

А.А. Кукшина, А.В. Котельникова,
А.Н. Разумов, И.В. Погонченкова, Е.А. Турова,
М.А. Рассулова, Н.П. Лямина



Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины, Москва, Российская Федерация

Сравнительное когортное исследование применения иммерсивных технологий в комплексной психологической реабилитации пациентов с нарушениями двигательных функций

Обоснование. Успешная коррекция психологических последствий двигательных нарушений является залогом повышения эффективности медицинской реабилитации. Литературные данные о применении иммерсивных технологий в коррекции психоэмоциональных расстройств различного генеза позволяют предположить, что они могут быть эффективны и в контексте психореабилитации пациентов с нарушениями функции движения. Однако в данный момент не существует научно-методической базы, позволяющей широко внедрять высокотехнологичные средства виртуальной и дополненной реальности в практическую работу медицинского психолога в условиях реабилитационного стационара. **Цель исследования** — оценка эффективности включения иммерсивных технологий в комплексную психологическую реабилитацию пациентов с нарушением двигательных функций. **Методы.** Дизайн был запланирован как контролируемое эмпирическое рандомизированное открытое исследование, проводившееся в течение одного календарного года на базе стационара медицинской реабилитации, в котором приняли участие 336 пациентов с нарушениями двигательных функций, возникших в результате перенесенного инсульта или на фоне хронически протекающих дегенеративно-дистрофических заболеваний (ДДЗ) крупных суставов и позвоночника. Сравнение результатов проводилось в трех группах для каждого изучаемого высокотехнологичного средства — основной, сравнения и контрольной. В исследование эффективности использования программы «Визуальная медицина» у пациентов с перенесенным инсультом был включен 81 пациент. Эффективность включения системы виртуальной реальности HTC Vive Focus Plus EEA в психологическую коррекцию болевого синдрома на фоне ДДЗ изучалась у 130 пациентов. В исследовании возможности использования аппаратно-программного комплекса программ резонансно-акустических колебаний (ПРАК) было включено 125 человек с двигательными нарушениями: последствия инсульта ($n = 65$) и последствия хронических ДДЗ ($n = 60$). Основой оценки устойчивости показателей более высокой эффективности психокоррекционных мероприятий с включением иммерсивных технологий была достоверность полученных результатов при $p \leq 0,05$. **Результаты.** С высокой степенью достоверности зафиксирована положительная динамика в отношении восстановления всех видов праксиса у имеющих двигательные нарушения пациентов после перенесенного инсульта при использовании программы «Визуальная медицина»; в отношении психологической коррекции нейропатической и смешанной боли у пациентов с хронически протекающими ДДЗ — при применении системы виртуальной реальности HTC Vive Focus Plus EEA; для достижения устойчивой положительной динамики в коррекции психоэмоционального состояния пациентов с нарушениями двигательных функций — при включении в комплекс психологической реабилитации комплекса ПРАК в режиме «релаксация». **Заключение.** Показана клиническая эффективность применения иммерсивных технологий в отношении психологических последствий нарушения двигательных функций, что вносит существенный вклад в решение проблемы оптимизации работы медицинского психолога в условиях реабилитационного стационара.

Ключевые слова: иммерсивные технологии, психологическая реабилитация, нарушения двигательных функций, инсульт, заболевания суставов
Для цитирования: Кукшина А.А., Котельникова А.В., Разумов А.Н., Погонченкова И.В., Турова Е.А., Рассулова М.А., Лямина Н.П. Сравнительное когортное исследование применения иммерсивных технологий в комплексной психологической реабилитации пациентов с нарушениями двигательных функций. *Вестник РАМН.* 2021;76(5S):544–553. doi: <https://doi.org/10.15690/vramn1631>

Обоснование

Развитие информационно-коммуникационных технологий, сопровождающее медицину с конца XX в., привело к существенному расширению представлений о возможностях модернизации работы специалистов «помогающих» профессий (врачей, педагогов, социальных работников). Научоемкие (высокие) технологии основаны на новых научно-технических знаниях и служат основой для производства высокотехнологичной продукции и оказания услуг, включающих применение электроники и робототехники.

В настоящее время одним из направлений научно-практических разработок являются иммерсивные технологии, среди которых принято различать следующие:

- VR (virtual reality) — виртуальная реальность, т.е. смоделированная искусственная реальность, полностью замещающая человеку действительность;
- AR (augmented reality) — дополненная реальность, сконструированная на основе имеющейся физической реальности с добавлением или наложением на нее виртуальных 3D-объектов;
- MR (mixed reality) — смешанная реальность, представленная устройствами, сочетающими в себе возможности VR и AR в различных комбинациях.

Применение иммерсивных технологий для решения разноплановых задач позволило широко распространить их в различных сферах здравоохранения, что дает возможность проводить высокоточную диагностику и выполнять сложные операции благодаря доступу к необходимым дан-

ным и информации в режиме реального времени. В частности, специалисты-реабилитологи могут теперь повысить эффективность восстановления утраченных функций за счет программирования необходимой обучающей среды, геймификации процесса, формирования мотивации, расширения возможностей коммуникации с пациентом и получения устойчивой обратной связи в режиме моментального реагирования [1–3].

В настоящее время наиболее часто технологии VR и AR применяются в нейрореабилитации у пациентов, перенесших ОНМК [4–6]: литературные данные свидетельствуют о возможности восстановления с их помощью функции ходьбы и координаторных навыков, функции верхней конечности [7, 8].

Современные подходы к реабилитации пациентов с патологией центральной нервной системы и двигательными нарушениями базируются прежде всего на нейропластичности — свойстве головного мозга осуществлять собственную реорганизацию в адаптационных целях, которое в процессе нейрореабилитации проявляется восстановлением функциональных возможностей [9, 10]. Доказано, что традиционные (механизированные) методы нейрореабилитации имеют существенные ограничения, так как их высокая стоимость и техническая сложность не позволяют проводить занятия вне медицинского учреждения [11].

В.Б. Никишина с коллегами (2018) разработали аппаратно-программный комплекс «Визуальная медицина»

для восстановительного обучения пациентов, перенесших инсульт, с помощью алгоритмов компьютерного зрения [11]. Помимо специализированного программного обеспечения, компьютера и веб-камеры, комплекс включает набор упражнений, основанных на теории системного строения и динамической локализации высших психических функций А.П. Лурия [12] и развитии функции в онтогенезе Л.С. Выготского [13]. Методика базируется на принципах развивающего обучения, последовательность движений задается от простого к более сложному. Выполнение упражнений фиксируется видеочкамерой, что позволяет, основываясь на функции обратной связи, формировать у пациента необходимый двигательный навык.

В отношении использования VR и AR в психотерапии и психокоррекции в литературе представлена разноречивая информация. Имеются отдельные сообщения об их применении при коррекции аффективных нарушений после инсульта, однако зачастую они носят феноменологический характер и представляют собой единичные описания клинического случая [14, 15].

В последние десятилетия отмечается рост числа исследований, показавших эффективность применения иммерсивных технологий в лечении ряда расстройств в контексте улучшения общего психологического состояния пациентов. Большинство из них были сосредоточены на лечении тревожных и фобических расстройств, социальных фобий, посттравматического стрессового

A.A. Kukshina, A.V. Kotel'nikova, A.N. Razumov, I.V. Pogonchenkova,
E.A. Turova, M.A. Rassulova, N.P. Lyamina

Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine,
Moscow, Russian Federation

Comparative Cohort Study of the Use of Immersive Technologies in the Complex Psychological Rehabilitation of Patients with Motor Disorders

Background. Successful correction of the psychological consequences of motor disorders is the key to improving the effectiveness of medical rehabilitation. The literature data on the use of immersive technologies in the correction of psychoemotional disorders of various origins suggest that they can also be effective in the context of psychorehabilitation of patients with motor disorders. However, at the moment there is no scientific and methodological base that allows for the widespread introduction of high-tech VR and AR tools into the practical work of a medical psychologist in a rehabilitation hospital. **Aims** — evaluation of the effectiveness of the inclusion of immersive technologies in the complex psychological rehabilitation of patients with motor disorders. **Materials and methods.** The design was planned as a controlled empirical randomized open study conducted during 1 calendar year on the basis of a medical rehabilitation hospital, which involved 336 patients with motor function disorders that occurred as a result of a previous stroke or against the background of chronically occurring degenerative-dystrophic diseases of large joints and spine. The results were compared in three groups for each studied high-tech tool — the main, comparison and control. 81 patients were included in the study of the effectiveness of the use of the Visual Medicine program in patients with stroke. The effectiveness of the inclusion of the HTC Vive Focus Plus EEA virtual Reality System in the psychological correction of pain syndrome against the background of degenerative and dystrophic diseases was studied in 130 patients. The study of the possibility of using the PRAK — hardware and software complex included 125 people with motor disorders: the consequences of stroke ($n = 65$) and the consequences of chronic degenerative-dystrophic diseases ($n = 60$). The basis for assessing the stability of indicators of higher efficiency of psychocorrective measures with the inclusion of immersive technologies in comparison with the comparison groups and control groups was the reliability of the results obtained at $p < 0.05$. **Results.** With a high degree of confidence recorded a positive trend in relation to recovery all kinds of praxis in patients with movement disorders due to stroke, by using the Visual Medicine program; in the case of psychological correction of neuropathic and mixed pain in patients with chronic flowing RSD — with the application of the HTC Vive Focus Plus EEA virtual Reality System; to achieve a stable positive dynamics in the correction of the psychoemotional state of patients with impaired motor functions-when the PRAK — hardware and software complex is included in the “relaxation” mode in the complex of psychological rehabilitation. **Conclusions.** The clinical effectiveness of the use of immersive technologies in relation to the psychological consequences of motor disorders is shown, which makes a significant contribution to solving the problem of optimizing the work of a medical psychologist in a rehabilitation hospital.

Keywords: immersive technologies, psychological rehabilitation, motor disorders, stroke, joint diseases

For citation: Kukshina AA, Kotel'nikova AV, Razumov AN, Pogonchenkova IV, Turova EA, Rassulova MA, Lyamina NP. Comparative Cohort Study of the Use of Immersive Technologies in the Complex Psychological Rehabilitation of Patients with Motor Disorders. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences*. 2021;76(5S):544–553. (In Russ). doi: <https://doi.org/10.15690/vramn1631>

расстройства, зависимости от никотина или алкоголя, лечения боли у онкологических больных и хронической боли, фантомной боли или страха перед болезненными медицинскими процедурами [16–21].

Иммерсивные технологии, направленные на терапию боли, представлены преимущественно так называемыми VR-очками, или VR-шлемом, например, у больных с ожоговой травмой [22]. Исследователи полагают, что в данном случае положительный эффект достигается за счет переключения внимания, что способствует уменьшению болевых ощущений, стимуляции физической активности и повышению уровня мотивации пациентов к движению [23]. Данных об использовании средств виртуальной реальности в медицинской реабилитации пациентов с патологией опорно-двигательного аппарата на сегодняшний день недостаточно, они, как правило, носят неоднородный характер и касаются локальных болевых синдромов — боли в шее, плече или колене в случае артропластики или эндопротезирования [24, 25]. Кроме того, анализ существующих публикаций показал, что при использовании средств VR для купирования боли не учитывались психоэмоциональные аспекты формирования болевого синдрома.

Что касается непосредственного влияния средств VR и AR на эмоциональное состояние пациентов, в настоящий момент разработаны технологии, специфической точкой приложения которых является психоэмоциональная сфера. Например, для проведения индивидуальной психокоррекции методом светозвуковой стимуляции головного мозга предназначен комплекс программ резонансно-акустических колебаний (ПРАК). Основная идея метода заключается в воздействии на головной мозг с определенной звуковой и световой частотой, что ведет к изменению его биоэлектрической активности. Прибор снабжен генератором бинауральных биений, наушниками, экраном для просмотра визуального контента. Бинауральные ритмы применяются в качестве седативного средства, помогающего уснуть [26]. Имеются единичные сообщения о достоверном повышении уровня анальгезии при воздействии бинауральных биений во время нахождения пациента под наркозом [27]. Доказанная эффективность, неинвазивный характер, простота в использовании, возможность сочетания с медикаментозной терапией и минимальные противопоказания к применению делают комплекс ПРАК одним из перспективных инструментов повышения эффективности реабилитационного процесса, однако доказательной базы для применения в работе медицинского психолога методики, основанной на модуляции бинаурально-акустических биений, при анализе литературных источников обнаружено не было.

В целом к основным преимуществам иммерсивных технологий относится прежде всего возможность создания безопасного контакта с травмирующей реальностью в ходе психокоррекционных занятий и психотерапевтических интервенций [28, 29]. Принципиально важно, что за счет эффектов присутствия и погружения любой опыт может быть максимально приближен к жизни, однако полностью безопасен и «дозирован», поскольку степень воздействия виртуальных стимулов, их объем и интенсивность можно контролировать. Кроме того, отработка необходимых навыков становится доступна для человека вне очных встреч с врачом или психотерапевтом [30]. За счет способности виртуальных сред развивать и поддерживать самоэффективность путем неоднократного переживания индивидом ситуации успеха аналогично воздействию методов когнитивно-поведенческой психотерапии иммерсивные технологии формируют

опыт личных достижений, положительно влияют на самооценку и обеспечивают готовность человека в дальнейшем более уверенно и компетентно решать жизненные задачи [31].

Таким образом, данные литературы свидетельствуют о возможности использования высокотехнологичных средств для решения целого ряда задач, стоящих перед медицинским психологом в условиях краткосрочного реабилитационного процесса, что обуславливает целесообразность изучения эффективности их включения в комплекс психологической реабилитации.

Цель исследования — оценка эффективности включения иммерсивных технологий в комплексную психологическую реабилитацию пациентов с нарушением двигательных функций.

Методы

Дизайн исследования

Дизайн был запланирован как контролируемое, эмпирическое, рандомизированное, открытое исследование. Набор групп осуществлялся следующим образом: после включения в исследование респонденты были рандомизированы с помощью генератора случайных чисел в девять групп (по три для каждого вида высокотехнологичного воздействия): основная группа, группа сравнения и контрольная группа. В процессе работы численный состав групп в ряде случаев менялся в сторону уменьшения. Это касалось преимущественно контрольных групп и групп сравнения и было связано с причинами организационного характера. При итоговой рандомизации в целях достижения сопоставимости групп по полу, возрасту, степени нарушения двигательных функций ($p > 0,05$) использовались статистические критерии равнозначности: критерий Фишера — в случае бинарных переменных, критерий Манна–Уитни — в случае количественных переменных. При обнаружении несоответствия вновь использовался генератор случайных чисел для достижения сопоставимости групп по соответствующим релевантным параметрам.

В соответствии с требованиями к организации прикладных исследований, работа была организована посредством реализации констатирующей, формирующей и контрольной стадий.

Критерии соответствия

Критерии включения в исследование:

- наличие показаний для консультации медицинского психолога;
- доступность продуктивного речевого контакта;
- отсутствие выраженных когнитивных нарушений;
- наличие добровольного информированного согласия;
- оценка по шкале Рэнкина — от 2 до 4 баллов;
- соответствие степени выраженности двигательных расстройств «слабым» или «значимым» нарушениям структур, функций, активности и участия по Международной классификации функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья;
- при наличии болевого синдрома — средняя интенсивность боли (1–3 балла по 5-балльной визуальной аналоговой шкале оценки самочувствия (ВАШ)).

Условия проведения

Исследование проводилось в филиале № 3 Государственного автономного учреждения здравоохранения

нения г. Москвы «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины» Департамента здравоохранения города Москвы в рамках темы НИР «Разработка пациент-ориентированной модели медико-психологической реабилитации» (государственная регистрация № АААА-А20-120060490050-1).

Продолжительность исследования

Исследование проводилось с марта 2020 по апрель 2021 г.

Описание медицинского вмешательства

Во всех группах реализовывалась стандартная программа медицинской реабилитации в соответствии с нозологией двигательных нарушений в виде занятий с инструкторами лечебной физкультуры (ЛФК) лечебной гимнастикой и механотерапией, массажа и при отсутствии противопоказаний — физиотерапевтических процедур.

Психологическое сопровождение проводилось следующим образом:

- пациенты контрольных групп в период пребывания в стационаре были задействованы только в психодиагностических мероприятиях, по итогам которых им обозначались мишени психокоррекционного воздействия с возможностью получения соответствующих услуг после прохождения основного курса медицинской реабилитации;
- психокоррекция для пациентов, включенных в группы сравнения, проводилась в рамках вмешательства стандартного формата, таких как Школа пациента, релаксационные техники, психологическое консультирование;
- пациенты основных групп, помимо мероприятий стандартного психокоррекционного формата, получали психокоррекционное сопровождение посредством включения в индивидуальный реабилитационный план одного из высокотехнологичных средств VR и AR.

Исходы исследования

Устойчивые показатели более высокой эффективности психокоррекционных мероприятий с включением иммерсивных технологий по сравнению с группами сравнения и контрольными группами получены с высокой степенью достоверности результатов ($p \leq 0,05$).

Анализ в подгруппах

В исследование было включено 336 пациентов, проходивших медицинскую реабилитацию по поводу двигательных расстройств вследствие перенесенного инсульта или дегенеративно-дистрофических заболеваний (ДДЗ) крупных суставов и позвоночника.

В исследование эффективности использования компьютерной программы «Визуальная медицина» для тренировки движения кисти методом нейропроб у пациентов с перенесенным острым нарушением мозгового кровообращения (ОНМК) был включен 81 пациент. В целях изучения конкурентных возможностей данной программы в группе сравнения инструктором ЛФК проводилась тренировка движений кисти с использованием аппаратно-программного комплекса «Девирта-точность».

Эффективность включения системы виртуальной реальности HTC Vive Focus Plus EEA в психологическую коррекцию болевого синдрома на фоне хронически протекающих ДДЗ крупных суставов и позвоночника изучалась в два этапа. На первом определялось субъективное восприятие боли у 60 пациентов с болевым синдромом на фоне хронически протекающих ДДЗ крупных суставов и позвоночника, на втором этапе оценивалась эффективность включения технологии VR в психореабилитацию пациентов, в исследовании приняли участие 70 человек. Все пациенты получали сходную противоболевую терапию в виде нестероидных противовоспалительных препаратов.

В исследовании возможности использования комплекса ПРАК в режиме «релаксация» при организации психологического сопровождения пациентов было включено 125 человек с двигательными нарушениями: с последствиями ОНМК ($n = 65$) и с последствиями ДДЗ крупных суставов и позвоночника ($n = 60$). Пропорциональная представленность нозологии двигательных нарушений при рандомизации учитывалась и по критерию Фишера не отличалась в группах ($p > 0,05$).

Эффективность включения системы виртуальной реальности HTC Vive Focus Plus EEA в психологическую коррекцию болевого синдрома на фоне хронически протекающих ДДЗ крупных суставов и позвоночника была показана путем использования опросника боли Мак-Гилла, ВАШ, шкалы Тампа.

Методы регистрации исходов

Эффективность психокоррекционных мероприятий при использовании компьютерной программы «Визуальная медицина» у пациентов с перенесенным ОНМК оценивалась на основании анализа динамики высших психических функций, по данным нейропсихологического скрининга по Лурия, проведенного до и после реабилитационных мероприятий. Вывод о положительной динамике делался по факту обнаружения статистически достоверного сдвига показателей, а не по количественному уровню их изменения.

Эффективность включения системы виртуальной реальности HTC Vive Focus Plus EEA в психологическую коррекцию болевого синдрома на фоне хронически протекающих ДДЗ крупных суставов и позвоночника была показана путем использования опросника боли Мак-Гилла, ВАШ, шкалы Тампа.

В исследовании возможности использования комплекса ПРАК в режиме «релаксация» при организации психологического сопровождения пациентов динамика психоэмоционального состояния, общего самочувствия и болевого синдрома пациентов регистрировалась с помощью данных шкалы «Соматизация» психодиагностического опросника SCL-90-R, шкалы Тампа, ВАШ и лицевой шкалы боли.

Этическая экспертиза

Тема НИР, в рамках которой выполнено исследование, утверждена ЛЭК при Государственном автономном учреждении здравоохранения г. Москвы «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины» Департамента здравоохранения города Москвы (протокол № 1 от 6 февраля 2020 г.). Заключение: одобрить НИР на тему «Оптимизация психологического сопровождения больных с нарушением двигательных функций на втором этапе медицинской реабилитации с использованием средств виртуальной и дополненной реальности».

Статистический анализ

Принципы расчета размера выборки. Размер выборки предварительно не рассчитывался.

Методы статистического анализа данных. Математико-статистическая обработка полученных данных производилась с использованием программного пакета «Статистика 10.0», а также аналитических возможностей

программы Microsoft Office Excel. Для рандомизации выборок использовались возможности генератора случайных чисел программы Excel.

В случае соответствия данных нормальному распределению для анализа значимости различий в уровне выраженности количественного признака в несвязанных выборках использовался *t*-критерий Стьюдента, в случае несоответствия — *H*-критерий Крускала–Уоллиса с дальнейшим попарным сравнением по *U*-критерию Манна–Уитни. Выбор описательных статистик также варьировал в соответствии с наличием/отсутствием нормального характера распределения: использовались среднее значение (*M*) и стандартное отклонение (*SD*) либо медиана (*med*), мода (*mode*) и межквартильный интервал. Для оценки динамики изучаемых параметров в результате экспериментального воздействия использовался анализ значимости различий в уровне выраженности количественного признака в связанных выборках по *t*-критерию Стьюдента (в случае нормального распределения) и по *T*-критерию Вилкоксона (при отсутствии нормального распределения). В целях компактного представления как числовых, так и номинативных данных использовался кластерный анализ по методу *k*-средних и иерархического древа. Достоверность кластеризации оценивалась с помощью однофакторного дисперсионного анализа. Выявленные связи и различия считались достоверными при достижении уровня статистической значимости $p \leq 0,05$.

Результаты

Технологии дополненной реальности в психологической реабилитации пациентов, перенесших инсульт

Объекты (участники) исследования. По результатам нейропсихологического скрининга, проведенного у 81 пациента с двигательными нарушениями в виде гемипареза верхней конечности, у всех включенных в исследование выявлено преимущественное нарушение пространственно-динамической организации двигательного акта. Это проявлялось в затруднении воспроизведения пространственного положения кистей рук, а также реципрокной координации. Пациенты демонстрировали отсроченное отторгивание предшествующего действия, т.е. одновременно выполняли два действия-антагониста. После предварительной диагностики пациенты случайным образом были распределены в три группы — основную ($n = 41$), сравнения ($n = 14$) и контрольную ($n = 26$).

Основные результаты исследования. Повторная оценка функций праксиса после проведенных реабилитационных мероприятий показала положительную динамику со стороны организации серийной двигательной активности, что проявилось в уменьшении количества perseverаторных действий при выполнении графических проб и числа эпизодов пропуска элементов моторной программы, нарастании темпа и качества выполнения моторных функциональных нейропсихологических проб. Также было отмечено восстановление динамического, кинестетического, оптико-пространственного и конструктивного праксиса. Пациенты основной группы более точно воспроизводили позы рук по тактильному и зрительному образцу, эффективнее осуществляли двигательные программы по сравнению с пациентами контрольной группы и группы сравнения. Темп выполнения проб в основной группе был существенно выше по сравнению с контрольной группой, движения выполнялись с боль-

шей точностью, нежели в группе сравнения. Следует отметить, что восстановление изучаемых характеристик состояния высших психических функций (ВПФ) по всем показателям с высокой степенью достоверности ($p \leq 0,05$) происходило в основной группе в 100% случаев, в группе сравнения — в 50% и в контрольной группе — в 30% случаев. Таким образом, были подтверждены реабилитационная эффективность и положительные конкурентные возможности программы «Визуальная медицина» по отношению к аппаратно-программному комплексу «Девирта-точность».

Виртуальная реальность в коррекции болевого синдрома у пациентов с ДЦЗ крупных суставов и позвоночника

Объекты (участники) исследования. На основании анализа данных сенсорной шкалы «Опросник боли Мак-Гилла» было построено семантическое пространство субъективного восприятия боли ($n = 60$): применялся иерархический кластерный анализ по методу Complete Linkage, в качестве меры близости использовалось Евклидово расстояние. В результате кластеризации были выделены две группы пациентов: первая ($n = 33$), описывающая свои болевые ощущения достоверно ($p \leq 0,05$) большим количеством слов-дескрипторов, чем вторая ($n = 27$). При этом интенсивность боли в кластерах по критерию Манна–Уитни достоверно не различалась ($p > 0,05$), а ранговый индекс, отражающий экспрессивную составляющую описания боли, у пациентов первого кластера существенно ($p = 0,0000$) превышал аналогичный показатель второго кластера.

Далее частотный ряд слов-дескрипторов боли для каждого кластера был ранжирован в порядке убывания и разделен на кварталы таким образом, что I квартал составил ядро семантического поля субъективного восприятия боли, а со II по IV — периферию. При этом существенными для формирования смыслового поля восприятия боли считались дескрипторы, выбор которых совершался не менее чем в 30% случаев. В результате проведенного анализа было показано, что в периферию субъективного восприятия боли вошли характеристики, описывающие ощущения, характерные для смешанной (нейропатической и дисфункциональной) боли, а в ядро — характеристики ноцицептивной боли. Таким образом, в первый кластер вошли пациенты со смешанным характером болевых ощущений, во второй — с ноцицептивным.

Основные результаты исследования. Анализ значимости различий в уровнях выраженности характеристик, отражающих динамику болевых ощущений, субъективной оценки самочувствия и выраженности кинезиофобии по критерию Вилкоксона выявил, что в результате проведения реабилитационных мероприятий у пациентов всех обследованных групп ($n = 70$) достоверно улучшилось самочувствие, по данным ВАШ ($p \leq 0,05$) снизилась интенсивность болевых ощущений ($p \leq 0,05$), при этом только в основной группе отмечалась существенная положительная динамика ($p \leq 0,05$) уровня выраженности психологической составляющей кинезиофобии (КФ). Для дальнейшего анализа были привлечены данные «Дневников боли», отражающие посуточную динамику субъективных болевых ощущений (результаты приведены в табл. 1).

Как видно из представленных данных, интенсивность болевых ощущений имеет тенденцию к снижению во всех группах к 10-му по сравнению с 1-м днем пребывания в стационаре.

Таблица 1. Уровень достоверности различий (p -level) в интенсивности боли по дневникам самонаблюдений

Сравниваемые группы	Дни эксперимента									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Контрольная группа — группа сравнения	0,78	0,39	0,39	0,43	0,83	0,55	0,19	0,70	0,59	0,37
Основная группа — контрольная группа	0,49	0,23	0,11	0,10	0,22	0,99	0,82	0,10	0,04*	0,13
Основная группа — группа сравнения	0,29	0,64	0,52	0,38	0,21	0,43	0,06	0,04*	0,01**	0,03*

Примечание. Уровень достоверности критерия Вилкоксона при * — $p \leq 0,05$; ** — $p \leq 0,01$.

Анализ значимости различий по критерию Манна–Уитни в ежедневно фиксируемом уровне боли выявил, что динамика боли в группе сравнения и в контрольной группе идентична ($p > 0,05$) на протяжении всего времени исследования и не отличается от основной группы до 7-го дня, начиная с которого динамика в группах сначала на уровне статистической тенденции ($p = 0,06$), а затем и существенно ($p \leq 0,05$) различается: в контрольной группе и группе сравнения снижение заканчивается, в основной группе продолжается, достигая более низких значений.

Выделение внутри основной, сравнения и контрольной групп подгрупп пациентов с ноцицептивными и смешанными характеристиками боли на основании результатов, полученных на первом этапе, позволило обнаружить, что выраженная положительная динамика в контрольной группе достигалась за счет улучшения состояния у пациентов с ноцицептивной болью, а в группах, где в программу психологической коррекции были включены занятия с медицинским психологом (основная группа и группа сравнения), достоверное улучшение самочувствия наблюдалось у всех обследованных пациентов безотносительно к характеристикам боли. Зафиксировано также отсутствие достоверного снижения ($p > 0,05$) показателей по шкалам интенсивности боли и психологической составляющей КФ в группе сравнения, где использовались традиционные психологические методики, и контрольной группе, где в реабилитационный план занятия с медицинским психологом они не были включены. При этом в основной группе в результате реабилитационных мероприятий интенсивность боли, а также психологическая составляющая КФ достоверно ($p \leq 0,05$) уменьшились, но это касалось только пациентов со смешанной болью (результаты представлены в табл. 2).

Программы резонансно-акустических колебаний в психологическом сопровождении пациентов с нарушением двигательных функций

Объекты (участники) исследования. При изучении психологического статуса обследованных пациентов до начала реабилитационных мероприятий ($n = 125$) показано, что в части характеристик общего самочувствия и психоэмоционального состояния безотносительно к нозологии двигательных нарушений ($p > 0,05$ по критерию Манна–Уитни) отмечаются высокий уровень соматизации тревожных и депрессивных переживаний, а также выраженный страх движения, КФ. Болевые ощущения средней интенсивности зафиксированы только в группе пациентов с ДДЗ крупных суставов и позвоночника.

Основные результаты исследования. Оценка динамики корригируемых параметров проводилась без учета нозологии двигательных нарушений, использовался T -критерий Вилкоксона (результаты представлены в табл. 3).

Было обнаружено, что статистически достоверная положительная динамика характеристик психоэмоционального состояния пациентов в результате проведения реабилитационных мероприятий была зафиксирована для подавляющего числа исследуемых параметров во всех группах. Обращает на себя внимание разница в показателях уровня статистической значимости критерия Вилкоксона: в основной группе по ряду показателей величина p существенно превышает аналогичные значения в контрольной группе и группе сравнения. Так, субъективная оценка самочувствия, по данным ВАШ, достоверно улучшилась во всех группах. Однако там, где в психологическое сопровождение был включен комплекс ПРАК, динамика зафиксирована на уровне $p = 0,0000$ по сравнению с $p = 0,05$ в группе сравнения и $p = 0,03$ в контрольной группе. Психологическая составляющая КФ в основной группе снизилась с динамикой на уровне $p = 0,0004$; в группе сравнения — $p = 0,02$; контрольной группе — $p = 0,04$. Показатели соматизации у обследованных пациентов снизились в основной группе на уровне $p = 0,000$; в группе сравнения — $p = 0,0001$; в контрольной группе — $p = 0,03$.

Достоверные изменения в отношении боли в результате проведения психокоррекционных мероприятий были зафиксированы только в основной группе пациентов с ДДЗ суставов и позвоночника, где боль снизилась в медианном значении от 3 до 2 баллов на уровне статистической значимости T -критерия Вилкоксона $p = 0,04$ (результаты представлены в табл. 4).

Таким образом, при попытке дальнейшей экстраполяции выявленных закономерностей относительно положительной динамики психоэмоционального состояния в результате проведения коррекционных мероприятий у пациентов с нарушением двигательных функций в процессе медицинской реабилитации более устойчивые результаты могут быть получены при включении в психологическое сопровождение комплекса ПРАК в режиме «релаксация».

Нежелательные явления

Нежелательные явления отсутствовали.

Обсуждение

Резюме основного результата исследования

В процессе проведенного исследования с высокой степенью достоверности была показана эффективность включения высокотехнологичных средств виртуальной и дополненной реальности в комплекс психологической реабилитации пациентов с нарушениями двигательных функций различной этиологии. Полученные

Таблица 2. Анализ значимости различий в уровне выраженности психологических показателей до и после реабилитационных мероприятий в сопоставлении с характеристиками боли

Показатель	T (p)		Med (квартильный интервал), баллы			
	Ноцицептивная боль	Смешанная боль	Ноцицептивная боль		Смешанная боль	
			До	После	До	После
Основная группа (n = 24)						
ВАШ	0,00 (0,005**)	4,0 (0,006**)	45,0 (30,0–50,0)	60,0 (60,0–80,0)	50,0 (25,0–60,0)	70,0 (35,0–70,0)
Психологическая составляющая КФ	15,5 (0,73)	0,00 (0,01**)	14,0 (12,0–16,0)	14,0 (12,0–15,0)	15,0 (13,0–17,0)	13,0 (12,0–15,0)
Физическая составляющая КФ	15,5 (0,73)	34,0 (0,69)	28,0 (28,0–29,0)	27,5 (27,0–29,0)	27,0 (24,0–28,0)	25,0 (25,0–28,0)
Интенсивность боли	2,0 (0,27)	0,00 (0,005**)	2,0 (2,0–2,0)	2,0 (1,0–2,0)	3,0 (3,0–3,0)	2,0 (2,0–3,0)
Группа сравнения (n = 24)						
ВАШ	23,0 (0,04*)	0,00 (0,03*)	50,0 (37,5–50,0)	65,0 (52,5–70,0)	55,0 (30,0–62,5)	75,0 (60,0–90,0)
Психологическая составляющая КФ	32,5 (0,61)	12,0 (0,74)	15,0 (12,5–17,0)	15,0 (13,0–16,0)	12,0 (10,0–15,5)	13,0 (11,5–14,5)
Физическая составляющая КФ	35,5 (0,48)	11,0 (0,33)	27,5 (25,5–29,5)	28,0 (26,0–30,0)	29,0 (23,0–32,0)	27,5 (22,0–31,0)
Интенсивность боли	5,0 (0,25)	1,5 (0,11)	2,0 (2,0–3,0)	2,0 (2,0–3,0)	3,0 (3,0–3,5)	2,0 (1,5–3,0)
Контрольная группа (n = 22)						
ВАШ	4,5 (0,004**)	3,5 (0,14)	50,0 (40,0–65,0)	70,0 (50,0–80,0)	55,0 (40,0–80,0)	90,0 (50,0–90,0)
Психологическая составляющая КФ	21,5 (0,54)	4,0 (0,35)	14,0 (13,0–18,0)	14,0 (14,0–17,0)	13,0 (12,0–15,0)	14,0 (13,0–15,0)
Физическая составляющая КФ	15,0 (0,11)	3,5 (0,08)	28,0 (27,0–32,0)	30,0 (28,0–34,0)	28,0 (27,0–29,0)	27,0 (26,0–31,0)
Интенсивность боли	2,0 (0,07)	2,0 (0,27)	3,0 (2,0–3,0)	2,0 (2,0–3,0)	2,0 (2,0–2,0)	2,0 (1,0–2,0)

Примечание. Уровень достоверности критерия Вилкоксона при * – $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$.

Таблица 3. Динамика показателей психоэмоционального состояния в процессе реабилитации в группах

Показатель		med (квартильный интервал) в группах, баллы		
		Основная (n = 56)	Сравнения (n = 37)	Контрольная (n = 32)
Соматизация	До	1,1 (0,75–1,75)	1,0 (0,67–1,5)	1,04 (0,75–1,4)
	После	0,76 (0,5–1,08)	0,50 (0,33–1,0)	0,63 (0,5–1,08)
	p	0,0000***	0,0001***	0,03*
Субъективная оценка самочувствия	До	60,0 (50,0–80,0)	60,0 (50,0–77,5)	50,0 (45,0–60,0)
	После	75,0 (57,5–82,5)	62,5 (50,0–80,0)	60,0 (50,0–80,0)
	p	0,0001***	0,05*	0,03*
Психологическая составляющая КФ	До	13,0 (11,5–15,0)	12,0 (11,0–15,0)	13,5 (13,0–16,0)
	После	11,0 (9,0–13,5)	12,0 (8,0–14,0)	12,5 (11,0–15,0)
	p	0,0004***	0,02*	0,04*
Физическая составляющая КФ	До	28,0 (26,0–30,0)	27,0 (25,0–29,0)	28,0 (25,0–29,0)
	После	26,0 (22,0–30,0)	25,0 (21,0–28,0)	25,5 (25,0–28,0)
	p	0,01**	0,001***	0,07

Примечание. Уровень достоверности критерия Вилкоксона: * – при $p \leq 0,05$; ** – $p \leq 0,01$; *** – $p \leq 0,001$.

Таблица 4. Динамика болевого синдрома у пациентов с ДДЗ в процессе реабилитации в группах

Группа	<i>med</i> (квартильный интервал), баллы		<i>p</i>
	До	После	
Основная (<i>n</i> = 23)	3 (1–3)	2 (1–3)	0,04*
Сравнения (<i>n</i> = 13)	3 (2–3)	2 (2–3)	0,35
Контрольная (<i>n</i> = 20)	2 (1–3)	2 (1,5–3,0)	0,23

Примечание.* — уровень достоверности критерия Вилкоксона $p \leq 0,05$.

в настоящем исследовании результаты не расходятся с имеющимися в литературе данными относительно возможности использования иммерсивных технологий и дополняют их доказательной статистической базой, отражающей возможности конкретных аппаратно-программных комплексов.

Обсуждение основного результата исследования

Использование программы «Визуальная медицина» было эффективно в отношении восстановления динамического, кинестетического, оптико-пространственного, конструктивного праксиса у пациентов с двигательными нарушениями в результате перенесенного инсульта. При этом данная технология выгодно отличается от большинства используемых в настоящее время геймифицированных аппаратно-программных комплексов [5]. Предлагаемые пациенту упражнения подобраны в соответствии с принципами развивающего обучения — движения от простого к сложному, что позволяет организовать реализацию идеомоторного замысла, включая в процесс все большее количество ассоциативных нейрональных связей [11].

Применение системы виртуальной реальности HTC Vive Focus Plus EEA продемонстрировало положительный эффект в отношении психологической коррекции нейропатической и смешанной боли у пациентов с хронической патологией опорно-двигательного аппарата. В процессе проведенного исследования был предложен новый метод диагностики характера боли, оформленный в виде программы для ЭВМ «Программа диагностики основных характеристик боли у пациентов с дегенеративно-дистрофическими заболеваниями крупных суставов и позвоночника» (Свидетельство о государственной регистрации № 2021614384 от 24 марта 2021 г.). Таким образом, появилась возможность объяснить существующие к настоящему моменту гипотезы формирования механизмов воздействия виртуальной реальности на преодоление хронической боли, имеющей психологическую составляющую, переключением внимания, т.е. разрывом психопатологического кольца из боли и страха боли [23].

Использование комплекса ПРАК в режиме «релаксация» способствовало достижению устойчивой положительной динамики в коррекции психоэмоционального состояния у пациентов с нарушением функции движения. Известно, что бинауральные ритмы — слуховой феномен, формирующийся при подаче звуковых сигналов, которые различаются на несколько герц, одновременно в правое и левое ухо, и заключающийся в формировании биений, равных по частоте разнице между тонами — связаны с тета- и дельта-диапазонами электроэнцефалограммы [26]. Генерирование подобного ритма, как показывают результаты исследования, обладает протективным воздействием в отношении показателей кинезиофобии и соматизации в структуре текущего психоэмоционального

состояния, что, безусловно, способствует повышению эффективности реабилитационных мероприятий в целом.

Кроме того, показанная эффективность использования высокотехнологичных средств виртуальной и дополненной реальности в комплексном психологическом сопровождении пациентов в процессе медицинской реабилитации доказывает целесообразность их применения для повышения производительности труда медицинского психолога, структурирования его работы с сохранением качества и персонализированного подхода с целью увеличения пропускной способности психологической службы за счет одновременного использования нескольких электронных девайсов. Основная задача психологического сопровождения в данном случае решается на этапе проведения психодиагностики, позволяющей создавать индивидуальные программы психореабилитации для каждого пациента. Внедрение средств VR в практику психологической работы, с одной стороны, позволяет проводить дифференцированную коррекцию психологических последствий нарушения двигательных функций различной этиологии, а с другой — укрепляет продуктивное взаимодействие в диаде «врач–больной» за счет повышения оценки уровня самоэффективности у пациентов. Включение VR и AR позволяет оптимизировать структуру психокоррекционной работы благодаря возможности быстрого и безопасного моделирования пространства, осуществления необходимых манипуляций в рамках индивидуального подхода и формирования устойчивых навыков эффективного самостоятельного использования аналогичного инструментария в постгоспитальном периоде.

Ограничения исследования

Дифференцированный подход к организации психореабилитации больных с нарушениями двигательных функций был основан прежде всего на необходимости учитывать принципиальное различие психологических реакций по адаптации к ситуации острого или хронического заболевания, в связи с чем обследованный контингент был представлен двумя нозологиями двигательных нарушений — двигательные нарушения в результате перенесенного инсульта и двигательные нарушения на фоне хронически протекающих ДДЗ крупных суставов и позвоночника — и не включал иные нозологические группы, представляющие несомненный интерес и перспективу дальнейших исследований.

Заключение

В результате проведенной работы доказана клиническая эффективность применения иммерсивных технологий в отношении психологических последствий нарушения двигательных функций у пациентов с перенесенным ОНМК и ДДЗ крупных суставов и позвоночника. Пер-

спективы дальнейших исследований могут быть связаны с прояснением механизмов воздействия иммерсивных технологий на различные составляющие текущего психоэмоционального состояния пациентов с двигательными расстройствами, расширением перечня нозологических форм и их психологических коррелятов. Полученные результаты вносят существенный вклад в решение проблемы оптимизации работы медицинского психолога в условиях реабилитационного стационара, позволяют распространить выявленные закономерности на последующие этапы психореабилитации и интегрировать их в общенаучный и методологический контекст.

Дополнительная информация

Источник финансирования. Исследования выполнены и их результаты опубликованы за счет финансирования по месту работы авторов.

Конфликт интересов. Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Участие авторов. А.А. Кукшина — разработка программы обследования, обработка данных, поисково-аналитическая работа, подготовка публикации, написание статьи; А.В. Котельникова — разработка программы обследования, контроль тестирования пациентов, обработка данных, поисково-аналитическая работа, подготовка публикации; А.Н. Разумов — анализ публикации, одобрение рукописи к публикации; И.В. Погонченкова — анализ публикации, одобрение рукописи к публикации; Е.А. Турова — разработка программы обследования, подготовка публикации; М.А. Рассулова — разработка программы обследования, поисково-аналитическая работа; Н.П. Лямина — разработка программы обследования, поисково-аналитическая работа, подготовка публикации. Все авторы прочли и одобрили окончательную версию рукописи перед публикацией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воловик М.Г., Борзиков В.В., Кузнецов А.Н., и др. Технологии виртуальной реальности в комплексной медицинской реабилитации пациентов с ограниченными возможностями (обзор) // *Современные технологии в медицине*. — 2018. — Т. 10. — № 4. — С. 173–182. [Volovik MG, Borzikov VV, Kuznetsov AN, et al. Virtual reality technology in complex medical rehabilitation of patients with disabilities (review). *Sovremennye Tehnologii v Medicine*. 2018;10(4):173–182. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.17691/stm2018.10.4.21>
2. Повереннова И.Е., Захаров А.В., Хивинцева Е.В., и др. Предварительные результаты исследования эффективности использования методики виртуальной реальности для восстановления двигательной функции нижних конечностей у пациентов в остром периоде инсульта // *Саратовский научно-медицинский журнал*. — 2019. — Т. 15. — № 1. — С. 172–176. [Poverennova IE, Zakharov AV, Khivintseva EV, et al. Preliminary results of study on efficacy of a virtual reality technique for restoration of lower extremity motor function in patients in acute stage of stroke. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2019;15(1):172–176. (In Russ.)]
3. Iamsakul K, Pavlovic AV, Calderon JI, Sanderson LM. Project heaven: preoperative training in virtual reality. *Surg Neurol Int*. 2017;8:59. doi: https://doi.org/10.4103/sni.sni_371_16
4. Кольшеников В.А., Еремускин В.А., Стяжкина Е.М. Перспективы развития систем виртуальной реальности в программах нейрореабилитации // *Вестник восстановительной медицины*. — 2019. — Т. 1. — № 89. — С. 52–56. [Kolyshenkov VA, Eremushkin MA, Styazhkina EM. Perspectives of the Development of Virtual Reality Systems on Neurorehabilitation Programs. *Journal of Restorative Medicine and Rehabilitation*. 2019;1(89):52–56. (In Russ.)]
5. Петриков С.С., Гречко А.В., Щелкунова И.Г., и др. Новые перспективы двигательной реабилитации больных после очаговых поражений головного мозга // *Вопросы нейрохирургии им. Н.Н. Бурденко*. — 2019. — Т. 83. — № 6. — С. 90–99. [Petrikov SS, Grechko AV, Shchelkunova IG, et al. New perspectives of motor rehabilitation of patients after focal brain lesions. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii imeni N.N. Burdenko*. 2019;83(6):90–99. (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.17116/neiro20198306190>
6. Brunner I, Skouen JS, Hofstad H, et al. Virtual reality training for upper extremity in subacute stroke (VIRTUES). *Neurology*. 2017;89(24):2413–2421. doi: <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000004744>
7. Рошупкин С.М. Виртуальная реальность как метод восстановления двигательных функций // *Решетневские чтения*. — 2018. — № 2. — С. 204–206. [Roschupkin SM. Virtual Reality as a Motor Functions Rehabilitation Approach. *Reshetnevskie chteniya*. 2018;2:204–206. (In Russ.)]
8. Juras G, Brachman A, Michalska J, et al. Standards of Virtual Reality Application in Balance Training Programs in Clinical Practice: A Systematic Review. *Games Health J*. 2019;8(2):101–111. doi: <https://doi.org/10.1089/g4h.2018.0034>
9. Дамулин И.В., Екушева Е.В. Клиническое значение феномена нейропластичности при ишемическом инсульте // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. — 2016. — Т. 10. — № 1. — С. 57–64. [Damulin IV, Ekusheva EV. A clinical value of neuroplasticity in ischemic stroke. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2016;10(1):57–64. (In Russ.)]
10. Johansen-Berg H, Dawes HH, Guy C, et al. Correlation between motor improvements and altered fMRI activity after rehabilitative therapy. *Brain*. 2002;125(Pt12):2731–2742. doi: <https://doi.org/10.1093/brain/awf282>
11. Никишина В.Б., Петраш Е.А., Шутеева Т.В., и др. Восстановительное обучение постинсультных пациентов методом нейропроб с помощью алгоритмов компьютерного зрения // *Неврологический вестник*. — 2018. — Т. L. — № 2. — С. 86–89. [Nikishina VB, Petrash EA, Shuteeva TV, et al. Rehabilitation Training Method of Post Insult Patients with the Help of Computer Vision Algorithms. *Neurology Bulletin*. 2018;L(2):86–89. (In Russ.)]
12. Лурья А.Р. *Основы нейропсихологии*: учеб. пособие. — М.: Издательский центр «Академия», 2003. — 384 с. [Luriya AR. *Osnovy neiropsihologii*: ucheb. posobie. Moscow: Izdatel'skij centr "Akademiya"; 2003. 384 p. (In Russ.)]
13. Выготский Л.С. *Психология развития человека*. — М.: Смысл; ЭКСМО, 2005. — 1136 с. [Vygotskij LS. *Psihologiya razvitiya cheloveka*. Moscow: Izd-vo Smysl; EKSMO, 2005. 1136 p. (In Russ.)]
14. Маслюк О.А., Смоленцева И.Г., Амосова Н.А., Шевченко Н.С., Милагина В.С. Применение технологий виртуальной реальности в остром периоде церебрального инсульта и их влияние на постинсультные аффективные нарушения // *Саратовский научно-медицинский журнал*. — 2014. — Т. 10. — № 4. — С. 824–827. [Maslyuk OA, Smolentseva IG, Amosova NA, Shevchenko NS, Milagina VS. Using of virtual reality technology in acute cerebral stroke and their influence on post-stroke affective disorders. *Saratov Journal of Medical Scientific Research*. 2014;10(4):824–827. (In Russ.)]

15. De Luca R, Manuli A, De Domenico C, et al. Improving neuropsychiatric symptoms following stroke using virtual reality: A case report. *Medicine (Baltimore)*. 2019;98(19):e15236. doi: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000015236>
16. Botella C, Fernández-Álvarez J, Guillén V, et al. Recent Progress in Virtual Reality Exposure Therapy for Phobias: A Systematic Review. *Curr Psychiatry Rep*. 2017;19(7):42. doi: <https://doi.org/10.1007/s11920-017-0788-4>
17. Демкин А.Д., Иванов В.В., Круглов В.И. Новые методы реабилитации военнослужащих с боевой психической травмой в армиях зарубежных государств // *Известия Российской Военно-медицинской академии*. — 2019. — Т. 38. — № 3. — С. 125–131. [Demkin AD, Ivanov VV, Kruglov VI. Novye metody rehabilitatsii voennosluzhashchih s boевой psichicheskoy travmoy v armiyah zarubezhnyh gosudarstv. *Izvestiya Rossijskoj Voенно-Medicinskoj Akademii*. 2019;38(3):125–131. (In Russ.)]
18. Maples-Keller JL, Yasinski C, Manjin N, Rothbaum BO. Virtual Reality-Enhanced Extinction of Phobias and Post-Traumatic Stress. *Neurotherapeutics*. 2017;14(3):554–563. doi: <https://doi.org/10.1007/s13311-017-0534-y>
19. Bordnick PS, Traylor A, Copp HL, et al. Assessing reactivity to virtual reality alcohol based cues. *Addict Behav*. 2008;33(6):743–756. doi: <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2007.12.010>
20. Ahmadpour N, Randall H, Choksi H, et al. Virtual Reality interventions for acute and chronic pain management. *Int J Biochem Cell Biol*. 2019;114:105568. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocel.2019.105568>
21. Rutledge T, Velez D, Depp C, et al. Virtual Reality Intervention for the Treatment of Phantom Limb Pain: Development and Feasibility Results. *Pain Med*. 2019;20(10):2051–2059. doi: <https://doi.org/10.1093/pm/pnz121>
22. Scapin S, Echevarría-Guanilo ME, Boeira Fuculo Junior PR, et al. Virtual Reality in the treatment of burn patients: A systematic review. *Burns*. 2018;44(6):1403–1416. doi: <https://doi.org/10.1016/j.burns.2017.11.002>
23. Hui-Ting Lin, Yen-I Li, Wen-Pin Hu, et al. Scoping Review of The Efficacy of Virtual Reality and Exergaming on Patients of Musculoskeletal System Disorders. *J Clin Med*. 2019;8(6):791. doi: <https://doi.org/10.3390/jcm8060791>
24. Koo K-I, Park DK, Youm YS, et al. Enhanced Reality Showing Long-Lasting Analgesia after Total Knee Arthroplasty: Prospective, Randomized Clinical Trial. *Sci Rep*. 2018;8:2343. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-018-20260-0>
25. Sarig Bahat H, Croft K, Carter C, et al. Remote kinematic training for patients with chronic neck pain: A randomised controlled trial. *Eur Spine J*. 2017;27(6):1309–1323. doi: <https://doi.org/10.1007/s00586-017-5323-0>
26. Шумов Д.Е., Арсеньев Г.Н., Свешников Д.С., Дорохов В.Б. Сравнительный анализ влияния бинауральных биений и сходных видов звуковой стимуляции на процесс засыпания: короткое сообщение // *Вестник Московского университета. Сер. 16. Биология*. — 2017. — Т. 72. — № 1. — С. 39–43. [Shumov DE, Arsen'ev GN, Svешnikov DS, Dorokhov VB. Comparative Analysis of the Effect of the Stimulation with Binaural Beat and Similar Kinds of Sound on Falling Asleep Process: A Brief Note. *Bulletin of Moscow University. Ser. 16. Biology*. 2017;72(1):39–43. (In Russ.)]
27. Lewis AK, Osborn IP, Roth R. The Effect of Hemispheric Synchronization on Intraoperative Analgesia. *Anesth Analg*. 2004;98(2):533–536. doi: <https://doi.org/10.1213/01.ANE.0000096181.89116.D2>
28. Айсина Р.М. Компьютерная диагностика и кибертерапия: новое пространство возможностей? // *Человек в условиях неопределенности: сб. науч. тр.: в 2 т. / под общ. ред. Е.В. Бакшутовой, О.В. Юсуповой, Е.Ю. Двойниковой*. — Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2018. — Т. 2. — С. 187–192. [Ajsina RM. Komp'yuternaya diagnostika i kiberterapiya: novoe prostranstvo vozmozhnostej? *Chelovek v usloviyah neopredelennosti: sb. nauch. tr.: v 2 t. Bakshutovoj EV, Yusupovoj OV, Dvoynikovoj EYu (eds)*. Samara: Samar. gos. tekhn. un-t; 2018. V. 2. P. 187–192. (In Russ.)]
29. Кузьмина А.С. Виртуальная реальность как средство безопасного контакта с травмирующей реальностью в психотерапии // *Вестник РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности*. — 2014. — № 3. — С. 77–82. [Kuzmina AC. Virtual Reality in Psychotherapy as Means of Safe Contact with Injuring Reality. *RUDN Bulletin. Ser. Ecology and Life Safety*. 2014;3:77–82. (In Russ.)]
30. Villani D, Cipresso P, Gaggioli A, Riva G. Positive Technology for Helping People Cope with Stress — Integrating Technology in Positive Psychology Practice. IGI Global, Hershey PA, 2016. P. 316–343.
31. Ventura S, Rosa M, Baños R, Botella C. Virtual and Augmented Reality: New Frontiers for Clinical Psychology, 2018 [Electronic resource]. Available from: <https://www.intechopen.com/books/state-of-the-art-virtual-reality-and-augmented-reality-knowhow/virtual-and-augmented-reality-new-frontiers-for-clinical-psychology> (accessed: 22.09.2020).

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Кукушина Анастасия Алексеевна, д.м.н. [Anastasia A. Kukshina, MD, PhD]; адрес: 105120, Москва, ул. Земляной вал, д. 53, стр. 1 [address: 53/1, Zemlyanoy val., 105120, Moscow, Russia]; e-mail: kukshina@list.ru, SPIN-код: 3167-5702, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2290-3687>

Котельникова Анастасия Владимировна, к.психол.н., доцент [Anastasia V. Kotelnikova, PhD in Psychology, Assistant Professor]; e-mail: pav.kotelnikov@ya.ru, SPIN-код: 7493-6708, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1584-4815>

Разумов Александр Николаевич, д.м.н., профессор, академик РАН [Alexandr N. Razumov, MD, PhD, Professor, Academician of the RAS]; e-mail: a-razumov@mail.ru, SPIN-код: 8793-5173, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8549-0106>

Погоиченкова Ирэна Владимировна, д.м.н., доцент [Irena V. Pogonchenkova, MD, PhD, Assistant Professor]; e-mail: irena1707@yandex.ru, SPIN-код: 8861-7367, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5123-5991>

Турова Елена Арнольдовна, д.м.н., профессор [Elena A. Turova, MD, PhD, Professor]; e-mail: aturova55@gmail.com, SPIN-код: 9516-5283, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4397-3270>

Рассулова Марина Анатольевна, д.м.н., профессор [Marina A. Rassulova, MD, PhD, Professor]; e-mail: drassulovama@yandex.ru, SPIN-код: 9763-9952, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9566-9799>

Лямина Надежда Павловна, д.м.н., профессор [Nadejda P. Lyamina, MD, PhD, Professor]; e-mail: lyana_n@mail.ru, SPIN-код: 4347-4426, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6939-3234>