

УДК 612.821

## МЕЖПОЛУШАРНАЯ АСИММЕТРИЯ И ЛИЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ МОЗГ-КОМПЬЮТЕРНОГО ИНТЕРФЕЙСА ПРИ ВООБРАЖЕНИИ ДВИЖЕНИЙ РУК

© 2020 г. Е. В. Боброва<sup>1,\*</sup>, В. В. Решетникова<sup>1</sup>, Е. А. Вершинина<sup>1</sup>, А. А. Гришин<sup>1</sup>, А. А. Фролов<sup>2,3</sup>, член-корреспондент РАН Ю. П. Герасименко<sup>1</sup>

Поступило 23.05.2020 г.  
После доработки 23.07.2020 г.  
Принято к публикации 24.07.2020 г.

Личностные характеристики пользователей могут влиять на успешность управления мозг-компьютерными интерфейсами (ИМК), а активность право- и левополушарных структур мозга может отличаться в зависимости от личностных характеристик. Ранее было неизвестно, как успешность управления ИМК при разных личностных характеристиках связана с межполушарной асимметрией. В представленной работе была исследована зависимость успешности воображения движений, оцененная по успешности распознавания сигналов ЭЭГ при воображении движения руки по сравнению с покоем, от личностных характеристик пользователя. Показано, что при однократном управлении ИМК наивными испытуемыми успешность распознавания при воображении движений правой рукой (ПР) выше у экспрессивных чувствительных экстравертов, левой рукой (ЛР) — у практичных, сдержанных, скептических и не очень общительных людей. Предполагается, что в основе этого феномена могут лежать межполушарные различия в уровне дофамина и в способах кодирования информации о движениях.

*Ключевые слова:* мозг-компьютерные интерфейсы, личностные характеристики, межполушарная асимметрия

DOI: 10.31857/S2686738920060050

### ВВЕДЕНИЕ

Системы “интерфейс мозг—компьютер” (ИМК), основанные на модуляциях сенсомоторного ритма при кинестетическом воображении движений, стремительно развиваются и находят широкое применение в реабилитации. Однако около 10–30% людей неспособны работать с ИМК [1]. Успешность управления ИМК можно предсказать на основе индивидуальных особенностей электрической активности мозга [2] и таких личностных характеристик, как пространственные

способности [1], степень концентрации [3] и уверенности в себе [1]; способность осуществлять точностные движения руками [3]. Известно, что особенности ЭЭГ связаны с личностными характеристиками, причем есть сведения о межполушарных различиях ЭЭГ в зависимости от тревожности [4, 5] и нейротизма [6].

В данной работе осуществляется анализ связей между личностными характеристиками и точностью классификации сигналов мозга при кинестетическом воображении движений правой рукой (ПР) по сравнению с покоем и левой рукой (ЛР) по сравнению с покоем при однократном управлении ИМК наивными испытуемыми.

### МЕТОДИКА

В экспериментах принимали участие 19 мужчин и 25 женщин в возрасте 19–25 лет с ведущей правой рукой. Процедура проведения эксперимента включала тестирование по 16-факторному личностному опроснику Кеттелла и сеанс работы

<sup>1</sup> ФГБУН Институт физиологии Российской академии наук им. И. П. Павлова, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Институт трансляционной медицины ГБОУ ВПО Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н. И. Пирогова, Москва, Россия

<sup>3</sup> ФГБУН Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии Российской академии наук, Москва, Россия

\*E-mail: eabobrovya@gmail.com

**Таблица 1.** Корреляционные связи между личностными характеристиками и точностью классификации состояний мозга при воображении движений левой рукой (ЛР) по сравнению с покоем и правой рукой (ПР) по сравнению с покоем

Личностная характеристика	Точность классификации состояний мозга при воображении движений ЛР и в покое		Точность классификации состояний мозга при воображении движений ПР и в покое	
	ПКК	НКК	ПКК	НКК
Экстраверсия	0.093	0.026	+0.315*	+0.255 ( $p = 0.095$ )
Экспрессивность	0.044	0.062	+0.346*	+0.304*
Чувственность	0.156	0.228	+0.347*	+0.337*
Высокая нормативность	-0.362*	-0.337*	-0.197	-0.156
Мечтательность	-0.270 ( $p = 0.076$ )	-0.355*	0.033	-0.040

**Примечание.** ПКК – значение параметрического коэффициента корреляции (Пирсона), НКК – непараметрического (Спирмена). Значимые корреляции ( $p < 0.05$ ) отмечены звездочкой (\*), при наличии тенденции указано значение  $p$ .

с ИМК. На экране монитора в случайном порядке возникали символы, согласно которым испытуемые должны были воображать кинестетические ощущения при подъеме и опускании ПР или ЛР, а также пребывать в состоянии покоя. Анализ ЭЭГ-сигналов, основанный на десинхронизации сенсомоторного ритма при воображении движений, обеспечивал классификацию состояний в двухкомандном ИМК. Точность классификации, характеризующая успешность распознавания сигналов ЭЭГ при воображении движения по сравнению с покоем, оценивалась методом кросс-валидации off-line по вероятности распознавания именно того ментального состояния, которое задавалось инструкцией [7]. Оценку зависимости точности управления ИМК от личностных характеристик проводили методом корреляционного и факторного анализа.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Анализ точности классификации сигналов мозга при воображении движений рукой по сравнению с состоянием покоя выявил значимые корреляции с личностными характеристиками, указанными в табл. 1.

Точность классификации состояний мозга при воображении движений ПР по сравнению с покоем статистически значимо положительно связана с показателями экстраверсии, экспрессивности и чувствительности по тесту Кеттелла. Точность классификации состояний мозга при воображении движений ЛР по сравнению с покоем значимо отрицательно связана с показателями мечтательность и высокая нормативность. Кроме

того, выявлена значимая связь точности классификации сигналов мозга при воображении движений ЛР (но не ПР) со значениями фактора-предиктора, который был выявлен в результате факторного анализа. Этот предиктор включает такие показатели, как мечтательность (-0.752), дипломатичность (+0.670) и общительность (-0.403) (в скобках указана факторная нагрузка).

Таким образом, при воображении движений ЛР успешнее практичные, сдержанные, скептические и не очень общительные люди. При воображении движений ПР успешнее экспрессивные чувствительные экстраверты.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно имеющимся в литературе данным, экстраверсия положительно коррелирует с положительными эмоциями и ощущением счастья, и отрицательно с негативными эмоциями и депрессией [8], имеются данные о связи экстраверсии, позитивных эмоций, уровня дофамина и асимметрии альфа-активности в префронтальных областях [9]. С другой стороны, в базальных ганглиях левого полушария содержание дофамина выше [10]. Поскольку дофамин способствует повышению двигательной активности, большее его содержание может, по-видимому, приводить и к большему растормаживанию нейронных связей, обеспечивающих регуляцию движений и их воображение.

Выявленное отличие качеств, оптимальных для успешного распознавания сигналов ЭЭГ при воображении движений ПР и ЛР, напоминает о межполушарных различиях, касающихся двух ас-

пектов. Первый аспект касается эмоциональной сферы: согласно ряду данных [11] левое полушарие связано с позитивными эмоциями, правое — с негативными. Второй аспект касается разных способов кодирования информации при организации движений [12–15] — левое полушарие специализируется на быстрых баллистических движениях и мелкой моторике, правое — на регуляции позы и более медленных движений, осуществляемых с обратными связями, для которых необходима проприоцептивная афферентация. В рамках такого подхода можно предполагать, что воображение движений ПР, в реализации которого большую роль играет левое полушарие, более успешно у более экстраверсивных “быстрых” положительно настроенных людей, у которых выше концентрация дофамина в nigrostriарной системе левого полушария, воображение движений ЛР — у менее эмоционально-позитивных более “медленных” интровертов, более внимательных к кинестетической информации.

#### ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование выполнено при финансовой поддержке программы “Фундаментальные научные исследования для долгосрочного развития и обеспечения конкурентоспособности общества и государства” (тема 63.4 (0113-2019-0006)) и программы фундаментальных исследований Президиума РАН №1.42.

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей работы.

#### СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Все исследования были проведены в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной медицинской ассоциации. Все лица, участвовавшие в исследовании, дали добровольное согласие на участие в исследовании.

Исследование одобрено Этической комиссией Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Jeunet C., N’Kaoua B., Subramanian S. et al. Predicting mental imagery-based BCI performance from personality, cognitive profile and neurophysiological patterns // PloS one. 2015. V. 10. № 12. e0143962.
2. Blankertz B., Sannelli C., Halder S., et al. Neurophysiological predictor of SMR-based BCI performance // Neuroimage. 2010. V. 51. P. 1303–1309.
3. Hammer E.M., Halder S., Blankertz B., et al. Psychological predictors of SMR-BCI performance // Biol. Psychol. 2012. V. 89. № 1. P. 80–86.
4. Stenberg G. Personality and the EEG: Arousal and emotional arousability // Personality and Individual Differences. 1992. V. 13. № 10. P. 1097–1113.
5. Pavlenko V.B., Chernyi S.V., Goubkina D.G. EEG Correlates of Anxiety and Emotional Stability in Adult Healthy Subjects // Neurophysiology. 2009. V. 41. № 5. P. 337–45.
6. Minnix J.A., Kline J.P. Neuroticism predicts resting frontal EEG asymmetry variability // Personality and Individual Differences. 2004. V. 36. № 4. P. 823–832.
7. Волкова К.В., Дагаев Н., Киселёв А. и др. Интерфейс мозг-компьютер: опыт построения, использования и возможные пути повышения рабочих характеристик // Журн. высш. нерв. деят. 2017. Т. 67. № 4. С. 504–521.
8. Pavot W., Diener E., Fujita F. Extraversion and happiness // Personality and Individual Differences. 1990. V. 11. № 12. P. 1299–1306.
9. Wacker J. Effects of positive emotion, extraversion, and dopamine on cognitive stability-flexibility and frontal EEG asymmetry // Neural Systems and Methodological Aspects. 2017. V. 55. № 1. e12727.
10. Glick S.D., Ross D.A., Hough L.B. Lateral asymmetry of neurotransmitters in human brain // Brain Res. 1982. V. 234. № 1. P. 53–63.
11. Diamond S., Farrington L., Johnson P. Differing emotional response from right and left hemispheres // Nature. 1976. V. 261. P. 690–692.
12. Haaland K.Y., Prestopnik J., Knight R.T., et al. Hemispheric asymmetries for kinematic and positional aspects of reaching // Brain. 2004. V. 127. P. 1145–1158.
13. Боброва Е.В. Современные представления о корковых механизмах и межполушарной асимметрии контроля позы (Обзор литературы по проблеме) // Журн. высш. нерв. деят. 2007. Т. 57. № 6. С. 663–678.
14. Боброва Е.В., Ляховецкий В.А., Борщевская Е.П. Роль “предыстории” в воспроизведении последовательности движений правой или левой руки: кодирование положений, движений, структуры элементов последовательности // Журн. высш. нерв. деят. 2011. Т. 61. № 5. С. 565–572.
15. Bobrova E.V., Lyakhovetskii V.A., Bogacheva I.N. Learning and Reproduction of Memorized Sequences of Right and Left Hand Movements // Neurosci. Behav. Physiology. 2016. V. 46. № 7. 46 (7).

## INTERHEMISPHERIC ASYMMETRY AND PERSONALITY TRAITS OF THE USERS OF THE BRAIN-COMPUTER INTERFACE WHEN IMAGINING HAND MOVEMENTS

**E. V. Bobrova<sup>a,#</sup>, V. V. Reshetnikova<sup>a</sup>, E. A. Vershinina<sup>a</sup>, A. A. Grishin<sup>a</sup>,  
A. A. Frolov<sup>b,c</sup>, and Corresponding Member of the RAS Yu. P. Gerasimenko<sup>a</sup>**

<sup>a</sup> Pavlov Institute of Physiology of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg, Russian Federation

<sup>b</sup> Institute of Translational Medicine of Pirogov of Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

<sup>c</sup> Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

<sup>#</sup>e-mail: eabobrov@gmail.com

The personality characteristics of users can influence the success in the control of brain-computer interfaces (BCIs), and the activity of the right and the left brain structures may differ depending on personal traits. Previously, it was not known how the success of BCI management with different personality characteristics is associated with interhemispheric asymmetry. In the presented work, the dependence of the success of the imagination of movements, assessed by the success of recognition of EEG signals during the imagination of hand movements compared to rest, on the user's personal characteristics was investigated. It was shown that with a single control of BCI by naive subjects, the recognition success in imagining right-hand (RH) movements was higher in expressive sensitive extroverts, and in imagining left-hand movements (LH) in practical, reserved, skeptical and not very sociable people. It is assumed that this phenomenon may be based on interhemispheric differences in dopamine levels and in the way movement information is encoded.

*Keywords:* brain-computer interfaces, personality traits, inter-hemispheric asymmetry