

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЭГ-КОРРЕЛЯТОВ ИММЕРСИВНОСТИ ЧЕЛОВЕКА В ВИРТУАЛЬНУЮ СРЕДУ

Качан В. О., Ким М. А., Черницов Р. Д., Девяткина О.В.

Научные руководители: к.б.н., доцент Сергеева М.С., ассистент Коровина Е.С.

*Самарский государственный медицинский университет, г. Самара
Кафедра физиологии с курсом БЖД И МК*

Ключевые слова: виртуальная реальность, иммерсивность, вызванные потенциалы, P300, ЭЭГ.

Резюме: Сравнительный анализ амплитуд зрительных и слуховых вызванных потенциалов ЭЭГ в условиях восприятия мультимодальной персонифицированной виртуальной реальности выявил улучшение произвольных и непроизвольных когнитивных процессов. Иммерсивность человека в виртуальную среду смещает вектор сенсорного восприятия и внимания в сторону зрительной модальности.

Resume: Comparative analysis of amplitudes of visual and auditory evoked EEG potentials in conditions of perception of multimodal personified virtual reality revealed the improvement of involuntary and arbitrary cognitive processes. Immersion of a person in a virtual environment shifts the vector of sensory perception and attention towards visual modality.

Актуальность. В настоящее время наблюдается тенденция широкого внедрению программ виртуальной реальности (VR) в различные области медицины, прежде всего в сфере нейрореабилитации [5, 6], а также в обучении (например, тренировка хирургических навыков на виртуальных объектах) [2, 7]. Степень погруженности человека в виртуальную среду определяется понятием иммерсивности (от англ. *immersive* – «создающий эффект присутствия, погружения») [1]. Увеличение показателя иммерсивности свидетельствует об улучшении взаимодействия субъекта с предложенным сценарием VR и, следовательно, большей эффективности реабилитационной программы или обучения. Объективный анализ степени иммерсивности позволяет оптимизировать процесс разработки программ VR (например, для увеличения мотивационной составляющей, облегчения двигательного научения и т.д.).

Естественность взаимодействия пользователя с виртуальной средой и, как следствие, вероятность возникновения чувства присутствия и его эффективность определяют демографические, когнитивные, личностные и мотивационные переменные, а также степень персонификации виртуальной среды, вычислительные возможности аппаратной составляющей, качество обратной связи, уровень обработки графического интерфейса.

Оценка иммерсивности может производиться с помощью различных показателей, отражающих изменения функционального состояния организма человека при восприятии VR. В такой роли могут выступать вегетативные (вариабельность сердечного ритма, кожно-гальваническая реакция), соматические (электромиография), нейрофизиологические и др. показатели. В качестве ЭЭГ-маркеров субъективной вовлеченности могут использоваться и вызванные

потенциалы [3, 4].

Цель исследования – анализ динамики амплитуд зрительных и слуховых вызванных потенциалов в условиях восприятия мультимодальной персонифицированной виртуальной реальности.

Задачи исследования:

1. Анализ изменения амплитуд коротко- и среднелатентных компонентов зрительных и слуховых вызванных потенциалов на стимулы персонифицированной виртуальной среды.

2. Анализ изменения амплитуды когнитивного потенциала P300 при восприятии виртуальной среды.

Материалы и методы. В исследовании принимали участие 13 испытуемых-правшей в возрасте 18-20 лет, давших информированное согласие и прошедших тест на выявление мотивационного компонента. Регистрация ЭЭГ проводилась монополярно 128-канальной системой записи во время предъявления зрительных и слуховых стимулов в произвольной последовательности (стандартная парадигма «odd-ball»). Регистрация проводилась при предъявлении стимулов в VR и вне VR. Для демонстрации виртуальной среды использовались очки Oculus Rift CV1. Вне VR испытуемым демонстрировались рандомные динамические визуальные стимулы на экране монитора и слуховые – через динамики. Регистрация ЭЭГ проводилась в состоянии спокойного бодрствования.

С каждым испытуемым было проведено по три сеанса регистрации с интервалом не менее 24 часов между сессиями. Каждый сеанс регистрации состоял из двух этапов: на первом этапе производилось предъявление зрительных и слуховых стимулов по стандартной парадигме «odd-ball», а на втором этапе испытуемым давалось задание подсчитывать количество значимых стимулов VR.

Для обработки полученных данных и статистического анализа амплитуд вызванных потенциалов был использован парный t-тест, непарный t-тест, ANOVA, реализованные в toolbox EEGLab 7.1.3 для Matlab.

Результаты и обсуждение.

Коротко- и среднелатентные компоненты зрительных (ЗВП) и слуховых (СВП) вызванных потенциалов ЭЭГ являются нейрофизиологическими коррелятами непроизвольного внимания [4]. По сравнению с восприятием физических стимулов (вне VR) при реакции на значимые стимулы VR обнаружено статистически значимое увеличение амплитуды ($p < 0,001$) во всех компонентах ЗВП (N75, P100, N145, P200) (рис. 1).

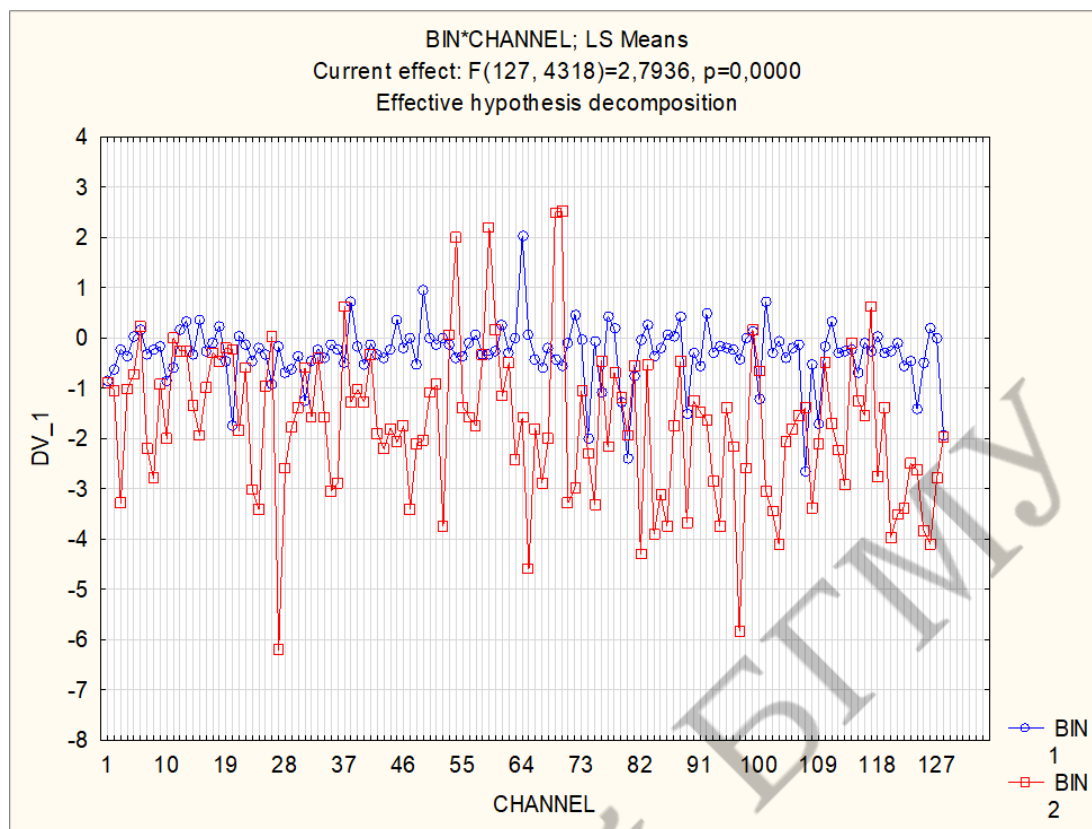


Рис. 1. N145 зрительного вызванного потенциала на значимые стимулы, $p = 0,000001$ (BIN1 – вне VR, BIN2 – в VR)

В тоже время в условиях VR динамика изменения амплитуды в компонентах СВП (N1, P1, N2) не была статистически значимой (рис. 2).

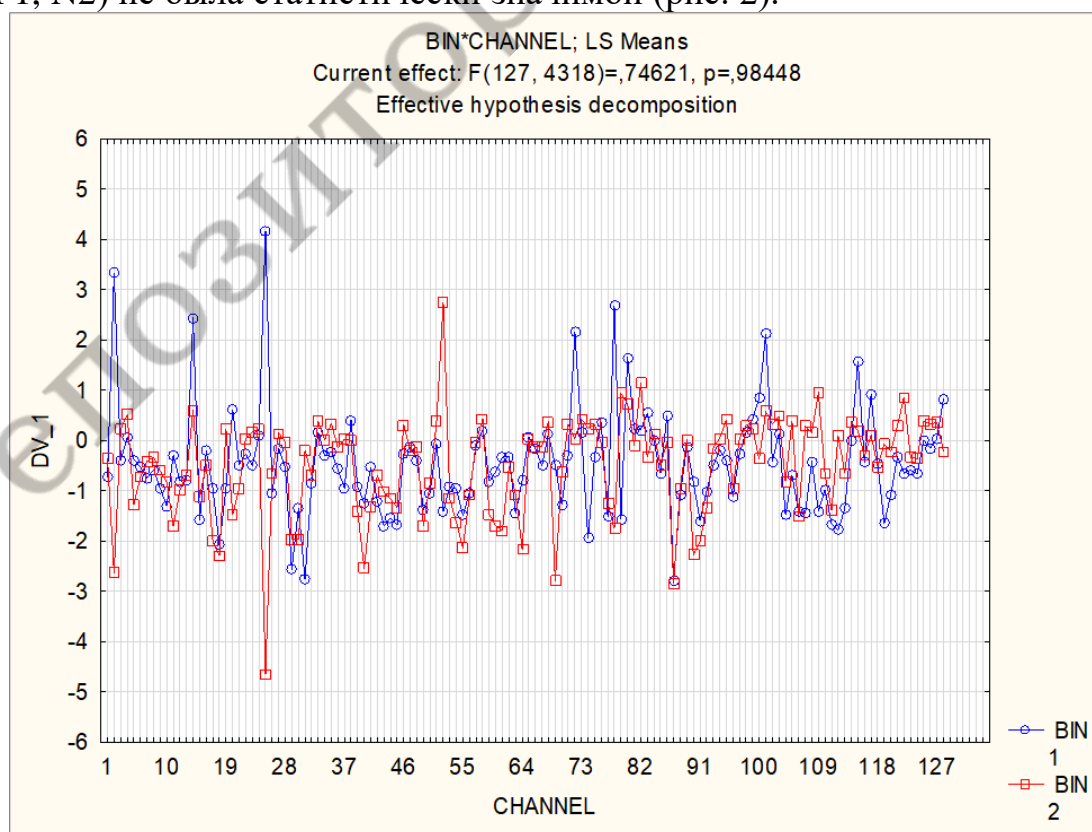


Рис. 2. N2 слухового вызванного потенциала на стимулы в VR, $p = 0,984484$

(BIN1 – незначимые стимулы, BIN2 – значимые стимулы)

Длиннолатентный потенциал P300 выступает в качестве нейрофизиологического коррелята произвольного внимания [3, 5]. Анализ полученных результатов выявил достоверные различия ($p < 0,05$) амплитуды P300 ЗВП между выборками из двух генеральных совокупностей (вне VR и в условиях VR): в случаях с использованием VR амплитуда ответа оказалась более выраженной. Изменения регистрировались преимущественно в центральных (C1, C2, C3, C6) и фронтальных (FC5, FCC1h, FCC2h, FFC1h, FFT9h) ЭЭГ-отведениях. Топографическое распределение сигналов соответствует локализации основных очагов генерации когнитивного потенциала: гиппокамп, лобные доли, теменные области коры больших полушарий, таламус.

Полученные данные демонстрируют, что в условиях персонифицированной виртуальной среды происходит увеличение амплитуды компонентов вызванных потенциалов ЭЭГ (прежде всего зрительных), что может быть показателем улучшения произвольных и произвольных процессов восприятия и внимания и, соответственно, иммерсивности человека в виртуальную среду.

Выводы.

Виртуальная среда выступает в качестве модулирующего фактора произвольных и произвольных процессов восприятия зрительных и слуховых стимулов.

Персонифицированная виртуальная среда смещает вектор сенсорного восприятия и внимания в сторону зрительной модальности.

Литература

1. Cummings J., Bailenson J. How immersive is enough? A meta-analysis of the effect of immersive technology on user presence // *Media Psychology*, 2015, doi: 10.1080/15213269.2015.1015740.
2. Pulijala Y., Ma M., Pears M., Peebles D., Ayoub A. Effectiveness of immersive virtual reality in surgical training - a randomized control trial // *Journal of oral and maxillofacial surgery* (2017), doi: 10.1016/j.joms.2017.10.002.
3. Агапов С. Н., Буланов В. А., Захаров А. В., Сергеева М.С. Выявление компоненты P300 в ЭЭГ-сигнале с использованием вейвлетов // *Биотехносфера*. 2017. № 2 (50). С. 16-20.
4. Агапов С. Н., Буланов В. А., Захаров А. В., Сергеева М.С. Сравнение классификаторов в задаче классификации единичных зрительных вызванных потенциалов коры головного мозга человека // *Журнал высшей нервной деятельности*, 2017, Том 67, № 4, С. 521–526.
5. Захаров А.В., Пятин В.Ф., Колсанов А.В., Повереннова И.Е., Сергеева М.С., Хивинцева Е.В., Коровина Е.С., Куцепалова Г.Ю. Использование виртуальной реальности в качестве средства ускорения двигательной реабилитации пациентов после перенесенного острого нарушения мозгового кровообращения // *Наука и инновации в медицине*. 2016. №3. С. 62-66.
6. Пятин В.Ф., Колсанов А.В., Захаров А.В., Сергеева М.С. Восстановление двигательной активности нижних конечностей у пациентов в остром периоде острого нарушения мозгового кровообращения за счет виртуальной вертикализации // *Избранные вопросы нейрореабилитации [Электронная версия]: материалы IX международного конгресса «Нейрореабилитация - 2017» (Москва, 1-2 июня 2017 г.) / редкол.: Г. Е. Иванова [и др.]*. - М., 2017. 169 - 170.
6. Пятин В.Ф., Колсанов А.В., Тюрин Н.Л., Сергеева М.С., Захаров А.В., Чаплыгин С.С., Назарян А.К. Инновационные технологии в медицинском образовании на основе виртуальной и дополненной реальности // *Медицинское образование XXI века: компетентностный подход и его реализация в системе непрерывного медицинского и фармацевтического образования / Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции с международным участием*. –

«Фундаментальная наука в современной медицине -2018»

Витебск: ВГМУ, 2017. – С. 122 - 123.

Репозиторий ВГМУ