

УДК 616.832-004.21:004.387

DOI: 10.35693/2500-1388-2019-4-3-25-29

Эффективность реабилитации пациентов с рассеянным склерозом в виртуальной реальности

А.В. Захаров, Е.В. Хивинцева, А.В. Колсанов, А.С. Воронин

Аннотация

Цель – изучение результатов применения виртуальной реальности для реабилитации пациентов с рассеянным склерозом.

Материал и методы. Проведен библиографический обзор базы данных PubMed по ключевым словам «рассеянный склероз» и «виртуальная реальность». Обзор проводился в соответствии с рекомендациями «Предпочтительные параметры отчетности для систематических обзоров и метаанализа» (PRISMA).

Результаты. В анализ включено 45 статей. Только 10 статей были подвергнуты окончательному анализу.

Заключение. Виртуальная реальность представляет собой потенциально эффективную альтернативу традиционной двигательной реабилитации для пациентов с рассеянным склерозом.

Ключевые слова: виртуальная реальность, рассеянный склероз, реабилитация, двигательные нарушения, сенсорные нарушения, утомляемость.

Конфликт интересов: не заявлен.

Для цитирования:

Захаров А.В., Хивинцева Е.В., Колсанов А.В., Воронин А.С. Эффективность реабилитации пациентов с рассеянным склерозом в виртуальной реальности. *Наука и инновации в медицине*. 2019;4(3):25-29.
doi: 10.35693/2500-1388-2019-4-3-25-29

ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России (Самара, Россия)

Статья подготовлена в рамках реализации гранта Президента РФ на развитие гражданского общества, предоставленного Фондом президентских грантов «Технологии виртуальной реальности в медико-социальной реабилитации» (договор №18-2-014303).

Сведения об авторах

Захаров А.В. – к.м.н., доцент кафедры неврологии и нейрохирургии.
ORCID: 0000-0003-1709-6195

Хивинцева Е.В. – к.м.н., доцент кафедры неврологии и нейрохирургии.
ORCID: 0000-0002-1878-7951

Колсанов А.В. – д.м.н., профессор РАН, заведующий кафедрой оперативной хирургии и клинической анатомии с курсом инновационных технологий. Web of Science Researcher IDB-6050-2018;
ORCID: 0000-0002-4144-7090

Воронин А. С. – к.м.н., доцент кафедры оперативной хирургии и клинической анатомии с курсом инновационных технологий.
ORCID: 0000-0002-8472-3796

Автор для переписки

Захаров Александр Владимирович

Адрес: Самарский государственный медицинский университет, ул. Чапаевская, 89, г. Самара, Россия, 443099.

E-mail: zakharov1977@mail.ru

Тел.: + 7 (917) 162 03 01.

BP – виртуальная реальность; PC – рассеянный склероз.

Рукопись получена: 06.09.2019

Рецензия получена: 21.09.2019

Решение о публикации принято: 22.09.2019

The effectiveness of rehabilitation of patients with multiple sclerosis in virtual reality

Aleksandr V. Zakharov, Elena V. Khivintseva, Aleksandr V. Kolsanov, Aleksandr S. Voronin

Abstract

Objectives – to review the results of the use of virtual reality for the rehabilitation of patients with multiple sclerosis.

Material and methods. A bibliographic review of the PubMed database was conducted using the keywords "multiple sclerosis" and "virtual reality". The review was performed in accordance with the recommendations of the "Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-analysis" (PRISMA).

Results. The analysis included 45 articles. Only 10 articles were subjected to final analysis.

Conclusion. Virtual reality is a potentially effective alternative to traditional motor rehabilitation for patients with multiple sclerosis.

Keywords: virtual reality, multiple sclerosis, rehabilitation, disordered motor function, sensory disturbance, fatigue.

Conflict of interest: nothing to disclose.

Citation

Zakharov AV, Khivintseva EV, Kolsanov AV, Voronin AS. The effectiveness of rehabilitation of patients with multiple sclerosis in virtual reality. *Science & Innovations in Medicine*. 2019;4(3):25-29.
doi: 10.35693/2500-1388-2019-4-3-25-29
Samara State Medical University (Samara, Russia)

This work was supported by Presidential Grant for Civil Society Development, provided by Presidential Grants Foundation "Virtual reality technologies in medico-social rehabilitation" (№18-2-014303).

Information about authors

Aleksandr V. Zakharov – PhD, Associate Professor, Department of neurology and neurosurgery. ORCID: 0000-0003-1709-6195

Elena V. Khivintseva – PhD, Associate Professor, Department of neurology and neurosurgery. ORCID: 0000-0002-1878-7951

Aleksandr V. Kolsanov – PhD, Professor, Professor of Russian Academy of Sciences, Head of the Department of operative surgery and clinical anatomy with a course of innovative technologies. Web of Science Researcher ID B-6050-2018;
ORCID: 0000-0002-4144-7090

Aleksandr S. Voronin – PhD, Associate Professor, Department of operative surgery and clinical anatomy with a course of innovative technologies.
ORCID: 0000-0002-8472-3796

Corresponding Author

Aleksandr V. Zakharov

Address: Samara State Medical University, 89 Chapayevskaya st., Samara, Russia, 443099.

E-mail: zakharov1977@mail.ru

Phone: + 7 (917) 162 03 01.

Received: 06.09.2019

Revision Received: 21.09.2019

Accepted: 22.09.2019

■ ВВЕДЕНИЕ

Рассеянный склероз (РС) — это воспалительное заболевание, в основе которого лежит процесс демиелинизации, сопровождающийся повреждением миелина центральной нервной системы. Симптоматика, возникающая в момент активного течения заболевания или при его прогрессивном течении, может быть самой разнообразной, но наибольшей инвалидизацией обладают двигательные и координаторные нарушения [1]. На данный момент в течении заболевания наблюдается превалирование так называемого «мягкого течения». Причина этому — создание и широкое внедрение новых препаратов, изменяющих течение РС, воздействующих на различные звенья патогенеза заболевания. Данный подход позволяет проводить терапию с учетом течения заболевания, его активности и в большинстве случаев достичь стабилизации состояния. Таким образом, на современном этапе удается длительно сохранять высокую функциональность у пациентов с РС.

Использование максимального объема реабилитационных возможностей для компенсации двигательных и координаторных нарушений является наиболее актуальным для данных пациентов. Существует множество методик двигательной реабилитации, используемых у пациентов неврологического профиля, и их комплексное использование позволяет достичь значительных результатов. Это позволяет компенсировать утраченную двигательную функцию или адаптировать пациента к двигательным нарушениям, повышая его мобильность и независимость. Как правило, эффективность реабилитационных мероприятий демонстрируют длительные многократные занятия. При этом формируются две основные проблемы, которые порой оказывают влияние на приверженность к реабилитации. Во-первых, большинство реабилитационных упражнений требует многократного, порой монотонного повторения и длительной тренировки. Во-вторых, проведение реабилитации с учетом выраженных двигательных нарушений требует продолжительного пребывания пациентов в реабилитационных центрах под контролем специалиста. В процессе реабилитации достигаются реабилитационное «плато», снижение прогресса восстановления функции и фиксация двигательных нарушений. Отсутствие прогресса может выступать третьей, основной, проблемой, демотивирующей пациента к дальнейшим занятиям. Незначительный прогресс при реабилитации и раннее наступление реабилитационного «плато» могут быть следствием мальадаптации. Как правило, данный вид мальадаптации связан с формированием патологических двигательных стереотипов, компенсирующих двигательные нарушения. На фоне данного процесса дальнейшее восстановление становится практически невозможным. В последнее время использование технологий нейрокомпьютерных интерфейсов и виртуальной реальности дает некоторую надежду на преодоление данного барьера в реабилитации. Это связано в первую очередь с активацией процессов нейропластичности и контролем над мальадаптацией.

Реабилитационные технологии, основанные на использовании VR, могут применяться в рамках теле-реабилитации. Использование дополнительных телеметрических датчиков позволяет проводить объективный контроль за качеством выполнения занятий. Сам процесс реабилитации может быть трансформирован в игровую форму с использованием стимулирующих мотивацию пациентов и снижающих физическую и психическую утомляемость, вызванную монотонным множественным повторением упражнений.

Принимая во внимание эти трудности, возросло количество исследований с использованием игровых приставок в области моторной реабилитации [2]. Виртуальная реальность была предложена в качестве потенциально эффективного метода двигательной реабилитации, поскольку обучение в условиях VR позволяет проводить занятия без снижения заинтересованности пациента, сохраняя высокую мотивированность к продолжению занятий. Использование мультимодальной биологически обратной связи позволяет персонализировать реабилитационный процесс [3, 4].

■ ЦЕЛЬ

Изучение результатов эффективности применения VR в двигательной реабилитации пациентов с РС. Акцент сделан на анализе работ, посвященных восстановлению двигательной функции.

■ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Обзор основан на результатах поиска опубликованных статей, доступных в базах данных PubMed (Medline) в июне 2019 года. Обзор проводился в соответствии с рекомендациями «Предпочтительных параметров отчетности для систематических обзоров и метаанализа» (PRISMA) [5]. Поиск производился по ключевым словам «рассеянный склероз» и «виртуальная реальность».

Выбор статей проводился в три этапа. Первым шагом был поиск в базах данных статей, в названии которых присутствовали ключевые слова. Вторым этапом было исключение работ, носивших обзорный характер или в основе которых не прослеживалось качественно проведенного исследования (наличие критериев включения, исключения, оценка двигательной функции и т.д.). На последнем этапе проводился полный анализ статей, прошедших предшествующие этапы отбора.

После удаления дубликатов три автора независимо друг от друга оценивали названия.

Изначально в результате проведенного поиска было включено 45 статей. На втором этапе было исключено 35 статей как не соответствующих задачам исследования — эффективности применения VR у пациентов с РС для восстановления двигательной функции. Таким образом, в исследование было включено 10 статей.

Были оценены данные включенных в анализ статей по размеру выборки исследуемых групп, характеристик воздействия VR. Также проведена оценка результатов, полученных в результате проведенных исследований. К сожалению, авторами использовались различные

методы оценки результатов эффективности применения ВР, поэтому объединить данные в метаанализ не представлялось возможным.

■ РЕЗУЛЬТАТЫ

Реабилитационные мероприятия являются одним из наиболее популярных методов лечебного воздействия, направленных на снижение инвалидности и социальных ограничений, возникающих в результате РС. Востребованность двигательной реабилитации особенно высока у пациентов с относительно сохранной моторной функцией конечностей. Длительность таких воздействий может быть значительной, а сами процедуры могут проводиться дистанционно. Пациенты с РС могут начать процесс реабилитации с помощью реабилитационных упражнений в условиях ВР, используя игры с простым и интуитивно понятным интерфейсом. При этом в процессе занятий проводится обучение правильному выполнению движений для достижения поставленных реабилитационных целей.

Технология ВР может обеспечить создание интерактивной среды не только для процесса реабилитации, но и для оценки исходного функционального состояния двигательной функции, а в последующем в качестве динамического контроля процесса реабилитации. На данный момент использование ВР продолжает активно изучаться при других патологиях нервной системы. Например, имеются отдельные публикации об эффективности реабилитации в ВР при детском церебральном параличе, инсульте, болезни Паркинсона, синдроме Дауна, расстройствах аутистического спектра. Также проводятся исследования, сравнивающие отдельные аппаратные средства по эффективности оказываемого ими реабилитационного воздействия. Наибольшее распространение в качестве аппаратных средств получили коммерческие системы ВР. Среди таких систем наибольшей популярностью обладают системы Xbox 360 и Kinect.

Согласно данным проведенных исследований, отмечалась положительная динамика двигательной функции верхних конечностей [6], равновесия [7] и ходьбы [8]. Результаты проведенных исследований также показали, что реабилитация в ВР оказывала положительное воздействие на сенсорную систему, улучшая поструральный контроль и параметры. По результатам данных исследований авторы делают заключение, что занятия в ВР могут служить успешной альтернативой традиционным реабилитационным занятиям, направленным на восстановление двигательной функции, а также могут использоваться как способ повышения мотивации пациентов к занятиям.

Использование только лишь демонстрации виртуального аватара, движение которого контролируется регистрируемыми биометрическими данными, например, с помощью электромиографии или оптической телеметрии, не реализует в себе всего потенциала, который может быть получен при применении ВР. Так, использование других сенсорных каналов для обеспечения биологической обратной связи с виртуальным аватаром и сенсорного подтверждения

выполняемых движений может увеличивать не только степень иммерсии ВР, но и выступать в качестве способов увеличения эффективности реабилитации. Одним из перспективных методов является использование функциональной электрической стимуляции и роботизированных ортезов верхних и нижних конечностей. Данное сочетание воздействий демонстрировало положительное воздействие на восстановление преимущественно проксимальных отделов конечностей при полном отсутствии побочных эффектов. При изолированном использовании данных методов положительный эффект также превышал результаты, получаемые при использовании традиционных методов, но был менее выражен.

Дальнейшее развитие данных технологий позволит увеличить интенсивность реабилитации при минимальном участии реабилитолога.

Использование систем ВР в сравнении с стабилометрическими реабилитационными платформами (например, Biodex Balance System) демонстрирует схожие положительные показатели при восстановлении пострурального контроля и снижения риска падений.

При занятиях в ВР для тренировки равновесия не требовалось постоянного контроля равновесия, что необходимо было проводить при занятиях на стабилометрических платформах. Это приводило к снижению ресурсозатратности реабилитационного процесса и существенному повышению его безопасности.

При использовании технологии дополненной реальности, когда объекты ВР накладываются на изображение реального мира, отмечено положительное влияние на пациентов с РС в виде восстановления функции контроля ходьбы. Также параллельно отмечается улучшение по таким параметрам, как базовая скорость ходьбы и длина шага. Данная динамика была статистически достоверной по описываемым параметрам относительно контрольной группы, не получавшей данный вид реабилитации. Особенно интересно, что данные изменения не исчезают со временем, а сохраняются в качестве достигнутого результата в последующем [8]. Данные показатели возможно экстраполировать в качестве метода реабилитации экстрапирамидной патологии, при которой нарушение походки наблюдается вследствие олигобрадикинезии.

Отдельное исследование по применению телереабилитации на основе системы ВР продемонстрировало улучшение обработки и интеграции сенсорной информации у пациентов с РС, что позволило значительно улучшить контроль баланса и функцию пострурального контроля [2, 9]. Можно предполагать, что данные занятия позволяют активизировать методы пострурального контроля и реагирования при нарушении равновесия. Таким образом, данная методика может служить альтернативой традиционной реабилитации, направленной на восстановление пострурального контроля. Особенно актуальны занятия в ВР в рамках телемедицины при низкой мобильности пациента, удаленности его проживания от реабилитационного центра.

Несмотря на столь обнадеживающие положительные предварительные результаты, необходимы дальнейшие исследования для формирования достаточной доказательной базы о способности данных систем оказывать воздействие на контроль функции равновесия и другие симптомы РС. Также следует дополнительно провести оценку экономической эффективности и оценить влияние их на качество жизни данных пациентов [2].

В качестве реабилитации двигательной функции верхней конечности, в том числе ее координации, могут быть использованы настраиваемые (регулируемые по чувствительности) устройства — ортезы верхней конечности или джойстики для манипуляции объектами ВР. Использование персональных алгоритмов чувствительности и жесткости данных устройств позволяет достичь увеличения сенсорных ощущений при выполнении занятий и, что самое важное, уменьшить утомляемость при их выполнении в случае выраженного пареза или атаксии. При занятиях, направленных на восстановление двигательной функции верхней конечности, отмечалось положительное воздействие на конечность, не участвующую в реабилитационном процессе. Как правило, такая динамика наблюдалась у пациентов с умеренным и выраженным парезом верхней конечности [10]. Сочетание различных способов реабилитации усиливало положительный реабилитационный эффект. Например, при сочетании занятий трудотерапией с занятиями в ВР у пациентов отмечалась положительная динамика относительно исходного двигательного дефицита. Следует отметить, что в данном исследовании использовалась игровая приставка ВР, занятия на которой проводились в течение 20 дней по 30 минут [11].

В качестве еще одной особенности, наблюдающейся у пациентов с РС относительно здоровой популяции, следует отметить нарушение двигательного обучения. Это вызвано несколькими причинами, но ведущими являются патологические изменения, связанные с нарушением биологической обратной связи из-за сенсорных нарушений, а также быстро возникающей утомляемости, не позволяющей достичь необходимого количества повторений для закрепления моторного навыка [12].

Наиболее значимым преимуществом ВР является то, что ВР имеет высокую универсальность для воссоздания

самых разнообразных двигательных упражнений. Также при их использовании возможно устанавливать характеристики реабилитационных упражнений, отслеживать производительность. Возможность получения биометрических данных пациента в процессе реабилитации позволяет создавать мультисенсорную биологически обратную связь и динамически изменять интенсивность реабилитационного процесса [13].

Проведенные исследования подтверждают положительные результаты использования технологии ВР в качестве адьювантного метода реабилитации двигательных, сенсорных и координаторных нарушений при РС. ВР может служить современной дополнительной альтернативой традиционным методам реабилитации при их недоступности или ограниченности применения.

Некоторые авторы указывают на незначительный объем исследуемых выборок пациентов, отсутствие контрольных групп в большинстве исследований, в связи с чем результаты должны интерпретироваться более тщательно. Отдельного изучения требуют оценка утомляемости во время выполнения реабилитационных процедур, а также применение занятий в ВР в рамках телемедицины (в том числе ее экономическое преимущество перед занятиями в реабилитационном центре) и их клиническая эффективность.

■ ВЫВОДЫ

Виртуальная реальность представляет собой мотивационно обоснованную, эффективную альтернативу традиционной двигательной реабилитации для пациентов с РС. Результаты показали, что занятия в ВР могут быть эффективным методом реабилитации РС при самом разнообразном неврологическом дефиците: двигательном, когнитивном, сенсорном, координаторном. Необходимо проведение дальнейших исследований для изучения других эффектов занятий в ВР и укрепления доказательной базы уже полученных клинических эффектов на симптомы заболевания. ■

Конфликт интересов: все авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Poverennova IE, Greshnova IV, Zharinova NO, et al. Influence of PITRS on quality of life of patients with multiple sclerosis. *Science & Innovations in Medicine*. 2018;3(11):53–56. (In Russ.) [Повереннова И.Е., Грешнова И.В., Жаринова Н.О. и др. Влияние ПИТРС на качество жизни пациентов с рассеянным склерозом. *Наука и инновации в медицине*. 2018;3(11):53–56].
2. Ortiz-Gutierrez R, Cano-de-la-Cuerda R, Galan-del-Rio F, et al. A telerehabilitation program improves postural control in multiple sclerosis patients: a Spanish preliminary study. *Int J Environ Res Public Health*. 2013;10(11):5697–5710. doi: 10.3390/ijerph10115697
3. Laver K, George S, Ratcliffe J, Crotty M. Virtual reality stroke rehabilitation – hype or hope? *Aust Occup Ther J*. 2011;58(3):215–219. doi: 10.1111/j.1440-1630.2010.00897.x
4. Lehrer N, Attygalle S, Wolf SL, Rikakis T. Exploring the bases for a mixed reality stroke rehabilitation system, (part I): a unified

approach for representing action, quantitative evaluation, and interactive feedback. *J Neuroeng Rehabil*. 2011;8:51. doi: 10.1186/1743-0003-8-51

5. Hutton B, Salanti G, Caldwell DM, et al. The PRISMA extension statement for reporting of systematic reviews incorporating network meta-analyses of health care interventions: checklist and explanations. *Ann Intern Med*. 2015 Jun 2;162(11):777–84. doi: 10.7326/M14-385
6. Sampson P, Freeman C, Coote S, et al. Using functional electrical stimulation mediated by iterative learning control and robotics to improve arm movement for people with multiple sclerosis. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*. 2016;24(2):235–248. doi: 10.1109/tnsre.2015.2413906
7. Eftekharsadat B, Babaei-Ghazani A, Mohammadzadeh M, et al. Effect of virtual reality-based balance training in multiple sclerosis. *Neurol Res*. 2015;37(6):539–544. doi: 10.1179/1743132815y.0000000013

8. Baram Y, Miller A. Virtual reality cues for improvement of gait in patients with multiple sclerosis. *Neurology*. 2006;66(2):178–181. doi: 10.1212/01.wnl.0000194255.82542.6b
9. Pyatin VF, Kolsanov AV, Sergeeva MS, et al. Changes in patterns of sensorimotor EEG rhythms during motor imagery. *Nauka i innovacii v medicine*. 2016;1(1):46–51. (In Russ.) [Пятин В.Ф., Колсанов А.В., Сергеева М.С. и др. Изменения паттернов сенсомоторных ритмов ЭЭГ при двигательном воображении. *Science & Innovations in Medicine*. 2016;1(1):46–51].
10. Jonsdottir J, Perini G, Ascolese A, et al. Unilateral arm rehabilitation for persons with multiple sclerosis using serious games in a virtual reality approach: Bilateral treatment effect? *Multi Scler Relat Disord*. 2019. Jul;35:76–82. doi: 10.1016/j.msard.2019.07.010
11. Walíño-Paniagua CN, Gómez-Calero C, Jiménez-Trujillo MI, et al. Effects of a game-based virtual reality video capture training program plus occupational therapy on manual dexterity in patients with multiple sclerosis: a randomized controlled trial. *J Healthc Eng*. 2019. Apr 22;2019:1–7. doi: 10.1155/2019/9780587
12. Leocani L, Comi E, Annovazzi P, et al. Impaired short-term motor learning in multiple sclerosis: evidence from virtual reality. *Neurorehabilitation Neural Repair*. 2007;21(3):273–278. doi: 10.1177/1545968306294913
13. Lozano-Quilis JA, Gil-Gomez H, Gil-Gomez JA, et al. Virtual rehabilitation for multiple sclerosis using a kinect-based system: randomized controlled trial. *JMIR Serious Games*. 2014;2(2):12. doi: 10.2196/games.2933