

ЛИТЕРАТУРА

1. Вартапетова Н. В. Пособие по оценке качества перинатальной помощи в учреждениях родовспоможения, готовности к оказанию экстренной помощи, практических навыков специалистов. — М., 2009. — С. 37.
2. Вартапетова Н. В. // Врач и информационные технологии. — 2010. — № 5. — С. 27—32.
3. Каткова Н. Н. Состояние и перспективы развития акушерско-гинекологической помощи в Челябинском и Копейском городских округах // Проблемы демографии, медицины и здоровья населения России: история и современность: мат. 3-й междунар. науч.- практ. конф. — Пенза, 2006. — С. 90—92.
4. Радзинский В. Е. Акушерская агрессия. — М., 2011. — С. 3—5.
5. Светличная Т. Г., Цыганова О. А. // Социальные аспекты здоровья населения: электронный научный журнал. — 2011 (9). — № 1. <http://vestnik.mednet.ru/content/view/262/30/>.
6. Система управления качеством медицинского обслуживания в больницах Европейского Союза // Здравоохранение за рубежом. — 2007. — № 2 (август). — С. 49—52.

Контактная информация

Полунина Наталья Валентиновна — д. м. н., профессор, член-корреспондент РАМН, профессор кафедры общественного здоровья и здравоохранения, проректор РГМУ по стандартизации и качеству образования, e-mail: rsmu@rsmu.ru

УДК 612.213-07

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ МЕТОДИК БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАНДАРТИЗИРОВАННЫХ КРИТЕРИЕВ

А. Н. Долецкий, И. К. Исмаил-заде

*Волгоградский государственный медицинский университет,
кафедра нормальной физиологии*

Исследовалась возможность применения универсального алгоритма оценки эффективности адаптивного биоуправления на примере показателей биоэлектрической активности головного мозга, вегетативного тонуса и церебральной гемодинамики. Установлено, что учитывающая длительность отклонения регулируемого показателя от исходных значений характеристика позволяет стандартизировать оценку эффективности биоуправления с использованием различных физиологических показателей. Наиболее обоснованной является статистическая оценка выраженности отклонений, учитывающая среднеарифметические значения и среднеквадратическое отклонение (вариабельность) регулируемого показателя перед началом тренировок с биологической обратной связью. Обучение навыку дыхательного контроля позволяет наиболее эффективно модифицировать управляемые параметры при тренинге с биологической обратной связью.

Ключевые слова: адаптивное биоуправление, индивидуализированный подход.

COMPARISON OF BIOFEEDBACK METHODS WITH STANDARDIZED CRITERIA

A. N. Doletskiy, I. K. Ismail-zade

The possibility of a universal biofeedback algorithm effectiveness was evaluated. It was established that a variable rate of deviation from baseline characteristic allows a standardization evaluation of the biofeedback effectiveness. The most reasonable statistical estimate of the severity of deviations is a system taking into account mean values and standard deviation (variability) controlled rate before training with biofeedback. The development of respiratory control skills permits an effective modification of adjustable parameters in training with biofeedback.

Key words: adaptive biofeedback, neurofeedback, individualized criteria.

Основным условием для успешного применения адаптивного биоуправления с биологической обратной связью (БОС) является выбор адекватных критериев управления [9, 10]. Однако работы, использующие БОС, весьма неоднородны в методах оценки эффективности саморегуляции, что затрудняет оценку успешности БОС и потенциально способно приводить к искажению результатов (ошибочному повышению или понижению оценки эффективности тренинга) [6, 11].

Известно, что информационный аспект взаимодействия человек-машина в процессе сеансов БОС-тренинга обусловлен тем, что количество информации, объективно характеризующее динамику регулируемых процессов, может превышать пропускную способность оператора [3]. Для преодоления этой трудности методы предъявления информации об эффективности БОС-тренинга должны удовлетворять следующим требованиям:

- компактность информации;
- интегральность информации;
- возможность хранения выданной информации в течение определенного времени;
- наглядность;
- универсальность.

Вместе с тем, многочисленность используемых критериев оценки успешности и применение полиграфических способов представления результатов БОС затрудняет сравнительный анализ эффективности различных методик саморегуляции и игнорирует индивидуальную вариабельность используемого параметра [1, 4, 7]. Также отсутствие единого подхода к оценке эффективности процедур адаптивного биоуправления с БОС по характеризующим активность различных функциональных систем организма показателям затрудняет изучение механизмов различных способов немедикаментозной релаксации [13].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка универсальной методики оценки эффективности БОС-тренинга и сравнении успешности обучения различным методикам адаптивной саморегуляции с помощью БОС.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки изменения регистрируемых параметров в состоянии релаксации в 3 группах здоровых лиц молодого возраста проводилось последовательно 3 процедуры БОС-тренинга. В тренингах участвовали студенты (группа контроля) и 2 группы лиц с высоким риском возникновения стрессобусловленной дезадаптации (первая группа включала в себя психологов и врачей, вторая — сотрудников службы МЧС). В каждую группу входило 30 человек. Влияние очередности использования различных методик БОС-тренинга на их эффективность нивелировалась с помощью рандомизации методом последовательных номеров (табл. 1).

Частота сеансов в среднем составляла 2 в неделю, длительность каждого тренинга — 4,5 недели. По окончании тренингов проводилось сравнение характеристик биоэлектрической активности мозга, вегетативного статуса и церебральной гемодинамики до и после

сеансов биоуправления с использованием непараметрической статистики.

Для исключения артефактов и оценки эффективности биоуправления в режиме реального времени был использован оригинальный алгоритм, суть которого заключается в расчете медианы и стандартного отклонения управляемого параметра перед каждым сеансом БОС по результатам его предварительной трехминутной записи в спокойном состоянии [5]. При последующем БОС-тренинге эффективным считалось отклонение управляемого параметра от медианы фоновых значений на величину, превышающую два стандартных отклонения. Вероятность случайного отстояния параметра более чем на два стандартных отклонения от медианы составляет менее 5 % [2]. Таким образом, при обнаружении подобных отклонений с вероятностью в 95 % можно утверждать, что они неслучайны (что считается достаточным в большинстве биомедицинских исследований). С целью повышения специфичности методики проводилось выявление артефактов. Артефактом считалось изменение управляемого параметра за один кардиоцикл на величину, превышающую два стандартных отклонения. Данный алгоритм является достаточно простым и легко реализуемым в режиме реального времени практически на любом оборудовании, его применение возможно для обучения саморегуляции практически всех используемых в процессе БОС-тренингов параметров.

Эффективность всего сеанса биоуправления рассчитывалась как процент от общей длительности сеанса адаптивного биоуправления, во время которого наблюдалось отклонение управляемого параметра от фоновых значений не менее чем на 2 среднеквадратичных отклонения.

Таким образом, с помощью разработанных критериев определялась не только способность обследуемого произвольно изменять регулируемый параметр, но и возможность длительно сохранять достигнутый результат.

Для последующей обработки производилось укрупнение блоков анализируемых данных путем усреднения значений, полученных в трех сеансах БОС. Проводился анализ успешности биоуправления на 3 эта-

Таблица 1

Этапы и объем исследований

Параметры	Скрининг	Визит 1	Визит 1-9 БОС	Визит 10-18 БОС	Визит 19-27 БОС
Подписание информированного согласия, сбор анамнеза	90 чел.				
Оценка функционального состояния ЦНС (ЭЭГ), вегетативного статуса и (вариабельность сердечного ритма) и церебральной гемодинамики (РЭГ) в покое		90 чел.			
Проведение БОС-тренингов по показателям: биоэлектрической активности, вегетативного статуса и церебральной гемодинамики			30 чел. 30 чел. 30 чел.	30 чел. 30 чел. 30 чел.	30 чел. 30 чел. 30 чел.

пах. В соответствии с эффективностью освоения навыков адаптивного биоуправления этапы были обозначены как начальный этап, этапы усвоения и закрепления навыка. Такой подход является компромиссом между избыточностью данных при анализе каждого сеанса и значительной потерей информации при усреднении всех сеансов БОС. Кроме того, по данным ряда авторов, изменения регулируемого параметра в большинстве случаев обнаруживаются именно после трех-четырех сеансов [8, 12], что позволяет сгруппировать все сеансы БОС-тренинга в три блока по три сеанса каждый.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Изменения, возникавшие в процессе биоуправления по показателям биоэлектрической активности мозга (ЭЭГ-БОС), включали в себя снижение усредненных значений амплитуды высокочастотного диапазона бета-ритма ЭЭГ и увеличение продолжительности поддержания данного состояния до 9 % от времени тренинга. Результаты адаптивного биоуправления с БОС по показателям вариабельности сердечного ритма (ВСР-БОС) и тонуса крупных церебральных артерий по данным реоэнцефалографии (РЭГ-БОС) были значительно более стабильны — сниженные относительно исходных, регистрируемых перед каждым тренингом, значения сохранялись к концу обучения в среднем в течение 34 и 42 % времени соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Динамика успешности биоуправления в группе студентов, % ($M \pm \delta$, $n = 30$)

Этап	ЭЭГ-БОС Аср бета-2	ВСР-БОС ИН	РЭГ-БОС Кр_арт
1. Начальный	4 ± 1	11 ± 4	13 ± 9
2. Усвоения навыка	8 ± 5	21 ± 16	27 ± 17
3. Закрепления навыка	9 ± 3	34 ± 18	42 ± 21

В итоге проведенных 3 этапов биоуправления были достигнуты следующие результаты: у большинства успешных испытуемых снижение регулируемых показателей отмечалось уже на первом сеансе и стабильно присутствовало со второго; при анализе всех этапов отмечалась успешность прохождения БОС-тренинга, то есть изменения последовательно возрастали на трех этапах обучения.

В процессе тренингов с биологической обратной связью в группе контроля наблюдалось снижение активности в бета-2 диапазоне на $(19,4 \pm 11,3) \%$ ($M \pm \delta$), при этом испытуемые удерживали значения сниженными на протяжении $(9,1 \pm 3,1) \%$ от времени тренинга. Это свидетельствует о снижении выраженности активирующих процессов в центральной нервной системе.

Произвольное управление индексом вегетативного напряжения сопровождалось снижением ИН на $(30,6 \pm 10,21) \%$ и возможностью удержания отличающихся от предтренинговых значений в $(33,8 \pm 12,92) \%$ случаев, что соответствует уменьшению показателя активности симпатической нервной системы. Еще более выраженная динамика наблюдалась при управлении показателем Кр_арт на третьем этапе обучения адаптивному биоуправлению: снижение составляло в среднем $(45,5 \pm 20,68) \%$, а длительность успешной регуляции — $(42,2 \pm 20,6) \%$, что соответствует уменьшению тонуса церебральных артерий крупного калибра.

Вместе с тем, полученные оценки успешности отличались значительной вариабельностью, что явилось основанием для поиска критериев разделения обследуемых на группы по успешности освоения навыков произвольной регуляции исследуемых параметров. При проведении корреляционного анализа между успешностью обучения биоуправлению и значением регулируемого показателя была выявлена значимая корреляция средней силы (коэффициент ранговой корреляции Спирмена $R = 0,68$). Это свидетельствует о более выраженной успешности БОС-тренинга у лиц с высоким исходным значением регулируемого показателя. Проведение кластерного анализа по значениям суммарной длительности изменений регулируемых показателей позволило выделить группы, в которых к концу исследования средняя продолжительность изменения средней амплитуды высокочастотной биоэлектрической активности (Аср бета-2) составила 7,6, 4,3 и 1,2 %, индекса вегетативного напряжения (ИН) — 28,3, 13,9 и 4,2 % и тонуса крупных церебральных сосудов (Кр_арт) — 33,1, 7,9 и 1,0 % соответственно. По способности к обучению регуляции контролируемых показателей группы были обозначены как «высокообучаемые», «среднеобучаемые» и «низкообучаемые» соответственно.

Изменения регулируемых показателей в группах повышенного риска развития эмоциогенной дезадаптации в целом соответствовали динамике контролируемых параметров в группе студентов. Однако отмечался ряд отличий — менее выраженная успешность снижения ИН и Кр_арт в группе врачей и психологов на этапе закрепления навыка биоуправления, достигавшая 21,1 и 23,5 % соответственно (рис. 1). Также в группе сотрудников МЧС отмечалось преобладание эффективности управления выраженностью ИН над произвольной регуляцией остальными показателями. При этом в данной группе эффективность снижения амплитуды биоэлектрической активности мозга достоверно не отличалась от контрольной группы, а эффективность уменьшения тонуса крупных церебральных сосудов оказалась значительно сниженной ($p = 0,016$).

При проведении корреляционного анализа между успешностью обучения биоуправлению и значением регулируемого показателя была выявлена значимая корреляция средней силы в 1 и 2 группах риска ($R = 0,59$ и $R = 0,63$, соответственно). Это свидетель-

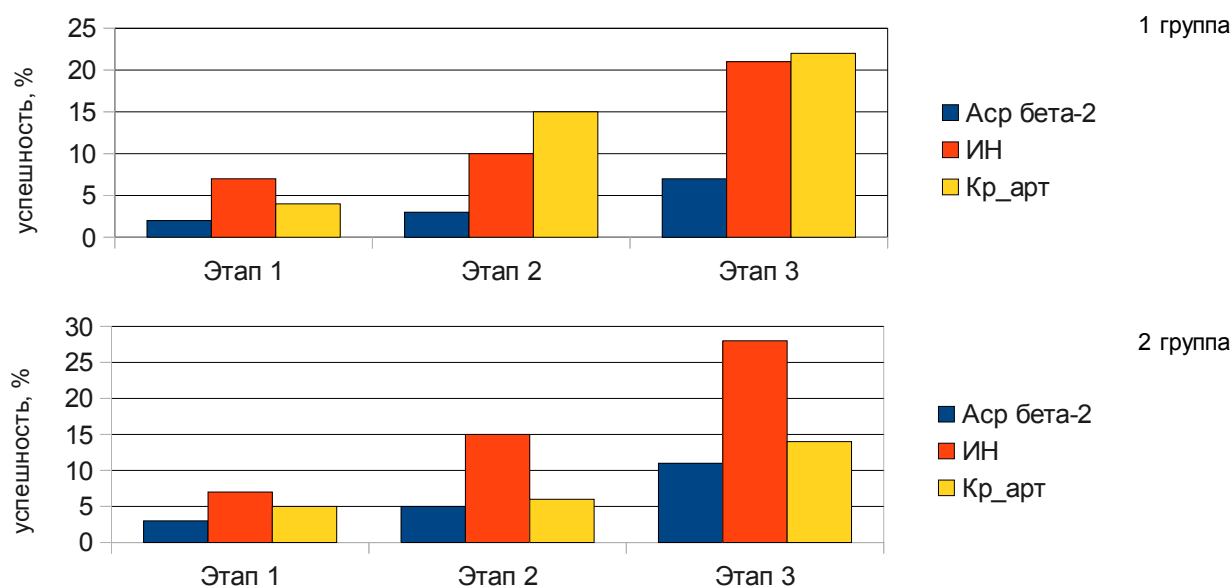


Рис. Динамика эффективности биоуправления в группах повышенного риска развития стрессобусловленной дезадаптации. 1 группа — врачи, психологи; 2 группа — сотрудники МЧС

ствуется о более выраженном эффекте БОС у лиц с исходно высоким значением регулируемого показателя.

Полученные нами результаты свидетельствовали о зависимости успешности БОС-тренинга от исходного уровня регулируемого показателя: чем выше исходная активность физиологического состояния, тем легче происходит ее уменьшение в процессе тренинга.

Результаты оценки эффективности адаптивного биоуправления в группах контроля и риска развития стрессобусловленной дезадаптации свидетельствуют о менее выраженной успешности управления мощностью биоэлектрической активности мозга (так называемого нейробиоуправления) и тонусом церебральных сосудов в группах риска. Во всех группах на начальном этапе обучения биоуправлению отмечается более высокая эффективность управления индексом вегетативного напряжения. Данная особенность может отражать вовлечение дыхательного механизма управления. При увеличении респираторной синусовой аритмии закономерно происходит снижение ИН, что помогает быстрее осваивать именно обучение биоуправлению по показателю индекса вегетативного напряжения на начальном этапе БОС-тренинга [14].

Вместе с тем, на последующих этапах усвоения и закрепления навыка повышение эффективности управления между показателями нейродинамики и церебральной гемодинамики более выражено в группе контроля. Данная особенность, наиболее вероятно, связана с психофизиологическими особенностями групп риска, заключавшимися в более быстром угасании интереса к методике, снижением комплаентности при отсутствии быстро достижимого результата в группах работающих лиц.

Таким образом, в процессе БОС-тренингов происходила нормализация параметров, отражающих амплиту-

ду высокочастотной биоэлектрической активности, выраженность симпатических влияний на сердечную деятельность и тонус крупных церебральных артерий. Это свидетельствовало о снижении активации в структурах лимбико-ретикулярного комплекса и симпатических влияний на сердечно-сосудистую систему. Происходило уменьшение величины регулируемых показателей, тем более успешное, чем выше были их исходные значения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Необходимо учитывать исходный уровень регулируемого параметра для прогнозирования эффективности адаптивного биоуправления. При этом необходимо проводить сопоставление показателя как с уровнем физиологической нормы и оценивать его исходную вариабельность.

2. Сравнительная оценка эффективности адаптивного биоуправления в группе повышенного риска развития стрессобусловленной дезадаптации свидетельствует о большей выраженности способности к управлению показателями вегетативного тонуса, чем мощности биоэлектрической активности мозга и тонуса церебральных сосудов. Обучение навыку дыхательного контроля позволяет наиболее эффективно модифицировать управляемые параметры при тренинге с биологической обратной связью.

3. Наибольшую эффективность имеет адаптивное биоуправление исходно повышенными и имеющими высокую вариабельность параметрами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Базанова О. М. Индивидуальные характеристики альфа-активности и сенсомоторная интеграция: автореферат дис. ... д. б. н. — Новосибирск, 2009. — 42 с.
2. Боровиков В. П. Statistica. Искусство анализа данных на компьютере. — СПб.: Питер, 2003. — 688 с.

3. Бразовская Н. Г. // Бюллетень сибирской медицины. Прил. 1. — 2005. — Т. 4. — С. 194.
4. Джафарова О. А. и др. // Известия Южного федерального университета. Технические науки. — 2000. — Т. 18, № 4. — С. 12—15.
5. Долецкий А. Н. // Современные наукоемкие технологии. — 2007. — № 1. — С. 76—77.
6. Мажирова К. Г. Личностные особенности и динамика саморегуляции в процессе игрового биоуправления: автореф. ... к. м. н. — Новосибирск, 2009. — 23 с.
7. Мажирова К. Г., Джафарова О. А., Фрезе В. Р. // Бюллетень сибирской медицины. — 2010. — Т. 9, № 2. — С. 119—124.
8. Садчикова О. А. Патогенетические принципы использования метода биологической обратной связи в лечении расстройств адаптации: Дис. ... к. м. н. — СПб., 2005. — 115 с.
9. Сороко С. И., Трубаев В. В. Нейрофизиологические и психофизиологические основы адаптивного биоуправления. — СПб.: Политехника-сервис, 2010. — 594 с.
10. Шемятенков В. Н., Кашкина Е. И., Ошменская Г. В. Психосоматические аспекты язвенной болезни: биорегуляция. — Издательство Саратовского медицинского университета, 2001. — 132 с.
11. Hammond D. C. // Journal of Neurotherapy. — 2011. — Vol. 15, № 4. — P. 305—336.
12. Overhaus S., et al. // Int-J-Behav-Med. — 2003. — Vol. 10, № 1. — P. 10 (1). — P. 66—78.
13. Sebastiani L., et al. // Arch Ital Biol. — 2005. — Vol. 143, № 1. — P. 1—12.
14. Wang S., et al. // Journal of Alternative and Complementary Medicine. — 2010. — Vol. 16, № 10. — P. 1039—1045.

Контактная информация

Долецкий Алексей Николаевич — к. м. н., ассистент кафедры нормальной физиологии, Волгоградский государственный медицинский университет, e-mail: andoletsky@gmail.com

УДК 612.82:57

НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ НЕМЕДИКАМЕНТОЗНОЙ РЕЛАКСАЦИИ

А. Н. Долецкий, И. В. Хвастунова, Р. Е. Ахундова, А. А. Мигулина

Волгоградский государственный медицинский университет

Проводилась регистрация биоэлектрической активности головного мозга в нервной, дыхательной и сердечно-сосудистой системах в процессе адаптивного биоуправления с биологической обратной связью и медитации. Выполнялась регистрация сверхмедленной нервной и сердечно-сосудистой деятельности в диапазоне от 0,07 до 1 Гц. К записям применялись узкополосные фильтры, включавшие альфа, бета- и тета-диапазоны. Решалась обратная задача ЭЭГ за счет локализации источников биоэлектрической активности мозга в исследуемых диапазонах (с использованием программы BrainLoc 6.0). Установлено участие различных структур мозга в реализации поведенческих стратегий в группах обучившихся различным видам самоуправления. Полученные результаты свидетельствуют, что механизм биологической обратной связи включает синхронизацию частоты дыхания, электрической активности головного мозга, сердечных сокращений и сосудистого тонуса. Происходит увеличение активности в вовлеченных в резонансный ответ структурах (ядра таламуса, сосудодвигательного и дыхательного центров).

Ключевые слова: адаптивное биоуправление, физиологический резонанс, сверхмедленная активность.

NEUROPHYSIOLOGICAL MECHANISMS OF RELAXATION

A. N. Doletskiy, R. E. Akhundova, I. V. Khvastunova, A. A. Migulina

Cerebral activity and infraslow activity in the nervous, respiratory and circulatory systems during biofeedback of cerebral hemodynamic parameters and meditation were studied. Infraslow nervous and cardiovascular activity was registered within a range between 0,07 and 1 Hz. Each EEG record was filtrated in the alpha 1—3, beta and theta bands. The inverse EEG problem was solved by localizing the sources of brain activity in filtering ranges (BrainLoc v.6.0 was used). We revealed an involvement of different brain structures in the implementation of behavioral strategies in different types of groups trained to self-government, suggesting different mechanisms to achieve the final result. The results suggest that the mechanism of biofeedback including synchronization of the respiratory rate, brain activity, heart rate and vascular tone frequencies. This resulted in an increased activity in the involved resonant response structures (thalamic pacemaker structures, vasomotor nuclei and respiratory centers).

Key words: adaptive biofeedback, physiological resonance, infraslow oscillations.

Одним из наиболее перспективных немедикаментозных способов психической саморегуляции и релаксации, не связанным с фармакологическим воздействием, является метод обучения самоуправлению и способности к релаксации с помощью биологической обратной свя-

зи (БОС). Согласно представлениям некоторых исследователей, методики биоуправления основаны на эффекте суммации предощущения (субсенсорного ощущения) с изоморфным раздражителю сигналом биологической обратной связи. Возникает феномен прироста интенсивнос-