

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В СОВРЕМЕННОЙ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ

Голохваст К.С.<sup>1,2</sup>, Хороших П.П.<sup>1,2</sup>, Смирнов А.С.<sup>1,2</sup>, Сергиевич А.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>ФГАУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, e-mail: khoroshikh.pavel@inbox.ru;

<sup>2</sup>Дальневосточный региональный научный центр Российской академии образования, Владивосток, e-mail: rao.dvo@dyfu.ru

---

Статья посвящена обзору основных направлений использования виртуальной реальности в отечественной медицине. Авторы отмечают, что технологии виртуальной реальности активно внедряются в хирургическую практику. Это позволяет автоматизировать разнообразные ассистирующие системы, используемые в различных нейрохирургических операциях. Помимо этого, системы виртуальной реальности дают возможность увеличить точность методов стереотаксического наведения, а также автоматизировать число автоматических функций врача. С применением виртуальной реальности происходит разработка различных многофункциональных систем. Кроме того, существуют виртуальные операционные с возможностью проведения предоперационных манипуляций и симуляции действий врача. Врач может проводить последующие операции на головном мозге с высокой точностью управления оборудованием. Эти методы также позволяют молодым врачам проходить обучение, минимизируя риски и придерживаясь принципов медицинской этики. Еще одним важным направлением, на которое обращают внимание авторы, является использование методов виртуальной реальности в процессе реабилитации. В первую очередь виртуальная реальность используется как вспомогательный метод в нейрореабилитации, а также при повторном восстановлении движений после различных поражений. Однако, как отмечают авторы, проводимые на современном этапе исследования по внедрению виртуальной реальности в процесс реабилитации требуют тщательного изучения и детального описания механизмов воздействия.

---

Ключевые слова: виртуальная реальность, нейрореабилитация, виртуальная модель, сенсорная информация, виртуальные игры.

## USING OF VIRTUAL REALITY IN MODERN DOMESTIC MEDICAL PRACTICE

Golokhvast K.S.<sup>1,2</sup>, Khoroshikh P.P.<sup>1,2</sup>, Smirnov A.S.<sup>1,2</sup>, Sergievich A.A.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: khoroshikh.pavel@inbox.ru;

<sup>2</sup>Far Eastern Regional Scientific Centre of Russian Academy of Education, Vladivostok, e-mail: rao.dvo@dyfu.ru

---

The article is devoted to the review of the main directions of using virtual reality in domestic medicine. The authors note that virtual reality technologies are being actively introduced in surgical practice. This allows to automate the various assistive systems used in neurosurgical operations. In addition, virtual reality systems allow to increase the accuracy of stereotactic guidance methods, as well as automating a number of surgical functions of the doctor. Virtual reality also provides the opportunity to create various multi-tiered systems and virtual operating rooms, where it is possible to conduct pre-operative actions and simulate the up-coming manipulations. This makes it possible to carry out subsequent operations on the brain with a high accuracy of steering. These methods also enable young doctors to receive training, minimizing risks and adhering to the principles of medical ethics. Another important area, which draws the attention of the authors, it is the use of virtual reality tools in the rehabilitation process. Primarily, virtual reality is used as an auxiliary method in neurorehabilitation, as well as when re-storing movements after various lesions. However, as the authors note, the experiments conducted at the present stage to introduce virtual reality into the rehabilitation process require careful study and a detailed description of the mechanisms of the impact.

---

Keywords: virtual reality, neurorehabilitation, virtual model, sensor information, virtual games.

Развитие и поиск новых технологий в медицине привело к внедрению в странах Европейского союза, Соединенных Штатах Америки, развитых странах Азии (таких, как Япония) информационных технологий различного типа. Наибольшее развитие получили различные виды компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии, использование систем роботизированных комплектов для нейрохирургических вмешательств

[1; 2]. В системе новых медицинских технологий, помимо перечисленных выше, активное внимание уделяется системам виртуальной реальности.

### **Цель работы**

Целью работы стало рассмотрение систем виртуальной реальности, которые включаются в клиническую практику медицинских учреждений, а также экспертная оценка возможности их применения в современной медицине.

### **Материалы и методы**

Авторами проведен системный анализ научных работ, в которых описано применение систем виртуальной реальности. Для анализа были отобраны публикации в международных наукометрических базах SCOPUS и Web of Science (Core Collection), отражающие отечественные и совместные международные исследования в области применения методов виртуальной реальности в медицинской практике в России. Всего в анализе было использовано 23 публикации, период опубликования которых составил 2010–2018 гг. Авторы используют также описательную аналитику для осмысления возможных положительных и негативных аспектов исследуемого метода, а также описания возможностей автоматизации различных процессов, таких как диагностика, планирование и управление лечением пациента.

### **Результаты и их обсуждение**

#### *Виртуальная реальность в практике хирургии нейрохирургического профиля*

Актуальность внедрения виртуальной реальности несомненна, примером чего могут служить разработки, связанные с автоматизацией ассистирующих систем в практике нейрохирургического профиля. Ассистирующие системы современного типа основаны на взаимодействии компьютерной томографии, медицинских роботов и современных средств виртуальной реальности. Это позволяет увеличить точность методов стереотаксического наведения, а также автоматизировать ряд хирургических функций врача [3].

Наиболее полные и успешные исследования в области внедрения подобных комплексных систем в медицине были проведены в США (университет им. Джона Хопкинса и Медицинская школа университета Гарвард), ряде медицинских центров Германии, а также научно-исследовательских медицинских учреждениях России [4; 5]. Проведенные исследования [6] дают возможность установления положительных характеристик внедрения систем виртуальной реальности в нейрохирургии, которые проявляются в ряде показателей. Во-первых, при использовании автоматизированных систем виртуальной реальности полностью исчезает тремор, возникающий у хирургов во время многочасовых операций. Кроме этого, увеличивается точность навигации и наведения медицинского инструментария. Средства виртуальной реальности позволяют создавать виртуальные фантомы органов,

которые будут подвергнуты хирургическому воздействию. Работа с подобными фантомами позволяет автоматизировать нахождение целевых точек, в том числе во внутримозговом пространстве пациента как одном из наиболее сложных объектов, и планировать безопасные траектории движения медицинского инструмента. Эргономичность средств виртуальной реальности дает возможность наиболее оптимальной компоновки автоматизированного рабочего места хирурга. Нейрохирургические роботы, которые основаны на методе виртуальной реальности, и их рабочие места, а также полное размещение в операционной согласно всем необходимым регламентам позволяют соблюдать требования к удобству и безопасности взаимодействия между медицинским персоналом и оперирующим врачом, пациентом и используемыми средствами автоматизации [7].

Создание и внедрение в практику клинической медицины методов виртуальной реальности позволяет разработать различные уровневые модели виртуальной реальности, в том числе и в медицинской робототехнике, а также проводить предоперационные фантомные манипуляции в виртуальной нейрохирургической операционной не только в статическом, но и в динамическом режиме [8; 9]. Это возможно благодаря использованию интеллектуального человекомашинного интерфейса, в основе которого использованы компьютерная томография и силомоментное очувствление.

#### *Создание виртуальных операционных*

Большое внимание сейчас также уделяется созданию виртуальных моделей медицинского робота, которые позволяют визуализировать целенаправленные безопасные движения нейрохирургического инструментария во время нейрохирургической операции. Это становится возможным в том числе благодаря созданию различных видов виртуальных операционных. Существуют определенные требования, которые предъявляются к создаваемым виртуальным операционным. Одним из важных требований является схожесть виртуальной операционной и ее реального аналога, так как это будет способствовать более эффективной и продуктивной работе врача в связи с тем, что условия будут для него визуально привычны [10]. Реализация данного принципа основана на изучении зрительных паттернов врачей и медицинского персонала при помощи средств оперативной окулометрии и их дальнейшей оцифровки с созданием информационных визуальных карт. Также виртуальные операционные наполняются как знакомыми для медицинского персонала инструментами, так и дополнительными новыми робототехническими средствами, которые в компьютерном варианте обладают дополнительными динамическими свойствами. Соблюдение данных требований позволяет отрабатывать на виртуальном фантоме реального пациента ряд основных алгоритмических операций, таких как определение пространственной локализации необходимых внутримозговых мишеней (например,

опухолей или гематом) на основе виртуальных моделей компьютерной томографии; навигация нейрохирургического инструментария, которая включает в себя определение координатных данных, ориентацию и необходимую скорость движения инструмента; нацеливание и наведение виртуального инструментария на определенные ранее внутримозговые мишени благодаря системе управления динамикой и траекторией перемещения виртуального нейрохирургического робота [11].

Увеличение доли нейрохирургических операций в общем числе производимых операционных вмешательств оказало влияние на разрабатываемые виртуальные модели медицинского оборудования, которые составляют наполнение виртуальной операционной. К такому оборудованию можно отнести: виртуальные модели компьютерного и магнитно-резонансного томографов, которые позволяют производить локализацию внутримозговых мишеней; различные методы фиксации головы пациента; виртуальные модели нейрохирургических роботов и стереотаксических манипуляторов; программно-аппаратные средства навигации медицинского инструментария, а также внутримозговых мишеней; средства планирования, а также адаптивной коррекции безопасных и наименее травматичных путей наведения нейрохирургического инструментария на органы-мишени; различные виртуальные нейрохирургические манипуляторы и роботы, основанные на алгоритмах высококачественного управления программным движением [12].

Использование виртуальных операционных позволяет врачу достигнуть следующих результатов. Прежде всего, как уже отмечалось выше, появляется возможность организации пробных операционных манипуляций на разработанной виртуальной модели пациента. Это дает возможность отрабатывать различные траектории будущего операционного вмешательства как этап предоперационной подготовки. Информация, полученная после проведения операции в виртуальной операционной, совмещается посредством различных автоматизированных систем обработки с реальными данными состояния здоровья пациента, а позже и с данными о проведенной реальной операции, они объединяются в единую комплексную картину болезни. Полученная комплексная картина мира является своеобразной новой формой медицинского сопровождения лечения пациента, совмещающей в себе автоматизированные комплексы и традиционные алгоритмы. Проведенные операции сохраняются как базы данных отдельного пациента, что позволяет проводить сравнительный анализ различных медицинских вмешательств как у одного человека, так и разных лиц на основе выделенного критерия [13].

Кроме этого, появляется возможность совмещения имеющихся теоретических знаний врача и медицинского персонала и их практических навыков при отработке алгоритмических хирургических действий. Тем самым повышается профессиональный уровень медицинского

персонала, а также создается базис для практикоориентированности в процессе обучения. Этому способствует также переориентация подготовки медицинского персонала на процесс непрерывного постдипломного образования. Использование баз данных операций в виртуальной операционной позволяет совершенствовать навыки работы на хирургическом оборудовании не только действующим хирургам, но также обучающимся различного уровня подготовки [14; 15].

#### *Средства виртуальной реальности в нейрореабилитации*

В практике отечественной нейрореабилитации уже имеется опыт использования средств виртуальной реальности при проведении восстановительной работы с пациентами неврологического профиля.

Активное развитие этот метод получил в системе восстановления пациентов с нарушением вестибулярной устойчивости. В основе этого типа реабилитации лежит формирование устойчивости при выполнении основных двигательных функций, таких как стояние, ходьба и иные виды перемещений в пространстве. При этом стоит отметить, что при формировании устойчивости при использовании средств виртуальной реальности основной задачей является одномоментность получения информации от основных задействованных сенсорных систем, таких как зрительная, проприоцептивная и вестибулярная системы [16].

При разработке программного обеспечения нейрореабилитации необходимо учитывать ряд условий, выполнение которых напрямую влияет на результативность используемых средств виртуальной реальности. Важным условием является работа именно с той частью тела, которая аккумулирует основной массив информации при выполнении тех или иных движений. К примеру, позная устойчивость формируется на основе выполняемого в очках виртуальной реальности задания с учетом создаваемой искусственной окружающей среды [17]. При формировании у пациента умения стоять в спокойном состоянии задания направлены на работу с мышечными, а также суставными рецепторами нижних конечностей, так как именно эти рецепторы являются источником основной информации для моторных зон коры больших полушарий. При этом, создавая в виртуальной среде окружающую среду, необходимо рассчитывать степень освещенности, потому что, как отмечают ряд исследований [18; 19], при стоянии в слабо освещенной среде увеличивается доля проприоцептивной информации в общем потоке воспринимаемой сенсорной информации. Однако во время выполнения заданий на формировании позной устойчивости на неустойчивой поверхности отмечено снижение проприоцептивной чувствительности [19; 20]. Человек, пытаясь сохранить равновесие, акцентирует внимание на зрительную информацию, а не тактильно-двигательную. Данный факт часто используется при разработке

программного обеспечения для средств виртуальной реальности в нейрореабилитации. В основе разрабатываемых заданий с использованием подобного программного обеспечения лежит возможность контролируемого специалистом перераспределения сенсорной информации и формирования позной устойчивости при сенсорной депривации одной из систем, что нередко отмечается у больных с заболеваниями ЦНС [21].

Важно подчеркнуть, что в ряде исследований [20] показано, что позная устойчивость имеет взаимосвязь с сенсорной адаптацией и механизмами ее развития.

В ходе проведенных наблюдений было отмечено, что формирование виртуального пространства, в котором моделируются различные конфликтующие между собой сенсорные входы, необходимо при работе с пациентами с нарушением сенсорной адаптации. Работа пациента в подобных модельных условиях позволяет улучшить сенсорные качества, а также развить навыки, способствующие сохранению равновесия.

Примером подобной интеграции может служить пример тренировочных занятий с пациентом, у которого диагностированы вестибулярные нарушения. Стояние и перемещение по перемещающейся стабильной платформе при одновременном погружении в виртуальную реальность способствует развитию навыка сохранения равновесия [22; 23].

В ходе работы с пациентом происходило изменение положения человека в виртуальном пространстве в медиолатеральных направлениях, что сопровождалось также смещением платформы в горизонтальной плоскости. Постоянное упражнение в подобных модульных условиях позволило улучшить способность пациента к сохранению равновесия собственного тела, которое ранее нарушалось патогенными изменениями в работе сенсорных систем.

## **Выводы**

Несмотря на тот факт, что виртуальная реальность как инструмент относительно недавно стала внедряться в медицине, она получила широкое распространение и позволила разработать новые многофункциональные методы работы с пациентом. Нами было показано, что особое значение виртуальная реальность приобрела в направлении реабилитационных технологий, в том числе при работе с двигательными, сенсорными, а также функциональными нарушениями при различных неврологических заболеваниях. Однако стоит также отметить, что, являясь одним из высокотехнологических методов, виртуальная реальность тем не менее обладает как преимуществами, так и недостатками в сравнении с методами традиционной физической реабилитации.

Одним из главных недостатков описанных технологий является их высокая стоимость.

Учитывая тот факт, что одним из ключевых критериев для пациента при

использовании виртуальной реальности служит сам процесс погружения в виртуальную реальность, то очень важен эффект реального присутствия. Однако качество погружения больного в виртуальное пространство и уровень восприятия зависит от качества самого оборудования, что напрямую отображается на его стоимости.

Стоит также отметить, что эффект полного присутствия в виртуальном пространстве возможен при наличии не только технического оборудования, способного воспроизводить вариации виртуальных сценариев, но также сопровождающего технического обеспечения, например систем анализа движений.

Альтернативным способом решения указанной проблемы может служить использование относительно недорогих компьютерных приставок, которые выпускаются различными фирмами, занимающимися производством компьютерных игр. Несомненным положительным фактором может являться их высокое качество, в том числе качество компьютерной графики.

Но существенным недостатком подобных технологий служит отсутствие возможности адаптировать компьютерные приставки для их дальнейшего применения в условиях клиники нервных болезней.

Медицинские работники, которые используют компьютерные игры как аналоги методов виртуальной реальности, указывают на наличие трудностей при настройке уровней сложности игровых заданий и их соответствия двигательным возможностям пациентов.

Отрицательным эффектом является и то, что возникает негативное субъективное отношение к игре. У пациентов, которые не могли выполнить необходимые двигательные задания, снижался уровень мотивации деятельности, и они отказывались продолжать реабилитационные процедуры. Кроме этого, в ряде случаев у больных формировались патологические компенсаторные двигательные и позные синергии.

Однако виртуальная реальность обладает и рядом несомненных преимуществ.

Пациенты, которые проходили реабилитацию с использованием всего комплекта технического обеспечения виртуальной реальности, демонстрировали высокую мотивированность действий.

К примеру, повысилась качество реабилитации при восстановлении равновесия в сравнении с традиционными методами, а также подобная процедура с использованием виртуальной реальности стала привлекательной для пациента.

Использование виртуальной реальности позволяет создать для пациента ситуацию успеха, что формирует его психологический комфорт. В виртуальной реальности пациенты имеют возможность почувствовать себя вовлеченными в активное действие при выполнении тех действий, в которых они ограничены в реальной жизни, к примеру в игре в теннис, в

футбол или при имитировании горнолыжного спуска.

Все это способствует повышению эмоционального фона, что может служить одним из важных факторов при тренировке того или иного двигательного навыка.

Стоит особо подчеркнуть, что все перечисленные выше факторы не могут говорить о том, что методы виртуальной реальности способны полностью заменить методы традиционной медицины. Однако виртуальная реальность может служить значительным дополнением к традиционным методам лечения, а также обучения медицинского персонала.

### Список литературы

1. Brütsch K., Schuler T., Koenig A. et al. Influence of virtual reality soccer game on walking performance in robotic assisted gait training for children // *J. Neuroeng. Rehabil.* - 2010. - V. 22 (7). - P. 15.
2. Keshner E., Kenyon R., Langston J. Postural responses exhibit Multisensory dependencies with discordant visual and support surface motion // *J. Vestib. Res.* - 2014. - V. 14. - P. 307–319.
3. Koptelova P.O., Perkins J., Ustinova K.I. Effect of optic flow speed on step initiation in older and younger individuals // *Review of Psychology Frontier.* - 2013. - V. 2. - P. 7–12.
4. Paavola J.M., Oliver K.E., Ustinova K.I. Use of Xbox Kinect gaming console for rehabilitation of an individual with traumatic brain injury: a case report // *J. of Novel Physiotherapies.* - 2013. - V. 3. - P. 129.
5. Pietrzak E., Cotea C., Pullman S. Using commercial video games for upper limb stroke rehabilitation: is this the way of the future? // *Top Stroke Rehabil.* - 2014. - V. 21 (2). - P. 152–162.
6. Pompeu J.E., Mendes F.A.D., da Silva K.G. et al. Effect of Nintendo Wii (TM)-based motor and cognitive training on activities of daily living in patients with Parkinson's disease: A randomised clinical trial // *Physiotherapy.* - 2012. - V. 98. - P. 196–204.
7. Turolla A., Daud Albasini O.A., Oboe R. et al. Haptic-based neurorehabilitation in poststroke patients: a feasibility prospective multicentre trial for robotics hand rehabilitation // *Comput. Math. Methods Med.* - 2013. - V. 2013:895492.
8. Abramov V., Kugurakova V., Rizvanov A. et al. Virtual biotechnological lab development. // *Bi-oNanoScience.* – 2017. – 7 (2) – P. 363-365. DOI:10.1007/s12668-016-0368-9.
9. Baskin I.I., Winkler D., Tetko I.V. A renaissance of neural networks in drug discovery // *Expert Opinion on Drug Discovery.* – 2016. – 11 (8). – P. 785-795. doi:10.1080/17460441.2016.1201262.
10. Knyaz V.A., Zheltov S.Y., Vishnyakov B.V. Robust object tracking techniques for vision-based 3D motion analysis applications. Paper presented at the Proceedings of SPIE // *The*



- International Society for Optical Engineering. – 2016. – 9896 doi:10.1117/12.2227879.
11. Sterledeva T.D., Sterledev R.K., Syromiatnikova L.I. Problem of polarity of human experience in conditions of electronic virtual reality // Middle East Journal of Scientific Research. – 2013. – 16 (10). – P. 1334-1338. DOI:10.5829/idosi.mejsr.2013.16.10.12030.
  12. Erichev V.P., Ermolaev A.P., Antonov A.A. et al. New visual field testing possibilities (a preliminary report) // Vestnik Oftalmologii. – 2018. – 134 (2). – P. 66-71. DOI:10.17116/oftalma2018134266-72.
  13. Kornilova L.N., Glukhikh D.O., Naumov I.A. et al. Effect of optokinetic stimulation on visual–manual tracking under the conditions of support-proprioceptive deprivation // Human Physiology. – 2016. – 42 (5). – P. 508-519. DOI:10.1134/S0362119716040071.
  14. Bogacheva N.V. Cognitive styles specifics of adult computer gamers // Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine. – 2016. – 14. – P. 84-88.
  15. Menshikova G.Y., Kovalev A.I., Klimova O.A., Chernorizov A.M. Eye movements as indicators of vestibular dysfunction // Perception. – 2015. – 44 (8-9). – P. 1103-1109. DOI:10.1177/0301006615594916.
  16. Kolsanov A.V., Ivaschenko A.V., Kuzmin A.V., Cherepanov A.S. Virtual surgeon system for simulation in surgical training // Biomedical Engineering. – 2014. – 47 (6). – P. 285-287. DOI:10.1007/s10527-014-9392-7.
  17. Voiskounsky A. Interpretations of virtual reality // Annual Review of CyberTherapy and Telemedicine. – 2011. – 9 (1). - 26-30.
  18. Halvorsen F.H., Elle O.J., Dalinin V.V. et al. Virtual reality simulator training equals mechanical ro-botic training in improving robot-assisted basic suturing skills // Surgical Endoscopy and Other Interventional Techniques. – 2016. – 20 (10). – P. 1565-1569. DOI:10.1007/s00464-004-9270-6.
  19. Ataulakhanov F.I., Pantelev M.A. Towards virtual coagulation // Pathophysiology of Haemostasis and Thrombosis. – 2014. – 34 (2-3). – P. 58-59. DOI:10.1159/000089926.
  20. Altman J.A., Vartanian I.A., Andreeva I.G. et al. Tendencies in auditory physiology // Uspekhi Fiziologicheskikh Nauk. – 2015. – 36 (1). – P. 3-23.
  21. Vidal M., Lipshits M., McIntyre J., Berthoz A. Gravity and spatial orientation in virtual 3D-mazes // Journal of Vestibular Research: Equilibrium and Orientation. – 2013. – 13 (4-6). – P. 273-286.
  22. Kolesnikov L.L., Pashinyan G.A., Abramov S.S. Comparison of a virtual microscope laboratory to a regular microscope laboratory for teaching histology // Anatomical Record. – 2011. – 265 (1). – P. 10-14. DOI:10.1002/ar.1036.
  23. Khizhnikova A.E., Klochkov A.S., Kotov-Smolenskiy A.M. et al. Virtual reality as an upper

limb rehabilitation approach // Human Physiology. – 2017. – 43 (8). – P. 855-862.  
DOI:10.1134/S0362119717080035.