

УДК 612.8:612.133.33:612.821

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ ДЛЯ ПРОГНОЗА УСПЕШНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ТОНУСОМ МОЗГОВЫХ СОСУДОВ С ПОМОЩЬЮ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗИ**

**А.Н. Долецкий**

*Кафедра нормальной физиологии ВолГМУ*

Проводилась проверка гипотезы о зависимости успешности управления тонусом церебральных сосудов с биологической обратной связью от индивидуальных нейрофизиологических особенностей человека. Проведенное исследование показало наличие межгрупповых различий по амплитуде дельта-активности и индексу мощности дельта- и альфа-ритмов электроэнцефалограммы (ЭЭГ), а также по амплитуде волны Р3 когнитивных вызванных потенциалов.

Биологическая обратная связь (БОС) используется в настоящее время для повышения адаптации и коррекции регуляторных дисфункций. Как и любой другой метод, БОС имеет свои

показания и противопоказания, а также выраженные индивидуальные различия эффективности [1, 12]. Однако в отношении биоуправления с обратной связью по показателям тонуса церебральных сосудов критерии прогнозирования эффективности отсутствуют. При том, что БОС-тренинг требует больших временных затрат, неэффективное использование может привести к дискредитации метода.

### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Найти критерии прогнозирования успешности обучения произвольного управления тонусом мозговых сосудов с использованием БОС.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Успешность произвольной регуляции тонуса церебральных сосудов определялась у 42 испытуемых. Дизайн исследования разрабатывался, исходя из общих рекомендаций по проведению тренингов с БОС [7]. С каждым обследуемым проводилось 9 еженедельных сеансов биоуправления. Сеанс состоял из 5–10 трехминутных сессий с отдыхом в течение одной минуты после сессии. Перед началом сеансов БОС все обследуемые получали стандартную инструкцию, в которой ставилась задача найти и закрепить такое состояние, при котором происходит уменьшение величины интегрального показателя мозгового кровотока (ИПК), что свидетельствовало о гипотензивной реакции резистивных артерий головного мозга [4]. Об эффективности выполнения задания тестируемый узнавал по изменению положения и цвета линии, предъявляемой на экране компьютера в режиме реального времени.

Для объективной характеристики обследуемых предварительный проводился комплекс исследований, который можно разделить на три группы: регистрация характеристик биоэлектрической активности мозга; определение параметров психоэмоциональной сферы; выявление особенностей вегетативного реагирования.

Исследование биоэлектрической активности проводилось с помощью электроэнцефалограммы (ЭЭГ) и метода когнитивных вызванных потенциалов (ВП), используемого в качестве объективной оценки кратковременной памяти, способности к обработке информации, уровня внимания [3, 7]. Регистрация осуществлялась с помощью полиграфа "Энцефалан-131" (Медиком, г. Таганрог) в состоянии покоя при наложении электродов по международной системе "10–20". Проводился анализ топографических карт, рассчитывались усредненные амплитудно-частотные характеристики в пределах основных частотных диапазонов. Запись ВП осуществлялась при подаче звуковых стимулов, анализировались амплитудные и временные характеристики ответа в центральном отведении (Pz). Достоверность различий проверялась с помощью непараметрического *U*-критерия Манна-Уитни для несвязанных выборок.

Для определения параметров психоэмоциональной сферы нами использовались личностный опросник Айзенка, методика многостороннего исследования личности (MMPI), цветовой тест Люшера, опросник для определения уровня внушаемости [4, 5]. На основании всех перечисленных методик представлялось возможным создать развернутую характеристику личности исследуемого, описывающую не только психоэмоциональное состояние в данный момент, но и позволяющую судить о врожденных характерологических особенностях.

Оценка вегетативной реактивности проводилась с помощью проведения вариационной пульсометрии [1].

Для получения групп обследуемых, максимально различающихся между собой по способности к саморегуляции тонуса церебральных сосудов, был использован кластерный анализ методом *K*-средних. В качестве кластеризующих факторов были выбраны значения продолжительности изменений интегрального показателя мозгового кровотока на всех этапах БОС-тренинга.

Для выявления различий между кластерами использовался метод попарного сравнения несвязанных выборок, позволяющий свести к минимуму влияние на анализируемую связь остальных показателей.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют о возможности разделения всех лиц по способности к обучению регуляции тонуса церебральных сосудов на группы "высокообучаемых", "среднеобучаемых" и "низкообучаемых" (см. табл.).

Группы с различной успешностью БОС не отличались по подавляющему большинству психологических параметров. Значимыми оказались только более высокие результаты по шкале гипертимности (Ma) MMPI у "высокообучаемых" лиц по сравнению с лицами, показавшими среднюю обучаемость управлению тонусом мозговых сосудов с биологической обратной связью. У лиц первой группы отмечается также тенденция к преобладанию более высоких значений Ma (нижний квартиль (НК), медиана (Ме) и верхний квартиль (ВК) составили 66,5; 71,5 и 75,5 баллов соответственно) по сравнению с группой низкообучаемых (НК = 55,0; Ме = 68,0; ВК = 75,0 баллов), не достигающая, однако, уровня значимости. Повышенные значения по шкале Ma в первой группе свидетельствуют о том, что для лиц этого типа характерны эмоциональная яркость, реалистическое, образное мышление и отсутствие приверженности к жесткой схеме [5].

Полученные в результате амплитудно-частотного анализа ЭЭГ данные, представленные в таблице, свидетельствовали о наличии достоверных различий характера суммарной биоэлектрической активности мозга в группах с различной успешностью обучения управлению тонусом мозговых сосудов в процессе БОС-тренингов. Наибольшие межгрупповые различия наблюдались по амплитуде активности в дельта-диапазоне. При этом первая группа (состоящая из лиц, наиболее успешно освоивших управление церебральным сосудистым тонусом с БОС) характеризовалась наименьшей амплитудой дельта-волн (НК = 40; Ме = 40; ВК = 45 мкВ), а наибольшая выраженность активности в данном частотном диапазоне отмечалась в группе исследуемых, имевших умеренную успешность освоения навыков саморегуляции с БОС (НК = 110; Ме = 145; ВК = 165 мкВ). Подобные межгрупповые различия были отмечены и в отношении индекса

Показатели выраженности основных личностных характеристик у лиц с различной успешностью обучения БОС по параметрам церебральной гемодинамики

Показатели	Высокообучаемые (n = 8)			Среднеобучаемые (n = 19)			Низкообучаемые (n = 15)			P-уровень
	НК	Me	ВК	НК	Me	ВК	НК	Me	ВК	
ИПК до тренинга, усл.ед.	110,7	132,6	146,4	141,7	152,4	176,9	132,5	148,9	165,6	–
длительность изменения ИПК, %	7,9	25,1	38,4	5,0	7,9	8,3	1,0	0,4	2,4	$p_{1-3} = 0,0005$ $p_{2-3} = 0,0005$
<i>ММРІ</i>										
Ma	66,5	71,5	75,5	58,0	63,0	68,0	55,0	68,0	75,0	$p_{1-2} = 0,04$
<i>ЭЭГ</i>										
Амплитуда дельта-ритма, мкВ	40,0	40,0	45,0	110,0	145,0	165,0	70,0	80,0	110,0	$p_{1-2} = 0,021$ $p_{1-3} = 0,006$
Мощность дельта-ритма, %	19,1	29,1	42,3	62,0	63,4	65,4	30,4	50,1	66,4	$p_{1-2} = 0,021$
Мощность альфа-ритма, %	28,4	46,2	62,0	10,4	11,3	15,0	17,4	30,2	42,4	$p_{1-2} = 0,034$ $p_{2-3} = 0,033$
<i>Когнитивные вызванные потенциалы</i>										
Латентность РЗ, мсек.	300,0	309,5	322,0	288,0	306,0	306,0	300,0	347,0	400,0	–
Амплитуда РЗ, мкВ	4,3	5,3	9,7	3,9	3,9	4,7	5,5	8,0	12,5	$p_{2-3} = 0,027$

Примечание. НК – нижний квартиль, Me – медиана, ВК – верхний квартиль.

мощности дельта-волн, отражающего вклад ритмов в данном частотном диапазоне в формирование биоэлектрической активности. Альфа-активность, наоборот, преобладала по мощности в первой группе (НК = 28,4; Me = 46,2; ВК = 62,0 % соответственно). Наименьшая выраженность мощности альфа-активности отмечалась во второй группе (НК = 10,4; Me = 11,3; ВК = 15,0 %). Лица, относящиеся к третьей группе ("низкообучаемые") по выраженности всех перечисленных характеристик биоэлектрической активности занимали промежуточное положение, что свидетельствует о нелинейном характере связи успешности обучения управлению тонусом церебральных сосудов с БОС и особенностями биоэлектрической активности мозга.

Проведенное исследование когнитивных вызванных потенциалов показало недостоверное превышение латентности пика РЗ в группе "низкообучаемых" по сравнению с остальными группами. Также отмечалось достоверное различие амплитуды волны РЗ в "низкообучаемой" группе по сравнению с исследуемыми, имевшими средний уровень успешности освоения навыков саморегуляции с БОС ( $P = 0,027$ ). Лица, относящиеся к первой группе ("высокообучаемые"), по выраженности амплитуды компонента РЗ занимали промежуточное положение. Одновременное увеличение латентности и амплитуды РЗ свидетельствует об относительном затруднении процессов дифференцировки и опознания сигналов, снижении уровня внимания в группе "неуспешных" [7].

Результаты анализа вариационной пульсометрии свидетельствуют о наличии недостоверной тенденции к повышению таких показателей

вариабельности сердечного ритма, как индекс вегетативной регуляции (ИВР), индекс напряжения (ИН) в группах лиц с умеренной и низкой успешностью освоения навыков управления параметрами церебральной гемодинамики с БОС. Так, например, ИН в группе "высокообучаемых" варьировал в диапазоне от 17,5 до 102,8 усл. ед. Для "среднеобучаемых" лиц границы вариабельности показателя составили 37,6 и 247,8 усл. ед., а для "низкообучаемых" – 20,7 и 294,9 усл. ед. соответственно. Обращает на себя внимание тот факт, что верхняя граница изменчивости показателя ИН в двух последних группах выходит за верхнюю границу "условной нормы", равную 150 усл. ед. (Р.М. Баевский, Г.Г. Иванов, 2000). Следовательно, наблюдается тенденция к относительному преобладанию активности симпатической нервной системы в группах лиц с умеренной и низкой успешностью освоения навыков самоуправления с БОС по показателям тонуса церебральных сосудов. При выполнении ортостатической пробы во всех группах происходило увеличение активности симпатической нервной системы, характеризующееся увеличением значений параметров ЧСС, ИВР, ИН. При этом наиболее выраженные сдвиги отмечались в группе "высокообучаемых", для которой было характерно исходно меньшее напряжение симпатического отдела вегетативной нервной системы. Однако межгрупповые различия, как и при регистрации в состоянии покоя, не достигали уровня статистической значимости. Следовательно, использование показателей активности вегетативной нервной системы для индивидуального прогнозирования успешности обучения управлению тонусом церебральных сосудов с БОС представляется целесообразным.

Таким образом, анализ информативности нейрофизиологических характеристик, параметров психоэмоциональной сферы и особенностей вегетативного реагирования позволил рекомендовать для прогнозирования успешности обучения управлению тонусом церебральных сосудов с БОС лишь часть из них. В целом отмечается ограниченная значимость личностных психологических характеристик (за исключением гипертимности) и параметров вегетативной реактивности для прогнозирования степени успешности БОС-тренингов у здоровых лиц. Проведенное исследование показало наличие межгрупповых различий по выраженности гипертимности, амплитуды дельта-активности и индекса мощности дельта- и альфа-ритмов, а также по амплитуде волны Р3 когнитивных вызванных потенциалов.

Преобладание в спектре ЭЭГ обследуемых первой группы активности в альфа- и бета-диапазонах и слабая выраженность пространственной синхронизации биопотенциалов характерны для формирования более адекватных условий протекания информационных процессов [7]. Данные изменения могут свидетельствовать об активации таламических пейсмейкерных клеток [11]. Наличие сходных изменений биоэлектрической активности мозга, отмечаемых при БОС по параметрам ЭЭГ, позволяет предположить общность механизмов реализации данных видов биоуправления с обратной связью, заключающихся в изменении уровня функционирования лимбических структур [8].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, учет индивидуальных нейрофизиологических особенностей человека открывает более широкие перспективы для прогнозирования и возможности целенаправленного

использования метода биологической обратной связи по параметрам мозговой гемодинамики. При определении способности к обучению произвольному управлению параметрами церебральной гемодинамики прогностически значимыми являются амплитуда дельта-активности и индекс мощности дельта- и альфа-ритмов электроэнцефалограммы, амплитуда когнитивных вызванных потенциалов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риска развития заболеваний. – М.: Медицина, 1997. – 233 с.
2. Боксер О.Я. // Физиол. человека. – 1994. – Т. 20, № 2. – С. 5–16.
3. Гнездицкий В.В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 1997. – 252 с.
4. Давыдов А.А., Ковалева Н.И., Иванова Я.А. // Новые материалы и методы в медицине: сб. науч. статей. – Волгоград, 1995. – Т. 51, вып. 2. – С. 86–87.
5. Деларю В.В., Тамбиева Р.А. Методики изучения личности. – Кисловодск, 1998. – 114 с.
6. Долецкий А.Н., Кудрин Р.А. // Эколого-физиологические проблемы адаптации: матер. X Междунар. симп. – М., 2001. – С. 168–169.
7. Щекутьев Г.А. Нейрофизиологические исследования в клинике. – М.: Антидор, 2001. – 232 с.
8. Abarbanel A. // Journal of Neurotherapy. – 1995. – № 2. – P. 15–38.
9. Higuchi S., Liu Y., Yuasa T., et al. // Chronobiol Int. – 2000. – № 5. – P. 669–78.
10. Hunyor S.N., Henderson R.J., Lal S.K., et al. // Hypertension. – 1997. – № 6. – P. 1225–1231.
11. Lubar J.F. // Applied Psychophysiology and Biofeedback. – 1997. – № 2. – P. 111–126.
12. Wickramasekera I. // Applied Psychophysiology and Biofeedback. – 1999. – № 2. – P. 91–105.

Doletzky A.N. Use of neurophysiologic criteria to predict succes of managing tone of cerebral vessels through biofeedback // Vestnik of Volgograd State Medical University. – 2005. – № 2. – P. 8–11.

The check of a hypothesis about the dependence of success full biofeedback management of cerebral vessel tonus on individual neurophysiological features was carried out. The research Revealed intergroup distinctions in a delta-activity amplitude, index of delta and alfa-rhythms capacity on EEG and amplitude of a cognitive evoked potentials.