

КОГНИТИВНАЯ НАУКА В МОСКВЕ 2015

**КОГНИТИВНАЯ НАУКА
В МОСКВЕ: НОВЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ**

**МАТЕРИАЛЫ
КОНФЕРЕНЦИИ**



2015

Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман

ISBN 978-5-4465-0705-4



9 785446 507054 >

ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСВОЕНИЯ ПАЦИЕНТАМИ С ДВИГАТЕЛЬНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ ТЕХНОЛОГИИ «ИНТЕРФЕЙС МОЗГ-КОМПЬЮТЕР, ОСНОВАННЫЙ НА ПРЕДСТАВЛЕНИИ ДВИЖЕНИЙ» (ПИЛОТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ)⁴¹

Перепелкина О.С. * (1,3), Васильев А.Н. (2,3), Либуркина С.П. (2,3), Ганин И.П. (2,3), Каплан А.Я. (2)

neptizzza@gmail.com

1 — кафедра нейро- и патопсихологии МГУ им. М.В. Ломоносова; 2 — лаборатория нейрофизиологии и нейро-компьютерных интерфейсов МГУ им. М.В. Ломоносова; 3 — РНИМУ им. Н.И. Пирогова

Аннотация. В данной работе описано исследование успешности освоения технологии «интерфейс мозг-компьютер (ИМК), основанный на представлении движений», пациентами с моторной дисфункцией верхних конечностей (после спинальных травм и инсульта головного мозга). Целью этого пилотного исследования был поиск психологических предикторов успешности работы в данном типе ИМК, для чего было проведено тестирование эмоциональной, мотивационно-личностной и когнитивной сфер у пациентов. Значимой связи между успешностью освоения ИМК и тревогой, депрессией, когнитивными нарушениями и мотивационно-личностными особенностями выявлено не было. Эффективность освоения технологии статистически значимо снижают различные функциональные состояния, например, такие как усталость и чувство истощенности.

Ключевые слова: интерфейс мозг-компьютер, моторное воображение, психологические предикторы, двигательные нарушения

Введение

Технология «интерфейс мозг-компьютер» (ИМК) представляет собой уникальную парадигму взаимодействия с окружающей средой, при которой активность головного мозга может напрямую считываться и передаваться на исполнительные устройства без участия мышц. ИМК, основанный на представлении движений, используется в рамках комплексных программ постинсультной реабилитации (Page et al., 2007; Caria et al., 2011; Каплан и др., 2013). В таких интерфейсах человек создает управляющий сигнал для ИМК при помощи сознательного воображения движений тех или иных частей тела. Подобное моторное представление вызывает в мозге паттерны электрической активности, сходные с таковыми для реальных движений (Poggio et al., 1996). Меха-

⁴¹ Работа выполнена при частичной поддержке РНИМУ им. Н.И. Пирогова.

низм возникновения такой реакции, по-видимому, обусловлен включением контуров программирования движений в премоторных, моторных и соматосенсорных областях коры.

Данное исследование было направлено на адаптацию методик классического интерфейса мозг-компьютер, основанного на представлении движений, для использования его пациентами с двигательными нарушениями неврологического происхождения. Было проведено клико-психологическое тестирование пациентов с целью выявления взаимосвязи эффективности освоения технологии пациентами с различными психологическими параметрами.

Методика

Испытуемые. В исследовании приняло участие 17 пациентов с моторной дисфункцией верхних конечностей: 11 со спинальными травмами (ТБСМ) уровня С7–С3 (10 мужчин, средний возраст 28.2 ± 7.6) и 6 больных с диагнозом «инсульт головного мозга» (ОНМК) (4 мужчин, средний возраст 60.4 ± 7.4). Все пациенты подписали добровольное Информированное согласие на участие в исследовании.

Процедура. Количество сессий для каждого пациента варьировало от 2 до 10 (в среднем 5.5 ± 2.5). Каждая сессия (60–90 мин.) состояла из нескольких тренировочных записей, в ходе которых испытуемый в ответ на визуальный стимул, предъявляемый на мониторе, выполнял задание на мысленное представление движения, чередовавшееся с задачей «зрительного внимания» (при которой испытуемый рассматривал абстрактное изображение на мониторе). В исследовании использовались следующие типы заданий моторного представления: кинестетическое представление движений собственных рук (фаланг пальцев, движений в кистях, локтевом и плечевом суставах), кинестетическое представление движений ног (бедер и стоп); для контроля использовалась ментальная задача представления музыки, в ходе которого необходимо было мысленно воспроизводить знакомую мелодию.

Регистрация ЭЭГ. Во время исследования велась запись электроэнцефалограммы (ЭЭГ) при помощи оборудования BrainVision actiChamp (Brain Products GmbH, Германия), а также 30 Cl/Ag электродами, расположенными в соответствии с системой 10–10. Обработка ЭЭГ сигнала велась в программе MATLAB 8.3 (MathWorks).

Анализ эффективности освоения методики. Проводилось сравнение спектральных характеристик паттернов в активном состоянии (представление движения) и фоновом состоянии (задача зрительного внимания). Анализировались два основных параметра сигнала ЭЭГ: пространственное распределение паттернов (позволяющее оценивать локализацию активации моторных структур) и их выраженность. Выраженность пат-

тернов определялась по изменению частотных характеристик (спектров) ЭЭГ при исследуемых состояниях. Статистические характеристики выраженности паттерна использовались в качестве оценки эффективности результатов тренировочных сессий и их сравнения для испытуемых.

Клинико-психологические методики. Пациенты, участвующие в исследовании, прошли психологическое тестирование. Были использованы следующие группы методик: 1) исследование эмоциональной сферы — шкала ситуативной тревожности Спилбергера-Ханина (Ханин, 1976), гериатрическая шкала депрессии (Захаров, Вознесенская, 2013) для диагностики депрессии у пожилых людей, самоопросник депрессии CES-D (Маркин, 2007) для скринингового выявления депрессивного расстройства у пациентов более молодого возраста; 2) исследование мотивационно-личностной сферы — опросник мотивации достижения Мехрабиан (Шапкин, 2000), личностный опросник Айзенка ЕРІ (Русалов, 1992); 3) исследование когнитивной сферы проводилось с помощью комплексного скринингового нейропсихологического обследования по методике КНОКС (КНОКС, Тонконогий, 2011); 4) также проводилась оценка динамики степени субъективной комфортности переживаемого человеком функционального состояния до и после экспериментальной сессии с помощью методики Шкала состояний (Леонова, Кузнецова, 2007). Статистический анализ проводился в программе STATISTICA 10.0. Достоверность различий оценивалась с помощью *U*-критерия Манна-Уитни и критерия Вилкоксона; наличие связи — с помощью коэффициента корреляции Спирмена.

Результаты и выводы

При анализе посессионной динамики параметров эффективности у пациентов, посетивших 3 и более сессий (13 человек), были выявлены 4 условные группы испытуемых: 1) с изначально высокой эффективностью, слабо изменяющейся с увеличением количества сессии (5 человек, 39 %); 2) со стабильно низкой эффективностью, флуктуирующей во времени (2 человека, 15 %); 3) с изначально высокой или средней эффективностью, ухудшающейся со временем (3 человека, 23 %); 4) с изначально низкими или средними результатами, улучшающимися по мере увеличения количества тренировок (3 человека, 23 %).

Результаты *клинико-психологических методик* продемонстрировали, что и среди пациентов, перенесших инсульт, и среди спинальных пациентов, были пациенты с легкой (5 чел.), умеренной (2 чел.) и сильной депрессией (3 чел.); высоким (7 чел.) и очень высоким (3 чел.) уровнем ситуативной тревожности. Однако статистической связи эмоциональных особенностей (по шкале Спилбергера-Ханина и шкалам депрессии) с эффективностью освоения технологии выявлено не было. Мотивационно-

личностные особенности (по методикам Мехрабиана и Айзенка) также не внесли статистически значимого вклада в успешность освоения. Когнитивные нарушения по результатам скринингового нейропсихологического обследования (КНОКС) были выявлены только у нескольких постинсультных пациентов (у 3 чел. легкая и у 2 чел. средняя степень когнитивного дефицита). Значимой корреляции между эффективностью освоения технологии и когнитивным уровнем, а также возрастом пациентов выявлено не было. Также не было выявлено значимых различий (по критерию Манна-Уитни) по показателям эффективности между группами постинсультных и спинальных пациентов.

Влияние тренинга на функциональное состояние. Общие показатели методики (индекс субъективного комфорта) по всем тренировочным сессиям у всех пациентов значимо не различались до и после тренинга. Однако обнаружены значимые различия по шкалам «сильный — слабый», «сонный — бодрый» до и после тренинга ($p < .05$ по критерию Вилкоксона) и шкале «свежий — усталый» ($p < .01$). То есть функциональное состояние несколько ухудшается после тренинга: усиливаются усталость, слабость и сонливость. При этом уровень мотивации достижения у спинальных пациентов положительно коррелирует с хорошим самочувствием после тренинга ($R = 0.87, p < .05$), а состояние интереса (по шкале «заинтересованный — скучный») у всех пациентов отрицательно коррелирует с порядковым номером сессии ($R = -0.29, p < .05$), то есть интерес падает с возрастанием порядкового номера сессии.

Было выявлено, что *эффективность* освоения технологии связана с функциональным состоянием пациента. Общий индекс субъективного комфорта, полученный в конце тренинга, положительно коррелирует с показателями эффективности ($p < .05$), тогда как негативные параметры самочувствия, такие как усталость, слабость и истощенность, измеренные и до, и после тренинга, отрицательно коррелируют с эффективностью ($p < .05$). Показатель сниженного настроения (по шкале «веселый — грустный»), измеренный после тренинга, также отрицательно коррелирует с эффективностью ($p < .05$).

Таким образом, статистически значимой связи между успешностью освоения технологии и эмоциональными (тревога, депрессия) и когнитивными нарушениями, мотивационно-личностными особенностями (мотивация достижения, интроверсия/экстраверсия и нейротизм), возрастом и заболеванием в данном исследовании выявлено не было. Негативные функциональные состояния, такие как усталость и чувство истощенности, отрицательно сказываются на эффективности, поэтому целесообразно выбирать время суток, в котором каждый пациент чувствует себя наиболее оптимально. Также важно следить за эмоциональным состоянием пациента во время эксперимента, так как понижение на-

строения отрицательно коррелирует с эффективностью. Необходимо также усовершенствовать технологию, чтобы она была менее утомительной и более интересной для пациентов. Данные результаты являются предварительными и требуют дальнейших исследований.

Литература

- Захаров В.В., Вознесенская Т.Г.* Нервно-психические расстройства: диагностические тесты. М.: МЕДПРЕСС, 2013.
- Каплан А.Я., Кочетова А.Г., Шишкин С.Л., Басюл И.А., Ганин И.П., Васильев А.Н., Либуркина С.П.* Экспериментально-теоретические основания и практические реализации технологии «интерфейс мозг – компьютер» // Бюллетень сибирской медицины. 2013. Т. 12. № 2. С. 21–29.
- Леонова А.Б., Кузнецова А.С.* Психологические технологии управления состоянием человека. М.: Смысл, 2007.
- Маркин С.П.* Нарушение когнитивных функций во врачебной практике. Воронеж: Воронежская государственная медицинская академия им. Н.Н. Бурденко, 2007.
- Русалов В.М.* Модифицированный личностный опросник Айзенка. М.: Смысл, 1992.
- Тонконогий И.М.* Краткое нейропсихологическое обследование когнитивной сферы (КНОКС). М.: ПЕРСЭ, 2010.
- Ханин Ю.Л.* Краткое руководство к шкале реактивной и личностной тревожности Ч. Д. Спилбергера. Л.: 1976.
- Шапкин С.А.* Опросник мотивации достижения: новая модификация // Психологический журнал. 2000. № 2. С. 113–127.
- Caria A., Weber C., Brötz D., Ramos A., Ticini L.F., Gharabaghi A., Braun C., Birbaumer N.* Chronic stroke recovery after combined BCI training and physiotherapy: a case report // Psychophysiology. 2011. Vol. 48. No. 4. P. 578–582.
- Page S.J., Levine P., Leonard A.* Mental practice in chronic stroke results of a randomized, placebo-controlled trial // Stroke. 2007. Vol. 38. No. 4. P. 1293–1297.
- Porro C.A., Francescato M.P., Cettolo V., Diamond M.E., Baraldi P., Zuiani C., Bazzocchi M., Di Prampero P.E.* Primary motor and sensory cortex activation during motor performance and motor imagery: a functional magnetic resonance imaging study // The Journal of Neuroscience. 1996. Vol. 16. No. 23. P. 7688–7698.

Assessing Motor Imagery Bci Performance in Patients with Motor Disabilities: A Pilot Study

Perepelkina O.* (1,3), Vasilyev A. (2,3), Liburkina S. (2,3), Ganin I. (2,3), Kaplan A. (2)

neptizzza@gmail.com

1 — department of Neuro- and Pathopsychology, Lomonosov MSU;

2 — Laboratory for Neurophysiology and Neuro-Computer Interfaces, Lomonosov MSU;

3 — Pirogov RNRMU, Moscow, Russia

Abstract. This work describes the assessment of motor imagery brain-computer interface (MI BCI) performance in patients with motor disabilities resulting from spinal cord injury or stroke. The aim of this pilot study was to find the psychological predictors of MI BCI efficiency. In order to find these predictors we used emotional, motivational, personality and cognitive tests. No significant correlations were found between BCI performance and anxiety, depression, cognitive deficit, motivation and personality. A significant decrease in BCI performance was correlated with different functional states, such as fatigue and a feeling of exhaustion.

Keywords: brain-computer interface, motor imagery, psychological predictors, motor disability