, чем с ВЧ. После обучения с ложным биоуправлением оценки в целом не изменились или снизились: несмотря на то, что у ВЧ студентов все же наблюдалось улучшение по одному показателю (качество звукоизвлечения).



**Рис. 4.** Изменение уровня экспертных оценок (lg %) через два месяца обучения, сочетаемого с сессиями реального и ложного биоуправления

[Figure 4. Musical performance rating change (lg %) after two months of real and sham biofeedback training]

*Примечания.* НЧ – группа испытуемых с низкой (<10 Гц) частотой альфа-пика; ВЧ – группа испытуемых с высокой (≥ 10 Гц) частотой альфа-пика; \* –  $p \leq 0,05$ .

[Note. LF – group with low (<10 Hz) alpha peak frequency; HF – group with high (≥10 Hz) alpha peak frequency; \* –  $p \leq 0.05$ .]

ANOVA показателей самоактуализации также показал зависимость изменений этого параметра от взаимодействия факторов *вид обучения* × *частота* × *период* ( $F_{1,47} = 19,31; p = 0,001$ ). Апостериорные множественные сравнения выявили увеличение самоактуализации в экспериментальной группе ( $t = 7,12; p < 0,005$ ), но отсутствие изменений в контрольной группе.

Ни курс биоуправления, ни обычные уроки с учителем без предоставления БОС не изменили общий уровень невербальной креативности ни в одной из изучаемых групп. Однако уровень субфактора креативности «продуктивность» увеличился, а субфактор «оригинальность» снизился у НЧ студентов группы обучающихся с биоуправлением ( $t \geq ||5,8||; p \leq 0,032$ ).

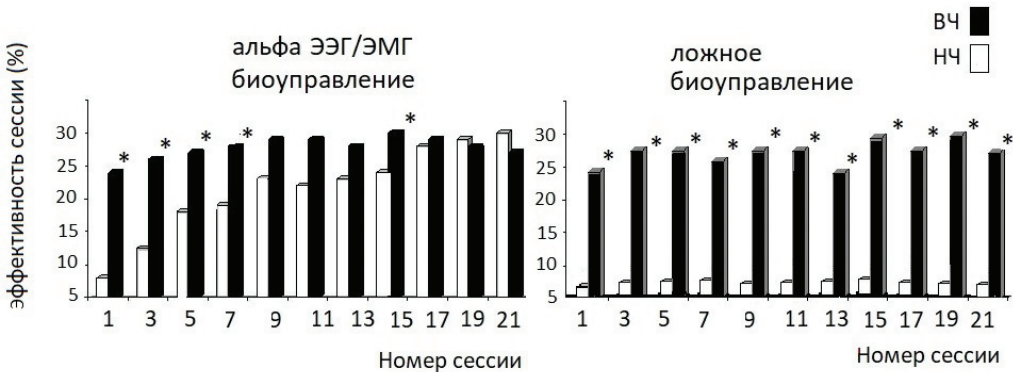
Таким образом, на изменение психологических показателей после обучения влияют такие факторы, как наличие или отсутствие БОС и исходная индивидуальная частота альфа-пика.

В предыдущих работах мы представили результаты дисперсионного анализа характеристик альфа-активности по факторам *частота* (НЧ и ВЧ) × *период* (до и после единичной сессии биоуправления). Было выявлено значительное влияние способа обучения ( $F_{(1,47)} \geq 6,15; p \leq 0,011$ ) на показатели альфа-активности (увеличение мощности и ширины альфа-2-диапазона) в обеих (ВЧ и НЧ)

подгруппах. При этом прирост альфа-активности (ширины альфа-диапазона и мощности в альфа-2 диапазоне) был большим у студентов с ВЧ, чем с НЧ ( $t \geq 5,25; p \leq 0,05$ ). Однако сравнение двухмесячного курса биоуправления и обычного обучения показало, что такие характеристики альфа-активности, как частота альфа-пика, ширина альфа-диапазона, мощность в альфа-1 и альфа-2 диапазонах в состоянии покоя у ВЧ испытуемых не изменились, а у НЧ испытуемых ширина альфа-диапазона и частота максимального пика увеличились (Базанова и др., 2008, 2009).

В настоящем исследовании мы подвергли дисперсионному анализу  $Ko$  – и обнаружили значимое влияние на него взаимодействия факторов *вид обучения*  $\times$  *частота*  $\times$  *период* ( $F_{(1,47)} = 8,19; p \leq 0,001$ ). Показатель оптимальности исполнительского движения увеличился в группе реального биоуправления и не изменился в контрольной группе (обучение с ложным биоуправлением). Результаты отдельного ANOVA в группе биоуправления реактивной величины  $Ko$  показали, что увеличения  $Ko$  после биоуправления были большими у НЧ, чем у ВЧ ( $t \geq 8,02; p = 0,001$ ).

**Эффективность единичной сессии до и после курса обучения.** Эффективность первой единичной сессии обучения (Э1) была значительно выше у ВЧ, чем НЧ студентов ( $t = 6,79; p = 0,003$ ). Э1 обучения с предоставлением БОС была выше, чем без предоставления обратной связи ( $t = 8,79; p = 0,003$ ). У ВЧ студентов в экспериментальной группе Э1 значимо не зависела от количества сессий, а у НЧ студентов эффективность повышалась с увеличением количества сессий ( $r = 0,68; p = 0,005$ ). В контрольной группе эффективность сессии оставалась на этом же уровне (рис. 5).



**Рис. 5.** Динамика изменения эффективности сессии обучения (lg %) с реальным альфа ЭЭГ/ЭМГ и ложным биоуправлением  
**[Figure 5.** Training session effectiveness changes during the real and sham alpha EEG/EMG biofeedback]

*Примечания.* НЧ – группа испытуемых с низкой (<10 Гц) частотой альфа-пика; ВЧ – группа испытуемых с высокой ( $\geq 10$  Гц) частотой альфа-пика; \* –  $p \leq 0,05$ .

[*Note.* LF – group with low (<10 Hz) alpha peak frequency; HF – group with high ( $\geq 10$  Hz) alpha peak frequency; \* –  $p \leq 0.05$ .]

**Корреляционный анализ.** В табл. 3 представлены результаты корреляционного анализа взаимосвязи изменений ( $\Delta$  lg %) экспертных оценок исполнения музыки, психологических характеристик с изменением электрофизиологических показателей Ко и Э1 и исходного уровня IAPF в экспериментальной группе студентов, использующих биоуправление при обучении. Была установлена ассоциация увеличения оценок экспертов за качество исполнения музыки с увеличением самоактуализации, Ко и Э1. Кроме того, прирост оценок за технику, ритмичность, интонацию и музыкальность исполнения музыки положительно связаны с уровнем исходной мотивации и обратно пропорциональны уровню тревожности перед исполнением музыки ( $r \geq |0,42|$ ;  $p \leq 0,03$ ). Поскольку результаты дисперсионного анализа не показали значимых изменений уровня невербальной креативности ни после реального, ни после ложного биоуправления, изменения этого показателя после обучения не были включены в корреляционный анализ. Однако исходный уровень невербальной креативности в подгруппах НЧ был обратно пропорционален частоте максимального пика ( $r < -0,56$ ;  $p < 0,05$ ).

Таблица 3 / Table 3

**Значимые коэффициенты корреляции Пирсона между исходным уровнем IAPF и изменениями ( $\Delta$ ) lg % экспертных оценок, психологических характеристик с изменением электрофизиологических показателей Ко, Э1 в экспериментальной группе испытуемых [Significant Pearson correlation between the initial level of IAPF and changes ( $\Delta$ ) in % of expert assessments, psychological characteristics with changes in electrophysiological indicators of Co, E1 in the experimental group of subjects]**

Показатели		$\Delta$ оценки за технику	$\Delta$ оценки за музыкальность	$\Delta$ тревожности	$\Delta$ самоактуализации	$\Delta$ Ко	$\Delta$ Э1
IAPF (Гц)	$r$	-0,54				-0,37	
	$p$	0,009				0,038	
$\Delta$ оценки за технику	$r$		0,45	-0,51	0,38	0,67	0,43
	$p$		0,012	0,009	0,041	0,001	0,023
$\Delta$ оценки за музыкальность	$r$			-0,42			0,48
	$p$			0,024			0,012
$\Delta$ тревожности	$r$					-0,45	-0,54
	$p$					0,015	0,009
$\Delta$ самоактуализации	$r$					0,42	0,48
	$p$					0,023	0,012
$\Delta$ Ко	$r$						0,82
	$p$						0,001

*Примечания.* IAPF (Гц) – исходная индивидуальная частота альфа-пика ЭЭГ;  $\Delta$  – изменение (lg %) после курса обучения; Ко – коэффициент оптимальности исполнительского движения; Э1 – эффективность единичной сессии обучения.

Множественный регрессионный анализ исходных и реактивных психологических и электрофизиологических характеристик в качестве независи-



мых предикторов эффективности сессии как зависимой переменной обнаружил, что Ко является наиболее информативным показателем в предикции эффективности сессии обучения оптимальности исполнительского движения с вероятностью 69 %.

### Обсуждение результатов

Пилотное плацебо-контролируемое исследование показало, что обучение с использованием биологической обратной связи для тренинга контроля психологических и физиологических функций, которые не ощущаются в обычном состоянии, актуально для обучения музыкально-исполнительскому движению. Результаты исследования в очередной раз подтверждают, что реализация стратегии оптимального функционирования, в основе которой лежит сенсорная коррекция моторного выполнения движения, или адаптивная обратная связь (Бернштейн, 1947; Анохин, 1973), приводит к более успешному исполнению музыки, чем без использования обратной связи. Это означает, что осознание ощущений снижения избыточной мышечной активации (снижения ЭМГ мышц лба) и снижения избыточной нейрональной активации или повышения нейрональной эффективности (повышение частоты альфа-пика, ширины и мощности высокочастотного альфа-диапазона) приводит к улучшению исполнения музыки, повышению самоактуализации. В группе же ложного биоуправления актуализации собственных ощущений оптимального исполнительского движения не было, и, соответственно, этой корректировки не происходило. Именно поэтому совершенствование музыкального исполнения согласно рекомендациям учителя без получения обратной связи о своих нейромышечных ощущениях было затруднено, по крайней мере для студентов с НЧ.

Важно отметить, что техника музыканта, обусловленная продуктивностью работы исполнительского аппарата или скоростью выполнения операций и психологической свободой, не существует отдельно от творческих способностей исполнителя. Между тем одним из неожиданных результатов нашего исследования оказалось отсутствие изменений креативности после обучения как с использованием реального, так и ложного биоуправления. Творческий потенциал оценивался по уровню трех компонент, входящих в тест невербальной креативности: продуктивности, переключаемости и оригинальности решения творческих заданий (Дружинин, 2007). Возможным объяснением того, что биоуправление не влияет на уровень креативности, служат результаты предыдущих исследований, показавших отсутствие взаимосвязи оригинальности решения задачи с частотой альфа-пика в группе высокочастотных испытуемых и наличие негативной ассоциации этих показателей в группе низкочастотных (Базанова, Афтнос, 2007). Обучение с использованием биоуправления сопровождалось увеличением альфа-частоты у НЧ испытуемых и связанным с ней увеличением продуктивности когнитивной активности в этой группе, при этом оригинальность решения задач снижалась, поэтому общий уровень креативности не изменялся.

Кроме того, согласно нашей гипотезе и результатам психологического тестирования, избыточное психоэмоциональное напряжение, измеряемое по те-

сту ситуативной тревожности и ЭМГ мышц лба (Malmö, Malmö, 2000; Nagel, 1986), снизилось только в экспериментальной группе студентов, тренировавших осознание свободного исполнительского движения без излишнего зажатия исполнительского аппарата. В контрольной же группе, наоборот, – отсутствие тренировки «нужных» ощущений, которые не могут быть в достаточной мере скорректированы педагогом, особенно у студентов с НЧ, сказалось на том, что их тревожность возросла, а уровень мотивации или самоактуализации снизился после курса обучения.

Таким образом, исследование отвечает на вопрос о том, для кого обучение с БОС является актуальным, а кому рекомендаций учителя вполне достаточно. Установлено, что лица с низкой частотой в большей степени, чем лица с исходно высокой частотой альфа-волн, нуждаются в обучении с включением в практику технологии биоуправления. Высокочастотные студенты, которые с самого начала проведения эксперимента проявляли более выраженную самоактуализацию, лучшие результаты по оценке исполнительского мастерства, смогли удержать эту планку до конца курса обучения и добиться улучшения исполнения сразу на первых занятиях с биоуправлением. Это подтвердило уже известные из предыдущих исследований выводы о том, что уровень эндофенотипического показателя индивидуальной частоты альфа-пика (IAPF) ассоциируют со стратегией обучения, достижением успеха в творческой деятельности (Базанова, Афтанас, 2006) и организацией психомоторной и когнитивной активности (Klimesh, 2007; Bazanova, 2012). Так, лица, обладающие IAPF выше 10 Гц (ВЧ), способны к более высокой беглости в когнитивной деятельности, что преимущественно проявляется в высокой скорости процессинга информации в обучении. Это было продемонстрировано студентами ВЧ как в контрольной, так и в экспериментальной группах. Они оказались способными быстрее находить правильные способы освоения оптимального исполнительского движения самостоятельно. Лица с IAPF ниже 10 Гц (НЧ), обладающие повышенной оригинальностью решения творческих задач, требуют иных стратегий и времени освоения психомоторных задач. Студенты с НЧ, изначально получившие низкие баллы за исполнение произведения и самоактуализацию, проявившие высокий уровень тревожности, смогли достичь успехов только с помощью биоуправления. В контрольной группе при обычном обучении этого не произошло. Данный факт подтверждает вывод, что успешность обучения (включая психомоторный тренинг) зависит от начального уровня индивидуальной частоты альфа-пика (Базанова, Афтанас, 2007), которую необходимо учитывать в экспертизе музыкально-исполнительских способностей, построении прогноза и организации стратегии обучения, и доказывает, что обучение с биоуправлением особенно актуально для студентов НЧ.

### **Заключение**

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что биоуправление – метод с использованием обратной связи от собственных характеристик ЭЭГ/ЭМГ – актуализирует способность к самоконтролю, помогает студенту-

музыканту самостоятельно найти стратегии достижения исполнительского мастерства, побуждает к более глубокому осознанию механизмов освоения исполнительского движения и таким образом учит учиться самому узнавать и запоминать верные ощущения. Следует отметить, что достижения и эмпирический опыт, накопленный мировой исполнительской практикой и методикой обучения игре на музыкальных инструментах, также являются необходимой составной частью курса и вписаны в виде рекомендаций педагога в перерывах между сессиями биоуправления. Разработанный курс обучения нацелен на достижение оптимального исполнительского статуса и предназначен в качестве дополнения к традиционным обучающим стратегиям.

### Список литературы

- Анохин П.К.* Принципиальные вопросы общей теории функциональных систем // Принципы системной организации функций / под ред. П.К. Анохина. М.: Наука, 1973. С. 5–61.
- Базанова О.М., Алексеева М.В., Балиоз Н.В., Муравлева К.Б., Сапина Е.В.* Исследование тренинга произвольного увеличения альфа-мощности ЭЭГ для улучшения когнитивной деятельности // Физиология человека. 2012. Т. 38. № 1. С. 51–60.
- Базанова О.М., Афтанас Л.И.* Индивидуальные показатели альфа-активности электроэнцефалограммы и невербальная креативность // Российский физиологический журнал имени И.М. Сеченова. 2007. Т. 93. № 1. С. 14–26. <https://doi.org/10.1007/s11055-008-0034-y>
- Базанова О.М., Афтанас Л.И.* Успешность обучения и индивидуальные частотно-динамические характеристики альфа-активности ЭЭГ // Вестник РАМН. 2006. № 6. С. 30–43
- Бернштейн Н.А.* О построении движений. М.: Медгиз, 1947. 254 с.
- Бернштейн Н.А.* Очерки по физиологии движений и физиологии активности. М.: Медицина, 1966. 387 с.
- Голубева Э.А.* Способности, личность, индивидуальность. Дубна: Феникс, 2005. 512 с.
- Григорьев В.Ю.* Исполнитель и эстрада. М.: Мос. гос. конс.; Магнитог. гос. конс., 2006. 153 с.
- Дружинин В.Н.* Психология общих способностей. СПб.: Питер, 2007. 368 с.
- Кабардов М.К., Базанова О.М., Лебедев А.Н., Кондратенко А.В.* Зависимость электрофизиологических признаков музыкально-исполнительских способностей от возраста, пола и нейрогуморального статуса // Современное состояние дифференциальной психологии и дифференциальной психофизиологии: к 115-летию со дня рождения Б.М. Теплова. М.: ПИ РАО, 2011. С. 57–59.
- Кабардов М.К., Симакова И.Н., Торопова А.В., Василевская К.Н.* Психофизиологические индикаторы музыкальности // Вестник ЮНЕСКО: музыкальное искусство и образование. 2013. № 3. С. 116–121.
- Малисова Д.В., Петренко Т.И., Кондратенко А.В., Базанова О.М.* Альфа ЭЭГ и ЭМГ признаки оптимальности музыкально-исполнительского движения и постуральный контроль // Сборник материалов XXIII Съезда Российского физиологического общества имени И.П. Павлова. Воронеж: Воронежский государственный медицинский университет имени Н.Н. Бурденко, 2017. С. 967–968.

- Малых С.Б. Исследования генетической детерминации ЭЭГ человека // Вопросы психологии. 1997. № 6. С. 109–128.
- Осницкий А.К. Психологические механизмы самостоятельности. М. – Обнинск: ИГ-СОЦИН, 2010. 232 с.
- Стуколкина С. Путь к совершенству. Диалоги, статьи и материалы о фортепианной технике. СПб.: Композитор, 2007. 392 с.
- Талалай Б.Н. Формирование исполнительских (двигательно-технических) навыков при обучении игре на музыкальных инструментах: автореф. дис. ... канд. пед. наук. М., 1982.
- Теплов Б.М. Психология и психофизиология индивидуальных различий: избранные психологические труды / под ред. М.Г. Ярошевского. М.: Московский психолого-социальный институт; Воронеж: НПО «МОДЭК», 2009. 638 с.
- Ханин Ю.Л. Краткое руководство к шкале реактивной и личностной тревожности Ч.Д. Спилбергера. Л.: ЛНИИФК, 1976. 18 с.
- Цыпин Г.М. Психология творческой деятельности. Музыка и другие искусства: монография / под ред. Г.М. Цыпина. М.: Юрайт, 2018. 203 с.
- Bazanova O.M., Nikolenko E.D., Barry R.J. Reactivity of alpha rhythms to eyes opening (the Berger effect) during menstrual cycle phases // Journal of Psychophysiology. 2008. No. 122. Pp. 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2017.05.001>
- Bazanova O.M., Vernon D. Interpreting EEG alpha activity // Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2014. No. 44. Pp. 94–110. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.05.007>
- Cacioppo J.T., Martzke J.S., Petty R.E., Tassinary L.G. By specific forms of facial EMG response index emotions during an interview: from Darwin to the continuous flow hypothesis of affect-laden information processing // Journal of Personality and Social Psychology. Vol. 54. No. 4. Pp. 592–604. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.54.4.592>
- Csikszentmihalyi M., Larson R. Validity and Reliability of the Experience-Sampling Method // Handbook of Flow and the Foundations of Positive Psychology. Dordrecht: Springer, First, 2014. Pp. 79–90. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9088-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9088-8_3)
- Ebie B.D. The effects of verbal, vocally modeled, kinesthetic, and audio-visual treatment conditions on male and female middle-school vocal music students' abilities to expressively sing melodies // Journal of Psychology of Music. 2004. No. 32. Pp. 405–417.
- Gruzelier J. EEG-neurofeedback for optimising performance. II: creativity, the performing arts and ecological validity // Journal of Psychophysiology. 2014. Vol. 93. No. 1. Pp. 96–104. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.11.004>
- Hale M. EMG Biofeedback of the Abductor Pollicis Bravis in Piano Performance // Journal of Biofeedback and Self Regulation. 1993. Vol. 18. No. 2. Pp. 67–77.
- Klimesch W., Sauseng P., Hanslmayr S. EEG alpha oscillations: the inhibition-timing hypothesis // Journal of Brain Research Review. 2007. No. 53. Pp. 63–88.
- Kraus E. Studying Music in the Federal Republic of Germany: Study Guide. Mainz – London – New York – Tokyo: Schott, 1982–1983. 65 p.
- Lazareva O.Y., Muravleva K.B., Skoraya M.V., Verevkin E.G., Bazanova O.M. The Influence of self-regulation technique on the efficiency of voluntary increasing alpha power training // International Journal of Psychophysiology. Vol. 85. No. 3. P. 344. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2012.06.146>
- Lehmann A.C. Acquired mental representations in music performance: anecdotal and preliminary empirical evidence. Oslo: Norwegian State Academy of Music, 1997. Pp. 141–163.
- Lehmann A.C., Platz F., Kopiez R., Wolf A. The influence of deliberate practice on musical achievement: a meta-analysis // Journal Frontiers in Psychology. 2014. No. 5. P. 646. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00646>

- Malmo R.B., Malmo H.P.* On electromyographic (EMG) gradients and movement-related brain activity: significance for motor control, cognitive functions, and certain psychopathologies // *International Journal of Psychophysiology*. 2000. No. 38. Pp. 143–207. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(00\)00113-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(00)00113-6)
- Merletti R.* Standards for Reporting EMG data // *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 1999. Vol. 9. No. 1. Pp. III–IV.
- Mierau A., Klimesch W., Lefebvre J.* State-dependent alpha peak frequency shifts: experimental evidence, potential mechanisms and functional implications // *Journal of Neuroscience*. No. 360. Pp. 146–154. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2017.07.037>
- Nagel T.* *The View From Nowhere*. Oxford University Press, 1986. 256 p. <https://doi.org/10.2307/2220404>
- Naito A., Sun Y.J., Yajima M., Fukamachi H., Ushikoshi K.* Electromyographic study of the elbow flexors and extensors in a motion of forearm pronation/supination while maintaining elbow flexion in humans // *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*. 1998. Vol. 186. No. 4. Pp. 267–777.
- Rheinberg F., Vollmeyer R., Engeser S.* Die Erfassung des Flow-Erlebens // *Handbook of Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept (Tests und Trends N.F. Bd. 2)* / ed. by J. Stiensmeier-Pelster, F. Rheinberg. Göttingen: Hogrefe, 2003. Pp. 261–279.
- Sterman M.B.* Physiological origins and functional correlates of EEG rhythmic activities: implications for self-regulation // *Journal of Biofeedback and Self Regulation*. 1996. No. 21 (1). Pp. 3–33. <https://doi.org/0.1007/bf02214147>

### **История статьи:**

Поступила в редакцию: 27 сентября 2019 г.

Принята к печати: 25 октября 2019 г.

### **Для цитирования:**

*Петренко Т.И., Базанова О.М., Кабардов М.К.* Перспективы использования биологической обратной связи для обучения музыкантов-исполнителей // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Психология и педагогика*. 2019. Т. 16. № 4. С. 495–516. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-1683-2019-16-4-495-516>

### **Сведения об авторах:**

*Петренко Татьяна Ивановна*, профессор кафедры фортепианного искусства Московского государственного института музыки имени А.Г. Шнитке (Москва, Россия). ORCID iD: 0000-0002-7799-9129, eLIBRARY SPIN-код: 4376-9550. E-mail: petrenkoti@yandex.ru

*Базанова Ольга Михайловна*, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории аффективной, когнитивной и трансляционной нейронауки Института физиологии и фундаментальной медицины (Новосибирск, Россия). ORCID iD: 0000-0002-7977-8100, eLIBRARY SPIN-код: 9237-2027. E-mail: bazanovaom@physiol.ru

*Кабардов Мухамед Канишбиевич*, доктор психологических наук, профессор, заведующий лабораторией дифференциальной психологии и психофизиологии, Психологический институт Российской академии образования (Москва, Россия). ORCID iD: 0000-0001-5787-3556. E-mail: kabardov@mail.ru



Research article

## Prospects for Using Adaptive Biofeedback to Train Musicians

Tatiana I. Petrenko<sup>1</sup>, Olga M. Bazanova<sup>2</sup>, Muhamed K. Kabardov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Moscow Schnitke State Institute of Music  
10 Marshala Sokolovskogo St., Moscow, 123060, Russian Federation

<sup>2</sup>Scientific Research Institute of Physiology & Basic Medicine  
4 Timakova St., Novosibirsk, 630117, Russian Federation

<sup>3</sup>Psychological Institute of Russian Academy of Education  
9 Mohovaya St., bldg. 4, Moscow, 125009, Russian Federation

**Abstract.** The use of biofeedback (BFB) technology becomes relevant for professional training of musicians to achieve success in psychomotor function control.

We compared two training approaches: 20–22 sessions of alpha-EEG/EMG biofeedback implication to increase the alpha-2 power while reducing the tension of the forehead muscles and sham biofeedback training. Fifty student musicians (18–28 years old) were divided randomly by age, gender, performing specialty, and individual EEG alpha-peak frequency (IAPF) into two groups. Music performance, state anxiety, self-actualization, nonverbal creativity, coefficient of finger movement optimality (Ko) and the efficiency of the single training session (E1) were evaluated before and after for both types of courses. We calculated the change of the EEG power in the individually adjusted alpha-2 range in the Pz and the integrated EMG power of the surface muscles of the forehead in response to finger movement.

Training with biofeedback improved music performance score, increased self-actualization, Ko, and E1 while reducing pre-stage anxiety. The students who received the sham biofeedback did not achieve such improvements. When using biofeedback, students with baseline low alpha-peak frequency (LF) showed a more significant increase in scores for music performance, Ko, and E1 than students with high alpha-peak frequency (HF). In LF students, the sessions without biofeedback did not change the studied parameters.

In this pilot placebo-controlled study, we demonstrated that achieving success in the optimal musical performance training depends on the baseline genetically determined IAPF and feedback implication from the EEG alpha-2 power and forehead muscle tone.

**Key words:** training; neurofeedback; music performance; alpha-activity of EEG; EMG of forehead muscles; individual alpha peak frequency (IAPF)

### References

- Anokhin P.K. (1973). Printsipial'nye voprosy obshchei teorii funktsional'nykh sistem. In P.K. Anokhin (Ed.), *Printsipy Sistemoi Organizatsii Funktsii* (pp. 5–61) Moscow: Nauka Publ. (In Russ.)
- Bazanova, O.M., & Aftanas, L.I. (2006). Uspeshnost' obucheniya i individual'nye chastotno-dinamicheskie kharakteristiki al'fa-aktivnosti EEG. *Vestnik RAMN*, (6), 30–43. (In Russ.)
- Bazanova, O.M., & Aftanas, L.I. (2008). Individual measures of electroencephalogram alpha activity and non-verbal creativity. *Neuroscience and Behavioral Physiology*, 38(3), 227–235. <https://doi.org/10.1007/s11055-008-0034-y>
- Bazanova, O.M., Alekseeva, M.V., Balioz, N.V., Muravleva, K.B., & Sapina, E.V. (2012). Issledovanie treninga proizvol'nogo uvelicheniya al'fa-moshchnosti EEG dlya uluchsheniya kognitivnoi dejatel'nosti. *Fiziologiya Cheloveka*, 38(1), 51–60. (In Russ.)

- Bazanova, O.M., Nikolenko, E.D., & Barry, R.J. (2017). Reactivity of alpha rhythms to eyes opening (the Berger effect) during menstrual cycle phases. *Journal of Psychophysiology*, 122, 56–64. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2017.05.001>
- Bazanova, O.M., & Vernon, D. (2014). Interpreting EEG alpha activity. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 44, 94–110. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.05.007>
- Bernshtejn, N.A. (1947). *O Postroenii Dvizhenij*. Moscow: Medgiz Publ. (In Russ.)
- Bernshtejn, N.A. (1966). *Ocherki po Fiziologii Dvizhenij i Fiziologii Aktivnosti*. Moscow: Medicina Publ. (In Russ.)
- Cacioppo, J.T., & Martzke, J.S., Petty, R.E., & Tassinary, L.G. (1988). By Specific forms of facial EMG response index emotions during an interview: From Darwin to the continuous flow hypothesis of affect-laden information processing. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(4), 592–604. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.54.4.592>
- Csikszentmihalyi, M., & Larson, R. (2014). Validity and Reliability of the Experience-Sampling Method. In *Flow and the Foundations of Positive Psychology* (pp. 79–90). Dordrecht: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-017-9088-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-94-017-9088-8_3)
- Druzhinin, V.N. (2007). *Psikhologiya Obshchikh Sposobnostei*. Saint Petersburg: Piter Publ. (In Russ.)
- Ebie, B. D. (2004). The effects of verbal, vocally modeled, kinesthetic, and audio-visual treatment conditions on male and female middle-school vocal music students' abilities to expressively sing melodies. *Journal of Psychology of Music*, (32), 405–417.
- Golubeva, E.A. (2005). *Sposobnosti, Lichnost', Individual'nost'*. Dubna: Feniks Publ. (In Russ.)
- Grigorev, V.Yu. (2006). *Ispolnitel' i Estrada*. Moscow: Mos. gos. kons. Publ., Magnitog. gos. kons. Publ. (In Russ.)
- Gruzelier, J. (2014). EEG-neurofeedback for optimising performance. II: creativity, the performing arts and ecological validity. *Journal of Psychophysiology*, 93(1), 96–104. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2013.11.004>
- Hale, M. (1993). EMG Biofeedback of the Abductor Pollicis Bravis in Piano Performance. *Journal of Biofeedback and Self Regulation*, 18(2), 67–77.
- Kabardov, M.K., Bazanova, O.M., Lebedev, A.N., & Kondratenko, A.V. (2011). Zavisimost' elektrofiziologicheskikh priznakov muzykal'no-ispolnitel'skikh sposobnostei ot vozrasta, pola i neirogumoral'nogo statusa. In *Sovremennoe Sostoyanie Differentsial'noj Psikhologii i Differentsial'noj Psihofiziologii: Proceedings of the Conference to the 115<sup>th</sup> Anniversary of B. Teplov* (pp. 57–59). Moscow: Psychological Institute of RAE Publ. (In Russ.)
- Kabardov, M.K., Simakova, I.N., Toropova, A.V., & Vasilevskaya, K.N. (2013). Psihofiziologicheskie indikatory muzykal'nosti. *Vestnik YUNESKO: Muzykal'noe Iskusstvo i Obrazovanie*, (3), 116–121. (In Russ.)
- Khanin, Yu.L. (1976). *Kratkoe rukovodstvo k shkale reaktivnoi i lichnostnoi trevozhnosti Ch.D. Spilbergera*. Leningrad: LNIIFK Publ. (In Russ.)
- Klimesch, W., Sauseng, P., & Hanslmayr, S. (2007). EEG alpha oscillations: The inhibition-timing hypothesis. *Journal of Brain Research*, (53), 63–88.
- Kraus, E. (1982–1983). *Studying Music in the Federal Republic of Germany: Study Guide*. Mainz, London, New York, Tokyo: Schott.
- Lazareva, O.Y., Muravleva, K.B., Skoraya, M.V., Verevkin, E.G., & Bazanova, O.M. (2012). The influence of self-regulation technique on the efficiency of voluntary increasing alpha power training. *International Journal of Psychophysiology*, 85(3), 344. doi: [10.1016/j.ijpsycho.2012.06.146](https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2012.06.146)

- Lehmann A.C. (1997). Acquired mental representations in music performance: anecdotal and preliminary empirical evidence (pp. 141–163). Oslo: Norwegian State Academy of Music.
- Lehmann, A.C., Platz, F., Kopiez, R., & Wolf, A. (2014). The influence of deliberate practice on musical achievement: A meta-analysis. *Journal Frontiers in Psychology*, 5, 646. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00646>
- Malisova, D.V., Petrenko, T.I., Kondratenko, A.V., & Bazanova, O.M. (2017). Al'fa EEG i EMG priznaki optimal'nosti muzykal'no-ispolnitel'skogo dvizheniya i postural'nyi kontrol'. *Materialy XXIII S''ezda Rossijskogo Fiziologicheskogo Obshchestva imeni I.P. Pavlova* (pp. 967–968). Voronezh: Voronezh State Medical University named after N.N. Burdenko. (In Russ.)
- Malmo, R.B., & Malmo, H.P. (2000). On electromyographic (EMG) gradients and movement-related brain activity: significance for motor control, cognitive functions, and certain psychopathologies. *International Journal of Psychophysiology*, 38, 143–207. [https://doi.org/10.1016/S0167-8760\(00\)00113-6](https://doi.org/10.1016/S0167-8760(00)00113-6)
- Malyh, S.B. (1997). Issledovaniya geneticheskoi determinatsii EEG cheloveka. *Voprosy Psihologii*, (6), 109–128. (In Russ.)
- Merletti, R. (1999). Standards for Reporting EMG data. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, (9), III–IV.
- Mierau, A., Klimesch, W., & Lefebvre, J. (2017). State-dependent alpha peak frequency shifts: Experimental evidence, potential mechanisms and functional implications. *Journal of Neuroscience*, 360, 146–154. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2017.07.037>
- Nagel, T., (1986). *The View From Nowhere*. Oxford: University Press. <https://doi.org/10.2307/2220404>
- Naito, A., Sun, Y.J., Yajima, M., Fukamachi, H., & Ushikoshi, K. (1998). Electromyographic study of the elbow flexors and extensors in a motion of forearm pronation/supination while maintaining elbow flexion in humans. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine*, 186(4), 267–777. <https://doi.org/10.1620/tjem.186.267>
- Osnitskii, A.K. (2010). *Psihologicheskie Mekhanizmy Samostoyatel'nosti*. Obninsk: IG-SOTSIN Publ. (In Russ.)
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R., & Engeser, S. (2003). Die Erfassung des Flow-Erlebens. In J. Stiensmeier-Pelster & F. Rheinberg (Eds.). *Handbook of Diagnostik von Motivation und Selbstkonzept (Tests und Trends N.F. Bd.2)* (pp. 261–279). Göttingen: Hogrefe.
- Sterman, M.B. (1996). Physiological origins and functional correlates of EEG rhythmic activities: implications for self-regulation. *Journal of Biofeedback and Self Regulation*, 21(1), 3–33. <https://doi.org/10.1007/bf02214147>
- Stukolkina, S. (2007). *Put' k Sovershenstvu. Dialogi, stat'i i materialy o fortepiannoi tekhnike*. Saint Petersburg: Kompozitor Publ. (In Russ.)
- Talalai, B.N. (1982). *Formirovanie Ispolnitel'skih (Dvigatel'no-Tekhnicheskikh) Navykov pri Obuchenii Igre na Muzykal'nyh Instrumentakh*. PhD in Education Thesis Abstract. Moscow. (In Russ.)
- Teplov, B.M. (2009). *Psihologiya i Psihofiziologiya Individual'nykh Razlichii: Selected Psychological Works*. Moscow: Moskovskii psikhologo-sotsial'nyi institute Publ.; Voronezh: NPO "MODEK" Publ. (In Russ.)
- Tsypin, G.M. (2018). *Psihologiya Tvorcheskoi Deyatel'nosti. Muzyka i Drugie Iskusstva*. Moscow: Yurait Publ. (In Russ.)

#### Article history:

Received: 27 September 2019

Revised: 23 October 2019

Accepted: 25 October 2019

**For citation:**

Petrenko, T.I., Bazanova O.M., & Kabardov, M.K. (2019). Prospects for Using Adaptive Biofeedback to Train Musicians. *RUDN Journal of Psychology and Pedagogics*, 16(4), 495–516. <http://dx.doi.org/10.22363/2313-1683-2019-16-4-495-516>

**Bio notes:**

*Tatiana I. Petrenko* is Professor, Department of Special Piano Schnitke Moscow State Institute of Music (Moscow, Russia). ORCID iD: 0000-0002-7799-9129, eLIBRARY SPIN-code: 4376-9550. E-mail: petrenkoti@yandex.ru

*Olga M. Bazanova*, Doctor of Biological Sciences, is chief researcher of the Laboratory of Affective, Cognitive and Translational Neuroscience at Scientific Research Institute of Physiology & Basic Medicine (Novosibirsk, Russia). ORCID iD: 0000-0002-7977-8100, eLIBRARY SPIN-code: 9237-2027. E-mail: bazanovaom@physiol.ru

*Muhammed K. Kabardov*, Doctor of Psychology, Professor, is head of the Laboratory of Differential Psychology and Psychophysiology at the Psychological Institute of the Russian Academy of Education (Moscow, Russia). ORCID iD: 0000-0001-5787-3556. E-mail: kabardov@mail.ru