

ВОЛНА P_{300} В РЕШЕНИИ НЕЙРОКОГНИТИВНЫХ, СОЦИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ И В ИССЛЕДОВАНИЯХ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Лытаев Сергей Александрович, Суловицкая Юлия Владимировна, Новгородцева Ксения Александровна

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет. 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2

E-mail: physiology@gpmu.org

Ключевые слова: вызванные потенциалы; oddball парадигма; интерфейс мозг-компьютер

Введение. В 1965 г. были впервые опубликованы результаты экспериментов по исследованию поздней позитивной волны вызванных потенциалов (ВП) [1, 2], которые позволили сделать два важных вывода. Во-первых, поздняя позитивная волна возникала при неопределенности в отношении типа щелчка, и во-вторых, даже отсутствие стимула выявляло поздний позитивный комплекс, если указанный стимул имел отношение к задаче. Эти ранние исследования стимулировали использование метода регистрации потенциалов, связанных с событиями (event-related potential, ERP) для изучения сознания и послужили основой для обширных работ над P_{300} в последующие десятилетия [3].

Для генерации волны P_{300} ERP в настоящее время используются три парадигмы: с одним стимулом, «причудливая» (странный, oddball) и с тремя стимулами. В каждом случае субъекта просят следить за достижением цели, нажав кнопку или считая мысленно с последующим отчетом. Парадигма с одним стимулом нерегулярно представляет только один тип стимулов или цель с нулевым появлением цели любого другого типа [3, 4].

В последние два десятилетия практические исследования компонента P_{300} ERP связаны с системами «интерфейс мозг-компьютер» (ИМК), которые помимо решения физиологических и психологических задач имеют и социальное значение. Современные системы ИМК могут использовать ряд электрофизиологических сигналов — зрительные ВП (ЗВП), медленные корковые потенциалы (МКП), альфа-, бета-ритм ЭЭГ и компонент P_{300} вызванных потенциалов [4, 5].

Материалы и методы. Показано, что лица с ограниченными возможностями могут использовать ИМК на основе P_{300} для общения [4, 6]. Предложена система орфографии (спеллер) P_{300} , которая позволяет субъектам передавать последовательность букв на компьютер. Для создания «странной» oddball парадигмы на экране компьютера отображается матрица 6x6, содержащая буквы алфавита и цифры. Человек может выбрать конкретный знак, сосредоточив на нем внимание. ИМК также может использоваться для управления инвалидной коляской. С помощью P_{300} системы ИМК пользователь может выбрать пункт назначения в меню путем подсчета количества миганий пункта назначения. Помимо инвалидной коляски важным приложением для людей с тяжелыми нарушениями моторики является управление нейропротезными устройствами. ИМК можно использовать для управления движений конечностей, например, роботизированной руки. Системы ИМК могут поддерживать связь у парализованных пациентов, страдающих вследствие неврологических или нейромышечных заболеваний (например, боковой амиотрофический склероз) [7, 8].

Результаты. Индикатором завершения процессов категоризации в норме служит волна N_{350} . При мозговой патологии повышение амплитуды N_{350} в центральной коре свидетельствует (по аналогии с восприятием oddball зрительного образа) о более ранней (чем у здоровых) активации механизмов долговременной памяти. Актуализация кратковременной зрительной памяти сопровождается активацией поздних негативных волн на отрезке времени 400 — 500 мс в равной степени у здоровых и больных [9, 10]. Компонент N_{450} является наиболее специализированным индикатором восприятия неопознаваемых (oddball, «чужоковатых») зрительных образов. Волны более поздней негативации (600–1000 мс), вероятно, отражают дальнейшие процессы категори-

зации изображений, которые, протекают либо по инерции, представляя определенную цикличность и сходство с ранними и промежуточными этапами перцепции, либо активно отражают реверберацию возбуждения. Имеются основания полагать, что при мозговой патологии успешное опознание завершается раньше, чем у здоровых испытуемых, о чем свидетельствует понижение пиковой латентности волн P_{250} и N_{350} . Отрицательное опознание, в свою очередь, в этих случаях быстрее актуализирует механизмы долговременной памяти при интеграции ассоциативной и проекционной коры. Сверхпоздние волны (N_{750} и N_{900}) по сравнению с контрольной группой у больных находятся в обратной зависимости — восприятие опознаваемой фигуры сопровождается более выраженными амплитудами, чем восприятие неопознаваемого (oddball) образа.

Заключение. Перспективные направления развития исследований систем ИМК P_{300} заключаются в увеличении пропускной способности информационных потоков [8–10]. Чтобы расширить применение P_{300} ERP для нескольких модальностей, необходимо тщательно изучить базовые физиологические механизмы и реакцию мозга для конкретной сенсорной системы и психической функции. Интеграция в системах ИМК состоит из целого ряда дисциплин, таких как инженерия, когнитивная и нейробиология, семантика, математика, психология, клиническая наука и создание программного продукта. Таким образом, ИМК системы позволяют пользователям связываться или управлять устройствами, используя мозговую деятельность.

Литература:

1. Sutton S., Braren M., Zubin J., John E.R. Evoked-Potential Correlates of Stimulus Uncertainty. *Science*. 1965. 150 (3700): 1187–1188. doi:10.1126/science.150.3700.1187.
2. Sutton S., Tueting P., Zubin J., John E.R. Information delivery and the sensory evoked potential. *Science*. 1967. 155 (3768): 1436–1439. doi:10.1126/science.155.3768.1436.
3. Pritchard W.S. Psychophysiology of P300. *Psychological Bulletin*. 1981. 89(3): 506–540. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.89.3.506>
4. Haider A., Fazel-Rezai R. Application of P300 Event-Related Potential in Brain-Computer Interface, Event-Related Potentials and Evoked Potentials, Phakkharawat Sittiprapaporn, IntechOpen, 2017. DOI: 10.5772/intechopen.69309
5. Лытаев С.А., Шостак В.И. Значение эмоциональных процессов у человека в механизмах анализа влияния разноконтрастной стимуляции. *Журн. высш. нервн. деят. им. И.П. Павлова*. 1993. Т. 43. № 6. С. 1067–1074.
6. Лытаев С.А., Шостак В.И. Методы анализа вызванных потенциалов мозга в клинике и психофизиологии. *Успехи физиологических наук*. 1995. Т. 26. № 3. С. 95–110.
7. Sellers E, Donchin E. A P300-based brain — computer interface: initial tests by ALS patients. *Clin Neurophysiol*. 2006. 117(3): 538–48. doi: 10.1016/j.clinph.2005.06.027
8. Levi-Aharoni H., Shriki O., Tishby N. Surprise response as a probe for compressed memory states. *PLOS Computational Biology*. 2020. 16 (2): e1007065. doi:10.1371/journal.pcbi.1007065.
9. Lytaev S., Vatamaniuk I. Physiological and Medico-Social Research Trends of the Wave P300 and More Late Components of Visual Event-Related Potentials. *Brain Sciences*. 2021. Т. 11. № 1. С. 1–14. DOI: 10.3390/brainsci11010125
10. Lytaev S. Long-Latency Event-Related Potentials (300–1000 ms) of the Visual Insight// *Sensors*. 2022, 22, 1323. <https://doi.org/10.3390/s22041323>.