

Опыт и перспективы использования технологий виртуальной реальности в медицине

Д. А. Дьяченко¹, А. А. Коваленко^{1,2}, Ю. Л. Васильев²

¹Институт клинической медицины имени Н. В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), Москва

²Университетская клиническая больница № 5 ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), п/о Введенское, г. Звенигород

РЕЗЮМЕ

VR- и AR-технологии позволяют не только облегчить работу оперирующим хирургам, но и сделать обучение молодых специалистов более эффективным, ведь рисунки в учебнике не дают полного понимания устройства организма человека.

Цель обзора. Качественная оценка использования VR-технологий в медицине, которые можно рассматривать с трех сторон: в обучении студентов, в работе врачей и для реабилитации пациентов.

Материалы и методы. Был проведен информационный поиск по ресурсам eLibrary, PubMed, CyberLeninka за последние 10 лет. Ключевыми словами стали термины дополненной и виртуальной реальности, а также совокупность ключевых слов по сопряженной коморбидности.

Выводы. При малоинвазивных операциях MR-технологии способны повысить точность хирургического вмешательства, что увеличит вероятность успеха проведенной операции. MR-технологии являются более перспективным направлением в медицине, чем VR- и AR-технологии. Технологии смешанной реальности могут использоваться и в обучении студентов, и в предоперационном планировании, и во время самой хирургической операции. Относительная быстрота создания MR-изображения делает более быстрыми и точными постановку диагноза, разработку схемы лечения больного, а также более эффективным и простым общение между врачами и пациентами.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: реабилитация, коморбидный пациент, виртуальная реальность, дополненная реальность.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Experience and prospects of using virtual reality technologies in medicine

D. A. Dyachenko, A. A. Kovalenko, Yu. L. Vasiliev

First Moscow State Medical University n.a. I. M. Sechenov, Moscow, Russia

SUMMARY

VR/AR technologies make it possible not only to facilitate the work of operating surgeons, but also to make the training of young specialists more effective, because the drawings in the textbook do not provide a complete understanding of the structure of the human body.

The purpose of this review is to qualitatively assess the use of VR technologies in medicine, which can be considered from three sides: in teaching students, in the work of doctors, and for the rehabilitation of patients.

Materials and methods. An information search was conducted on the resources of eLibrary, PubMed, CyberLeninka over the past 10 years. The keywords were the terms of augmented and virtual reality, as well as a set of keywords for associated comorbidity.

Conclusions. In minimally invasive operations, MR technologies can improve the accuracy of surgical intervention, which will increase the likelihood of success of the operation. MR technologies are a more promising area in medicine than VR and AR technologies. Mixed reality technologies can be used in student education, preoperative planning, and during the surgical operation itself. The relative speed of creating an MR image makes it faster and more accurate to make a diagnosis, develop a patient treatment regimen, as well as more efficient and simple communication between doctors and patients.

KEYWORDS: rehabilitation, comorbid patient, virtual reality, augmented reality.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare no conflict of interest.

Актуальность

Технология виртуальной реальности (virtual reality, VR) – это комплексная технология, позволяющая погрузить человека в иммерсивный виртуальный мир при использовании специализированных устройств (шлемов виртуальной реальности). Виртуальная реальность обеспечивает полное погружение в компьютерную среду, окружающую пользователя и реагирующую на его действия естественным образом.

Первым в мире 3D-дисплеем стала разработка Мортон Хейлига в 1956 году (Sensorama), и использовалась она в парках развлечений. Помимо стереоскопического видео,

данный прибор имел звук, генератор запахов и посадочное место с вибрацией в соответствии с «картинкой», что способствовало полному погружению в виртуальный мир. К настоящему дню данное изобретение модифицировалось, но так и осталось аттракционом – это современные 7D-кинотеатры. Поэтому можно сказать, что развитие технологий виртуальной реальности началось с середины прошлого века.

Помимо технологий виртуальной реальности, существуют технологии дополненной реальности (augmented reality, AR). Отличие их заключается в том,

что VR-технологии обеспечивают полное погружение человека в компьютерный мир, а AR-технологии сочетают объекты из виртуального мира с реальностью. Первый шлем дополненной реальности был разработан сотрудниками Линкольновской лаборатории Массачусетского технологического университета в 1968 году, система носила название Sword of Damocles. Шлем работал с помощью специальной программы на компьютере, где хранились двумерные картинки 3D-объекта с разных ракурсов, которые демонстрировались зрителю в определенной последовательности исходя из положения головы [1].

На сегодняшний день технологии виртуальной реальности у многих ассоциируются лишь с компьютерными играми, но, на самом деле, это самое посредственное их использование. Одним из направлений использования технологии виртуальной реальности является медицина, причем многие ее направления – от обучения студентов медицинских университетов до хирургии. Рассмотрим ряд направлений, использующих VR- и AR-технологии в наши дни.

Первым медицинским направлением, которое начало внедрять виртуальные технологии в свою работу, стала неврология. Обусловлено это наличием ряда заболеваний, не поддающихся лечению традиционными методами из-за их малой сенсорной активности. К ним относятся, например, инсульт, рассеянный склероз, болезнь Паркинсона, синдром Дауна, ДЦП и другие. VR-технологии через игровое взаимодействие постоянно стимулируют активность нервной системы, что способствует восстановлению необходимых нейронных связей в головном мозге.

Свое развитие VR- и AR-технологии получили также в травматологии. Связано это прежде всего с попытками немедикаментозного способа снижения боли, так как классические обезболивающие нарушают работу желудочно-кишечного тракта. В ходе исследований было установлено, что погружение в виртуальную реальность способствует расслаблению, снятию напряжения и даже снижению интенсивности болевых ощущений.

В хирургии в последние годы виртуальные технологии позволяют выполнять сложные операции. Причем их использование помогает как при подготовке и планировании операции при помощи 3D-моделирования, так и во время осуществления самого хирургического вмешательства.

В апреле 2016 года основатель компании Medical Realities Tutorial д-р Шафи Ахмед оперировал рак кишечника в Лондоне, а эту трансляцию в формате VR могли увидеть из любой точки планеты. Панорамная камера над хирургическим столом давала зрителям возможность рассмотреть все детали операции под разными углами и максимально близко.

VR- и AR-технологии позволяют не только облегчить работу оперирующим хирургам, но и сделать обучение молодых специалистов более эффективным, ведь рисунки в учебнике не дают полного понимания устройства организма человека. Например, за счет использования VR-симуляторов операций, различных 3D-моделей органов и трансляций настоящих операций обучение студентов становится более продуктивным [2].

Разработки новых способов применения виртуальной реальности в медицине идут по всему миру. Появляется все больше новых методик применения VR-технологий, которые облегчают работу врачей и делают лечение пациентов более эффективным.

Использование VR- и AR-технологий в хирургических операциях значительно облегчает работу хирургов. Осуществляется объемная и поверхностная визуализация органов, границ раздела, что позволяет быстро идентифицировать скрытые объекты и критически важные структуры (например, инородные тела, новообразования).

Помимо этого, снижается умственная нагрузка на хирурга. Во время операции врачу необходимо держать в голове большое количество информации, сопоставлять результаты исследования пациента и его клинической картины. Использование технологий дополненной реальности позволяет хирургу сконцентрировать внимание на оперативных действиях, что даже сокращает время проведения самой операции.

В последние годы VR- и AR-технологии все чаще используют в кардиохирургии. Это связано с тем, что сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смерти по всему миру. По предварительным прогнозам, к 2030 году смертность из-за болезней сердца составит около 23,6 млн человек. Поэтому сейчас большое внимание уделяют использованию современных технологий в данной области для увеличения эффективности лечения [3].

Цель настоящего обзора заключается в качественной оценке использования VR-технологий в медицине, которые можно рассматривать с трех сторон: в обучении студентов, в работе врачей и для реабилитации пациентов.

Материалы и методы

Был проведен информационный поиск по ресурсам eLibrary, PubMed, CyberLeninka за последние 10 лет. Ключевыми словами стали термины дополненной и виртуальной реальности, а также совокупность ключевых слов по сопряженной коморбидности.

Результаты

В последние годы VR- и AR-технологии все чаще используют в кардиохирургии. Это связано с тем, что сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смерти по всему миру. По предварительным прогнозам, к 2030 году смертность из-за болезней сердца составит около 23,6 млн человек. Поэтому сейчас большое внимание уделяют использованию современных технологий в данной области для увеличения эффективности лечения [3].

Большого развития на данном этапе достигло использование VR- и AR-технологий в сфере обучения. Как студенты, так и хирурги с помощью виртуальных технологий могут улучшать свои навыки для уменьшения ошибок на практике и выполнять тренировочные сценарии для изучения необходимых клинических задач. Происходит улучшение ориентации и трехмерного понимания анатомических структур и патологий, связанных с ними, улучшаются зрительно-пространственные навыки [4].

Биомедицинские инженеры из Университета Дьюка (США) разработали гидродинамический VR-симулятор Harvis (2020), который может моделировать кровотоки во всей артериальной системе, включая изображение движения отдельных клеток крови. При необходимости система может также моделировать кровоснабжение всего организма человека [4, 5]. В последние годы создаются такие системы, как The Stanford Virtual Heart Project, Microsoft Holoanatomy, Simantha. Важно понимать, что обучение кардиологическим вмешательствам с использованием технологий виртуальной реальности не может заменить традиционные методы обучения. Данные технологии могут стать вспомогательным инструментом в обучении, но не полностью его реализовывать [6–11].

Помимо образовательного процесса, виртуальные технологии постепенно начинают внедряться в работу хирургов, причем как на этапе предоперационного планирования, так и в оперативное вмешательство. Была показана техническая возможность создания 3D-голограмм при взаимодействии света с физическими объектами и создания MR в условиях лаборатории по зондированию и коронарографии сосудов сердца. В исследовании принимали участие пациенты с дефектами перегородок сердца, коронарной артерии, шунтом Гленна и др. Все опознавательные точки успешно идентифицированы как на созданных голограммах, так и при проведении сравнительной оценки традиционными методами, что показывает перспективность применения этих технологий в кардиологии [3, 10, 11].

Использование виртуальных технологий для реабилитации пациентов направлено, как правило, на уменьшение острой и хронической боли путем отвлечения внимания. Если говорить про реабилитацию пациентов в контексте кардиохирургического отделения, то использование здесь VR-технологий на данном этапе используется для облегчения мониторинга за пациентами и более доступного взаимодействия между врачом и пациентом.

Виртуальные технологии в реабилитации кардиологических пациентов virtual CR являются эффективной дополнительной и (или) альтернативной формой реабилитации по сравнению с обычными программами госпитальной и амбулаторной кардиореабилитации. Virtual CR может включать оценку, мониторинг, профилактику, вмешательство, надзор, образование, консультации и коучинг. F. Giallauria *et al.* оценивали эффективность использования virtual CR у пациентов, перенесших инфаркт миокарда. Отличительной особенностью исследования явилось разделение пациентов на три группы: первая группа проходила программу реабилитации в условиях реабилитационного центра, вторая группа – домашнюю реабилитацию без мониторинга и третья – домашнюю реабилитацию с мониторингом посредством virtual CR. Сеансы проводили три раза в неделю в течение 8 недель. Повышение физической работоспособности было сопоставимо у пациентов, проходивших реабилитацию в амбулаторном центре и дома с использованием технологий virtual CR. Важно отметить, что пациенты, которые

тренировались в домашних условиях без мониторинга, не показали положительного эффекта программы реабилитации. Благодаря технологиям пациентам не нужно заниматься физическими упражнениями в группе или даже находиться под наблюдением в режиме реального времени. Пациенты могут участвовать в программе в удобное для них время, что повышает эффективность реабилитационных мероприятий.

Проблемой является то, что в группе риска сердечно-сосудистых заболеваний находятся люди пожилого возраста, из которых далеко не все владеют коммуникационными технологиями. Также есть пациенты, которым некомфортно проходить реабилитацию посредством виртуальных технологий. Поэтому важно учитывать и фактор компьютерной грамотности населения [12, 13].

По данным Минздрава и Всемирной организации здравоохранения, 90% пациентов с двигательной дисфункцией не восстанавливают большую часть утраченных навыков, что приводит к их частичной или полной недееспособности. Если говорить об инсульте, то лечение и реабилитация состоят из четырех этапов – от срочной помощи до занятий ЛФК, лечебной физкультурой или развития моторики.

На поздних этапах, когда основные двигательные навыки в порядке, важно постоянно работать над мелкой моторикой. Поэтому опять нужно возвращаться в больницу или постоянно посещать врача для занятий. Это привязывает пациента к медучреждению, могут быть неудобства с логистикой [14–19]. Работа с виртуальной реальностью позволяет пациентам сразу видеть результаты своих усилий, что оказывает выраженное благотворное влияние на психологическую реабилитацию и мотивирует пережившего инсульт к занятиям. Обратная связь – подкрепление может быть получена как в процессе решения задач, так и после выполнения задания в виде визуального, слухового, а иногда и тактильного подкрепления. Предполагают, что виртуальная реальность способна стимулировать моторную кору и за счет такого свойства мозга, как пластичность, увеличивать реабилитационный потенциал человека [20–23].

Раскрывается потенциал виртуальной и дополненной реальности в лечении и коррекции различных страхов и тревоги. Тревожные расстройства и фобии распространены в мире, а их лечение является актуальной задачей, поэтому важно рассмотреть использование технологий VR для ее решения. Использование VR-терапии в лечении дентофобии описано в ряде работ. В исследовании, проведенном в центре гигиены полости рта стоматологического факультета Университета СЕГИ (Малайзия), приняли участие 30 пациентов в возрастном диапазоне 18–50 лет. Пациенты погружались в виртуальную реальность, представляющую стоматологический кабинет. При этом использовалось несколько сценариев, включающих виртуального стоматолога, находящегося рядом с пациентом, стоматологические инструменты, осмотр ротовой полости стоматологом, инъекции, приближение стоматолога с неработающей и включенной бормашиной. Это позволяло пациентам под контролем медработников виртуально погружаться в ситуации, в которых у них возникали

фобии, и постепенно их преодолевать. Для повышения реалистичности в некоторых экспериментах добавляли запахи путем помещения капель жидкости медицинских препаратов рядом с пациентом. Достоинством является то, что симуляции VR можно персонифицировать, запускать постепенно, в любом удобном месте и в любое время, останавливать симуляцию в любой момент, повторять ее многократно, предотвращать психоэмоциональное травмирование пациента, достигая устойчивого терапевтического эффекта [3].

Обсуждение результатов

В результате анализа зарубежного опыта применения технологий виртуальной, дополненной и смешанной реальности в медицине была показана их высокая эффективность. Данные технологии могут быть успешно использованы в самых разных областях медицины: как в хирургии, так и для лечения неврологических заболеваний, фобий и тревожных расстройств. Важным аспектом является внедрение VR- и AR-технологий в систему медицинского образования и повышения уровня профессиональных навыков медицинских работников [24–29].

Большую популярность сейчас набирают MR-технологии, появившиеся в последние годы и представляющие собой комбинацию VR- и AR-технологий. По отдельности данные технологии действительно не всегда применимы на практике. Это связано с тем, что полное погружение в виртуальную реальность не может быть использовано, например, при хирургических операциях, так как отсутствует возможность взаимодействовать с реальным миром. Что касается AR-технологий, то приборы, которые реализуют сочетание реальной и виртуальной среды, являются зачастую громоздкими устройствами, что ограничивает их использование в рутинных хирургических операциях. MR-технологии дают возможность пользователям воспринимать как окружающую среду вокруг них, так и виртуальные объекты, представленные с помощью дисплеев. Помимо этого, устанавливается интерактивная обратная связь между виртуальным и реальным миром для усиления ощущения реальности происходящего. Такое нарушение границ между виртуальным и реальным миром может дать бесконечные возможности для инноваций в медицинской сфере.

В первую очередь MR-технологии успешно интегрируются в обучение студентов, предоставляя возможность лучше понимать анатомию человеческого тела и регулярно проверять свои умения на хирургических тренажерах [30].

Есть некоторые сдерживающие факторы, которые могут препятствовать развитию виртуальных технологий в системе здравоохранения. Например, противопоказания у некоторых пациентов (тошнота, головокружение, боли в шейном отделе при погружении в виртуальную реальность), детализация графических и визуальных моделей, точность совмещения виртуальной и физической реальности, а также недостаточный объем клинических исследований и испытаний с позиций доказательной медицины.

На основе приведенных данных можно сделать вывод, что виртуальные технологии позволяют добиваться существенных положительных результатов и определенно

являются перспективным направлением развития. Однако следует понимать, что VR-технологии не могут полноценно заменить существующие методы профилактики, лечения и реабилитации пациентов, а лишь являются дополнением, которое значительно облегчает работу врачам, ускоряет выздоровление пациентов и делает более эффективным и продуктивным обучение студентов, повышая качество как оказываемой медицинской помощи, так и образования.

Для успешного внедрения технологий виртуальной реальности в систему здравоохранения необходимы консолидированные усилия и медицинских работников, и разработчиков данных технологий, и преподавательского состава медицинских университетов [3].

Вывод

При малоинвазивных операциях MR-технологии способны повысить точность хирургического вмешательства, что увеличит вероятность успеха проведенной операции. Благодаря непрерывному анализу данных интраоперационная навигация при малоинвазивной хирургии может стать одним из важнейших направлений исследований в хирургии будущего. Но, несмотря на множество плюсов использования данной технологии, время работы в операционной не сократится, так как требуется сложная предоперационная подготовка в виде калибровки приборов, чтобы их точность при работе была максимальной.

Таким образом, MR-технологии являются более перспективным направлением в медицине, чем VR- и AR-технологии. Технологии смешанной реальности могут использоваться и в обучении студентов, и в предоперационном планировании, и во время самой хирургической операции. Относительная быстрота создания MR-изображения делает более быстрыми и точными постановку диагноза, разработку схемы лечения больного, а также более эффективным и простым общение между врачами и пациентами. Применение MR-технологий в медицинской сфере находится только в начале своего пути, но уже сейчас можно сказать, что оно обладает хорошими перспективами развития и может способствовать быстрому развитию медицины и увеличению качества медицинской помощи [30].

Список литературы / References

1. Карлов А. В., Секлетова Н. Н. Виртуальная реальность. История развития. Экономика и социум. 2017. № 4 (35). С. 675–679.
Karlov A. V., Sekletova N. N. Virtual reality. History of development. Economy and society. 2017. No. 4 (35). P. 675–679.
2. Российские сети. Концепция «Цифровая трансформация 2030». Ссылка активна на 23.04.23.
Russian networks. The concept 'Digital Transformation 2030'. Accessed April 23, 2023. (In Russ.) https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf
3. Николаев В. А., Николаев А. А. Опыт и перспективы использования технологий виртуальной, дополненной и смешанной реальности в условиях цифровой трансформации системы здравоохранения. Медицинские технологии. Оценка и выбор. 2020; с. 35–42.
Nikolaev V. A., Nikolaev A. A. Experience and prospects for the use of virtual, augmented and mixed reality technologies in the context of digital transformation of the healthcare system. Medical technologies. Evaluation and choice. 2020; P. 35–42.
4. Аксенова Е. И., Горбатов С. Ю. Технологии виртуальной и дополненной реальности в здравоохранении. 2021; с. 10–23.
Aksenova E. I., Gorbato S. Yu. Technologies of virtual and augmented reality in healthcare. 2021; P. 10–23.
5. Korzeniowski P., White R. J., Bello F. VCSim3: a VR simulator for cardiovascular interventions. Int J Comput Assist Radiol Surg. 2018 Jan; 13 (1): 135–149. DOI: 10.1007/s11548-017-1679-1.

6. Тарасенко Е. А., Эйгель М. Я. Виртуальная медицина: основные тенденции применения технологий дополненной и виртуальной реальности в здравоохранении. Врачи и информационные технологии. 2021. № 2. С. 46–59. eLIBRARY ID: 46661007.
Tarasenko E. A., Eigel M. Ya. Virtual medicine: The main trends in the use of augmented and virtual reality technologies in healthcare. Physician and Information Technology. 2021. No. 2. pp. 46–59. eLIBRARY ID: 46661007.
7. Silva JNA, Southworth M, Raptis C, Silva J. Emerging Applications of Virtual Reality in Cardiovascular Medicine. JACC Basic Transl Sci. 2018 Jun 25; 3 (3): 420–430. DOI: 10.1016/j.jaccbts.2017.11.009. PMID: 30062228; PMCID: PMC 6058998.
8. Pi D, Liu J, Wang Y. Review of computer-generated hologram algorithms for color dynamic holographic three-dimensional display. Light Sci Appl. 2022 Jul 26; 11 (1): 231. DOI: 10.1038/s41377-022-00916-3.
9. Jennifer N Avari Silva, Mary Beth Privitera, Michael K. Southworth, Jonathan R. Silva. Development and Human Factors Considerations for Extended Reality Applications in Medicine: The Enhanced Electrophysiology Visualization and Interaction System (ELVIS). 2020; P. 4–5.
10. Хотенко Е. В. Применение 3D-голограмм в медицине. Е. В. Хотенко, А. В. Мелухевич; науч. рук. Л. В. Маркова. Материалы 74-й студенческой научно-технической конференции [Электронный ресурс]. Белорусский национальный технический университет. Факультет информационных технологий и робототехники; сост. В. А. Мартинювич. Минск: БНТУ, 2018. С. 175–177.
Khotenko E. V. Application of 3D holograms in medicine. E. V. Khotenko, A. V. Melyukhevich; scientific hands L. V. Markova. Materials of the 74th student scientific and technical conference [Electronic resource]. Belarusian National Technical University, Faculty of Information Technology and Robotics; comp. V. A. Martinovich. Minsk: BNTU, 2018. pp. 175–177.
11. Aslani N, Behmanesh A, Garavand A, Maleki M, Davoodi F, Shams R. The Virtual Reality Technology Effects and Features in Cardiology Interventions Training: A Scoping Review. Med J Islam Repub Iran. 2022 Jul 11; 36: 77. DOI: 10.47176/mjri.36.77. PMID: 36128285; PMCID: PMC 9448494.
12. Lear S. A. The Delivery of Cardiac Rehabilitation Using Communications Technologies: The 'virtual' Cardiac Rehabilitation Program. DOI: 10.1016/j.cjca.2018.07.009.
13. Каменская О. В., Логинова И. Ю., Климова А. С., Таркова А. Р., Найденов Р. А., Кретов Е. И., Ломиворотов В. В. Телемедицинские системы в кардиореабилитации: обзор современных возможностей и перспективы применения в клинической практике. Российский кардиологический журнал. 2020; 25 (6): 3365. DOI: 10.15829/1560-4071-2020-3365.
Kamenskaya O. V., Loginova I. Yu., Klimova A. S., Tarkova A. R., Naydenov R. A., Kretov E. I., Lomivorotov V. V. Telemedicine systems in cardiorehabilitation: A review of modern possibilities and prospects for application in clinical practice. Russian Journal of Cardiology. 2020; 25 (6): 3365. DOI: 10.15829/1560-4071-2020-3365.
14. Ramaswamy RK, Marimuthu SK, Ramarathnam KK, Vijayasekharan S, Rao KGS, Balakrishnan KR. Virtual reality-guided left ventricular assist device implantation in pediatric patient: Valuable presurgical tool. Ann Pediatr Cardiol. 2021 Jul-Sep; 14 (3): 388–392. DOI: 10.4103/apcc.apcc_81_21. Epub 2021 Aug 17. PMID: 34667413; PMCID: PMC 8457285.
15. Castellanos JM, Barbary D, Yefimov A, Dang PN. Preoperative planning using virtual reality for percutaneous transcatheter valve-in-valve transcatheter mitral valve replacement: A case report. Eur Heart J Case Rep. 2022 Oct 6; 6 (10): ytac384. DOI: 10.1093/ehjcr/ytac384. PMID: 36285227; PMCID: PMC 9585901.
16. Mill J, Montoliu H, Moustafa AH, Olivares AL, Albors C, Aguado AM, Medina E, Ceresa M, Freixa X, Arzamendi D, Cochet H, Camara O. Domain expert evaluation of advanced visual computing solutions and 3D printing for the planning of the left atrial appendage occluder interventions. Int J Bioprint. 2022 Nov 14; 9 (1): 640. DOI: 10.18063/ijb.v9i1.640. PMID: 36636130; PMCID: PMC 9830994.
17. Pourmand A, Davis S, Marchak A, Whiteside T, Sikka N. Virtual reality as a clinical tool for pain management. Curr Pain Headache Rep. 2018 Jun 15; 22 (8): 53. DOI: 10.1007/s11916-018-0708-2.
18. Медицина в «полном объеме»: как виртуальная реальность спасает людей. [Электронный ресурс]. URL: <https://naked-science.ru/article/sci/medicina-v-polnom-obeme>
Medicine in 'full scope': How virtual reality saves people. [Electronic resource]. URL: <https://naked-science.ru/article/sci/medicina-v-fulnom-obeme>
19. «Наша технология – это мозг и глаза врача» [Электронный ресурс]. URL: <https://rb.ru/young/mdink/>
'Our technology is the brain and eyes of a doctor' [Electronic resource]. URL: <https://rb.ru/young/mdink/>
20. Захаров А. В., Хивинцева Е. В., Чаплыгин С. С., Стариковский М. Ю., Елизаров М. А., Колсанов А. В. Двигательная реабилитация пациентов в остром периоде инсульта с использованием технологии виртуальной реальности. Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. Спецвыпуски. 2021; 121 (8–2): 71–75.
Zakharov AV, Khivintseva EV, Chaplygin SS, Starikovskiy MYu, Elizarov MA, Kolsanov AV. Motor rehabilitation of patients in the acute period of stroke using virtual reality technology. Journal of Neurology and Psychiatry n.a. S. S. Korsakov. 2021; 121 (8–2): 71–75. (In Russ.) <https://doi.org/10.17116/jnevro202112108271>
21. Краснова-Гольева В. В., Гольев М. А. Виртуальная реальность в реабилитации после инсульта [Электронный ресурс]. Современная зарубежная психология. 2015. Том 4. № 4. С. 39–44. DOI: 10.17759/jmfp.2015040406.
Krasnova-Golyeva V. V., Golyev M. A. Virtual reality in rehabilitation after a stroke [Electronic resource]. Modern Foreign Psychology. 2015. Volume 4. No. 4. P. 39–44. DOI: 10.17759/jmfp.2015040406.
22. Семь цифровых систем для реабилитации после инсульта [Электронный ресурс]. URL: <https://evercare.ru/news/7-cifrovyykh-sistem-dlya-reabilitatsii-posle-insulta>
Seven digital systems for rehabilitation after a stroke [Electronic resource]. URL: <https://evercare.ru/news/7-cifrovyykh-sistem-dlya-reabilitatsii-after-insulta>
23. Топ-5 стартапов в здравоохранении, специализирующихся на виртуальной и дополненной реальности [Электронный ресурс]. URL: <https://evercare.ru/news/top-5-startapov-v-zdravookhraneni-spezializiruyuschikhsya-na-virtualnoy-i-dopolnennoy>
Top 5 healthcare startups specializing in virtual and augmented reality [Electronic resource]. URL: <https://evercare.ru/news/top-5-startapov-v-zdravookhraneni-spezializiruyuschikhsya-na-virtualnoy-i-dopolnennoy>
24. VR-нейроинтерфейс для людей с альцгеймером. [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/post/511398/>
VR neural interface for people with Alzheimer's. [Electronic resource]. URL: <https://habr.com/ru/post/511398/>
25. Saneinia S, Zhou R, Gholizadeh A, Asmi F. Immersive media-based tourism emerging challenge of VR addiction among generation Z. Front Public Health. 2022 Jul 1; 10: 833658. DOI: 10.3389/fpubh.2022.833658.
26. Шалькевич Л. В. Влияние реабилитационных технологий с использованием виртуальной реальности на качество жизни детей с детским церебральным параличом. Журнал Гродненского государственного медицинского университета. 2021. Т. 19. № 1. С. 40–45. DOI: 10.25298/2221-8785-2021-19-1-40-45.
Shalkevich L. V. The impact of rehabilitation technologies using virtual reality on the quality of life of children with cerebral palsy. Journal of Grodno State Medical University. 2021. V. 19. No. 1. P. 40–45. DOI: 10.25298/2221-8785-2021-19-1-40-45.
27. Котельникова А. В., Погонченкова И. В., Даминов В. Д., Кукушина А. А., Лазарева Н. И. Виртуальная реальность в коррекции болевого синдрома у пациентов с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями крупных суставов и позвоночника. Вестник восстановительной медицины. 2020; 96 (2): 41–48. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-96-2-41-48>
Kotelnikova A. V., Pogonchenkova I. V., Daminov V. D., Kukshina A. A., Lazareva N. I. Virtual reality in the correction of pain in patients with degenerative-dystrophic diseases of large joints and spine. Bulletin of Restorative Medicine. 2020; 96 (2): 41–48. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-96-2-41-48>
28. Alemanno F, Houdayer E, Emedoli D, Locatelli M, Mortini P, Mandelli C, Raggi A, Iannaccone S. Efficacy of virtual reality to reduce chronic low back pain: Proof-of-concept of a non-pharmacological approach on pain, quality of life, neuropsychological and functional outcome. PLoS One. 2019 May 23; 14 (5): e0216858. DOI: 10.1371/journal.pone.0216858.
29. Zhang J, Lu V, Khanduja V. The impact of extended reality on surgery: a scoping review. Int Orthop. 2023 Mar; 47 (3): 611–621. DOI: 10.1007/s00264-022-05663-z. Epub 2023 Jan 16. PMID: 36645474; PMCID: PMC 9841146.
30. Hu HZ, Feng XB, Shao ZW, Xie M, Xu S, Wu XH, Ye ZW. Application and Prospect of Mixed Reality Technology in Medical Field. Curr Med Sci. 2019 Feb; 39 (1): 1–6. DOI: 10.1007/s11596-019-1992-8. Epub 2019 Mar 13. Erratum in: Curr Med Sci. 2021 Feb; 41 (1): 188. PMID: 30868484.

Статья поступила / Received 11.05.23

Получена после рецензирования / Revised 15.05.23

Принята к публикации / Accepted 25.05.23

Сведения об авторах

Дьяченко Дарья Андреевна, студентка¹

Коваленко Алексей Анатольевич, к. м. н., доцент кафедры восстановительной медицины, реабилитации и курортологии¹, главный врач².
ORCID: 0000-0002-3333-0220

Васильев Юрий Леонидович, д. м. н., проф. кафедры оперативной хирургии и топографической анатомии¹.
ORCID: 0000-0003-3541-6068

¹Институт клинической медицины имени Н. В. Склифосовского ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), Москва

²Государственная клиническая больница № 5 ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), п/о Введенское, г. Звенигород

Автор для переписки: Васильев Юрий Леонидович. E-mail: y_vasiliev@list.ru

About authors

Dyachenko Daria A., student of Institute of Clinical Medicine n.a. N. V. Sklifosovsky

Kovalenko Alexey A., PhD Med, associate professor at Dept of Restorative Medicine, Rehabilitation and Balneology of Institute of Clinical Medicine n.a. N. V. Sklifosovsky, chief physician of University Clinical Hospital No. 5.
ORCID: 0000-0002-3333-0220

Vasiliev Yuri L., DM Sci (habil.), professor at Dept of Operative Surgery and Topographic Anatomy of Institute of Clinical Medicine n.a. N. V. Sklifosovsky.
ORCID: 0000-0003-3541-6068

First Moscow State Medical University n.a. I. M. Sechenov, Moscow, Russia

Corresponding author: Vasiliev Yuri L. E-mail: y_vasiliev@list.ru

Для цитирования: Дьяченко Д. А., Коваленко А. А., Васильев Ю. Л. Опыт и перспективы использования технологий виртуальной реальности в медицине. Медицинский алфавит. 2023; (16): 82–86. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-16-82-86>.

For citation: Dyachenko D. A., Kovalenko A. A., Vasiliev Yu. L. Experience and prospects of using virtual reality technologies in medicine. Medical alphabet. 2023; (16): 82–86. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2023-16-82-86>.

