

РЕЗУЛЬТАТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В РЕАБИЛИТАЦИИ ИНВАЛИДА С ТЕТРАПЛЕГИЕЙ: КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ

THE RESULT OF USING VIRTUAL REALITY TECHNOLOGY IN REHABILITATION OF A PERSON
WITH TETRAPLEGIA: A CLINICAL CASE

Коновалова Н.Г. Konovalova N.G.
Хохлова О.И. Khokhlova O.I.
Васильченко Е.М. Vasilchenko E.M.

ФГБУ «Новокузнецкий научно-практический
центр медико-социальной экспертизы
и реабилитации инвалидов» Минтруда России,
г. Новокузнецк, Россия

Novokuznetsk Scientific and Practical Centre
for Medical and Social Evaluation and Rehabilitation
of Disabled Persons,
Novokuznetsk, Russia

Применение технологии виртуальной реальности (virtual reality, VR) у пациентов с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы находится на этапе накопления клинического опыта и представляет практический интерес для неврологов и врачей восстановительной медицины.

Цель. Оценить на примере клинического случая результат применения VR-технологии как составной части индивидуальной программы медицинской реабилитации пациента в позднем периоде травматической болезни спинного мозга.

Материал и методы. Пациентка Ф. 56 лет поступила на курс медицинской реабилитации с диагнозом: «Поздний период травматической болезни спинного мозга, синдром частичного нарушения проводимости с уровня С6, тип «С» по шкале AIS (код МКБ-10: T91.3), тетраплегия». Основу реабилитации составили занятия лечебной физкультурой с преимущественным использованием VR-технологии, направленные на улучшение регуляции позы и восстановление произвольных движений.

Результаты. К концу курса реабилитации у пациентки отмечена положительная динамика: увеличение объема произвольных движений в суставах, силы и электрической активности мышц верхних конечностей, улучшение баланса в положении сидя, что позволило ей усовершенствовать навыки самостоятельного передвижения в кресле-коляске, повысить уровень мобильности и независимости в повседневной жизни.

Заключение. Показана перспективность использования VR-технологии в реабилитации пациентов в позднем периоде травматической болезни спинного мозга для расширения спектра двигательной активности и улучшения социально-бытовой адаптированности.

Ключевые слова: травматическая болезнь спинного мозга; тетраплегия; реабилитация; виртуальная реальность

The use of virtual reality (VR) technology in patients with the consequences of spinal cord injury is going through the stage of accumulating clinical experience and is therefore of practical interest for neurologists and restorative physicians.

Objective — to evaluate the result of using VR technology as a component of the individualized medical rehabilitation program for a patient in the late period of traumatic spinal cord injury.

Materials and methods. Female patient F., aged 56, was admitted for medical rehabilitation with the diagnosis of late-period TSCI, AIS grade C incomplete conduction disorder (code T91.3 according to ICD-10) and tetraplegia. The basis of her restorative treatment were VR rehabilitation and exercises to improve postural control and to restore voluntary movements.

Results. By the end of the rehabilitation course in improvements including an increased range of movement in the joints, an increased strength and electrical activity in upper extremity muscles and an improved balance in the sitting position, which enabled the patient to improve her wheelchair mobility skills and to increase her independence level.

Conclusion. The potential of using VR technology in the rehabilitation of patients in the late period of traumatic spinal cord injury is demonstrated to expand the range of motor activity of this contingent and improve their social and everyday adaptability.

Keywords: traumatic spinal cord injury; tetraplegia; rehabilitation; virtual reality

Повреждение спинного мозга остается серьезным бременем для населения трудоспособного возраста и оказывает существенное влияние на

глобальное общественное здравоохранение, несмотря на общую тенденцию к снижению его распространенности в мире [1]. Тяжелое повреждение спин-

ного мозга приводит к стойкому сенсорному и моторному дефициту ниже уровня поражения, развитию болевого синдрома, спастичности, а также к дис-

Для цитирования: Коновалова Н.Г., Хохлова О.И., Васильченко Е.М. РЕЗУЛЬТАТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В РЕАБИЛИТАЦИИ ИНВАЛИДА С ТЕТРАПЛЕГИЕЙ: КЛИНИЧЕСКИЙ СЛУЧАЙ //ПОЛИТРАВМА / POLYTRAUMA. 2026. № 3. С. 92-97.

Режим доступа: <http://poly-trauma.ru/index.php/pt/article/view/709>

DOI: 10.24412/1819-1495-2026-3-92-97

функции тазовых органов. Эти факторы резко ограничивают повседневную активность пациентов, провоцируют эмоциональные расстройства и значительно снижают качество жизни [2].

Прогресс в оказании медицинской помощи при вертебро-медуллярной травме позволил увеличить продолжительность жизни пострадавших, однако задачи их эффективной реабилитации и социально-бытовой адаптации все еще далеки от решения. Современные методы исследований помогают раскрыть глубинные патогенетические механизмы травмы и обусловленные ими сложные, многообразные перестройки в центральной нервной системе (ЦНС) [3, 4]. При этом регенерация нейронов или формирование новых нейронных связей при травматической болезни спинного мозга (ТБСМ) не всегда приводят к восстановлению утраченных функций [5]. В связи с этим возникает необходимость в целенаправленной стимуляции реорганизации и интеграции нейронных цепей с помощью технологий, активирующих восстановление статодинамических функций — позы и движений [6].

С учетом современных научных данных формируются патогенетически обоснованные подходы [4], разрабатываются новые методы лечения, которые проходят апробацию [7]. Доказано, что применение стратегий, воздействующих на несколько патологических процессов при ТБСМ, эффективнее монометода [8].

В настоящее время в реабилитации пациентов с патологией ЦНС широко используется технология виртуальной реальности (virtual reality, VR) [9, 10]. По мнению исследователей, интеграция VR в лечебный процесс делает тренировки двигательных навыков менее утомительными и более привлекательными для пациентов, что существенно повышает комплаентность и улучшает итоговые результаты лечения [6, 8, 11]. Применение VR-технологий у лиц после перенесенной травмы позвоночника находится на этапе накопления клинического опыта [11]. Для восстановления постратуральных, локомоторных и мануальных функций, уменьшения выраженности болевого синдрома, улучшения социально-бытовой адаптации применяют иммерсионные, полумиммерсионные и немиммерсионные системы; VR выступает в качестве монометода или в сочетании с другими

методами восстановительного лечения [12]. На данном этапе различные варианты применения виртуальных технологий с оценкой их эффективности представляют интерес для неврологов и врачей восстановительной медицины.

Цель исследования — оценить на примере клинического случая результат применения VR-технологии как составной части индивидуальной программы медицинской реабилитации пациента в позднем периоде ТБСМ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проанализированы результаты медицинской реабилитации пациентки Ф., 56 лет, поступившей в клинику ФГБУ «Новокузнецкий научно-практический центр медико-социальной экспертизы и реабилитации инвалидов» Минтруда России с диагнозом: «МКБ-10: T91.3. Поздний период травматической болезни спинного мозга вследствие перелома позвонка C7 и вывиха позвонка C6. Синдром частичного нарушения по спинному мозгу с уровня C6; тетраплегия (верхний вялый, нижний спастический парез); неполное нарушение проводимости по спинному мозгу — тип C по шкале AIS (ASIA Impairment Scale)».

Из анамнеза: травма получена 28.07.2019 г. (перелом позвонка C7, вывих позвонка C6 с полным нарушением проводимости спинного мозга). Пациентка проходила лечение в Краевой клинической больнице (г. Красноярск), где 30.07.2019 г. выполнено оперативное вмешательство: резекция тела C7 позвонка, передний корпоредез C6–Th1 кейджем и пластиной. В течение месяца после операции находилась на искусственной вентиляции легких (ИВЛ) и инотропной поддержке. В августе 2019 года выполнена трахеостомия; деканюлирована в январе 2020 года. В последующем женщина неоднократно проходила курсы восстановительного лечения в реабилитационных центрах Красноярска. Длительность посттравматического периода до момента госпитализации в клинику ФГБУ ННПЦ МСЭ и РИ Минтруда России составила 5 лет и 5 месяцев.

Жалобы при поступлении: слабость в верхних и нижних конечностях, невозможность удерживать положение сидя без дополнительной опоры (о спинку и подлокотники кресла-коляски), а также трудности при самостоя-

тельном преодолении дверных проемов и порогов на кресле-коляске.

Неврологический статус: общемозговая и менингеальная симптоматика отсутствует. Пациентка ориентирована в месте, времени и собственной личности, критична к своему состоянию. Черепно-мозговая иннервация: глазные щели и зрачки симметричные (D = S), движения глазных яблок в полном объеме, содружественные, ништагма нет. Лицо симметрично в покое и при мимических пробах. Язык по средней линии. Глоточный рефлекс сохранен. Чувствительная сфера: проводниковая гипестезия на туловище и конечностях с уровня дерматомы C5, переходящая в тотальную анестезию (или глубокую гипестезию) с уровня 4-го межреберья (уровень дерматомы Th4).

В работе оценивали следующие показатели: мышечную силу — по 6-балльной шкале MRC (Medical Research Council Scale); объем активных движений в суставах — методом гониометрии (угломерии); электрическую активность мышц верхних конечностей — по данным электромиографии (ЭМГ).

ЭМГ-исследование выполняли на 4-канальном электронейромиографе «Нейро-МВП-4» (ООО «Нейрософт», Россия, г. Иваново).

Двигательные функции верхних конечностей оценивали с помощью модифицированного теста руки Френчай (Frenchay Arm Test, FAT). Уровень независимости пациентки в повседневной жизни определяли по шкале SCIM-III (Spinal Cord Independence Measure, версия III). Проблемы в основных сферах жизнедеятельности идентифицировали с использованием Канадской оценки выполнения деятельности (The Canadian Occupational Performance Measure, COPM).

Все процедуры, описанные в статье, соответствуют стандартам этического комитета учреждения, проводившего исследование, и Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации в редакции 2013 года. Исследование одобрено комитетом по биоэтике ФГБУ ННПЦ МСЭ и РИ Минтруда России (протокол № 1 от 10.02.2025 г.).

РЕЗУЛЬТАТЫ

При поступлении у пациентки отмечалось практически полное отсутствие произвольных сокращений во

всех мышечных группах нижних конечностей (0–1 балл по шкале MRC), за исключением сгибателей левого бедра (1–2 балла). Сила мышц верхних конечностей была существенно выше, с преобладанием на левой стороне. Так, сила сгибателей, разгибателей, отводящих и приводящих мышц плеча, а также сгибателей предплечья с обеих сторон составляла 3 балла. Сила разгибателей предплечья, сгибателей и разгибателей кисти слева достигала 3 баллов, тогда как справа не превышала 2 баллов. Сила сгибателей пальцев левой кисти оценивалась в 1–2 балла; в пальцах правой кисти активные движения полностью отсутствовали.

Объем движений в суставах: активные движения в плечевых и локтевых суставах сохранялись в полном объеме, тогда как в лучезапястных суставах фиксировалось их ограничение (табл. 1). Активные движения в суставах пальцев обеих кистей отсутствовали. Движения в суставах туловища были резко ограничены из-за выраженного нарушения функции равновесия и невозможности самостоятельного удержания позы сидя.

По данным ЭМГ верифицированы признаки миелорадикулопатии на шейном уровне и умеренно выраженной демиелинизирующей радикулопатии C6–Th1 с признаками грубой аксонопатии C7–Th1 слева, а также частичное нарушение проводимости

по спинному мозгу на уровне нижних шейных сегментов. Электрическая активность исследованных мышц верхних конечностей при максимальном произвольном напряжении была диффузно снижена (табл. 2).

При первичном обследовании пациентка в положении лежа самостоятельно переворачивалась со спины на живот и обратно. Переход в положение сидя и удержание позы были возможны только с опорой на спинку и подлокотники кресла-коляски. Мобильность в кресле-коляске ограничивалась передвижением по ровной поверхности (вперед, назад) и возможностью разворота.

Мануальные функции были значительно снижены: пациентка оказалась не способна полноценно выполнить более половины заданий теста руки Френчай (табл. 3).

В повседневной жизни сохранялась полная зависимость от посторонней помощи. Согласно результатам канадской оценки выполнения деятельности (шкала COPM), приоритетной сферой жизнедеятельности, которую пациентка стремилась улучшить за курс реабилитации, стало самообслуживание (а именно — мытье тела). При первичном опросе выполнение этой деятельности пациентка оценила в 3 балла, а удовлетворенность результатом — в 2 балла (из 10 максимально возможных).

Основу восстановительного лечения составили занятия с использованием VR-технологий, направленные на улучшение постурального контроля и восстановление произвольных движений. Параллельно реализовывалась стандартная программа медицинской реабилитации, включающая лечебную физкультуру (ЛФК) для укрепления мышечного корсета и активизации движений в конечностях, тренировки на циклических тренажерах (велотренажере), а также медицинский массаж спины и воротниковой зоны. В течение дня высоконагрузочные процедуры чередовались с менее интенсивными; интервал между ними составлял не менее 30 минут. Продолжительность курса составила 10 дней (процедур).

VR-реабилитацию проводили с применением аппаратно-программного комплекса (АПК) «Девирта-Делфи» (полуиммерсивный тип погружения). В процессе лечения использовались следующие специализированные игровые сценарии: «Поглаживание дельфина» (одной рукой); «Поглаживание двух дельфинов» (двумя руками одновременно); «Составление имени» (выбор букв из предложенного набора); «Игра с дельфином в мяч»; «Игра с дельфином с обручем»; «Плавание вслед за дельфином»; «Серфинг» (маневрирование с уклонением от препятствий).

Длительность одного сеанса на АПК составляла 30 минут. Этот временной

Таблица 1

Объем активных движений туловища и лучезапястных суставов пациентки Ф. в начале и в конце курса реабилитации

Table 1

Range of active movement of the trunk and wrist joints in patient F. at the start and at the end of rehabilitation

Этап обследования Examination stage	Туловище Trunk		Лучезапястный сустав / Wrist joint		
				правый / right	левый / left
В начале курса реабилитации At the start of rehabilitation	сгибание, ° flexion, °	20	сгибание, ° flexion, °	20	40
	разгибание, ° extension, °	15	разгибание, ° extension, °	10	30
	наклон вправо, ° tilt to the right, °	38	отведение, ° abduction, °	0	5
	наклон влево, ° tilt to the left, °	12	приведение, ° adduction, °	0	0
В конце курса реабилитации At the end of rehabilitation	сгибание, ° flexion, °	25	сгибание, ° flexion, °	30	50
	разгибание, ° extension, °	15	разгибание, ° extension, °	20	40
	наклон вправо, ° tilt to the right, °	40	отведение, ° abduction, °	10	20
	наклон влево, ° tilt to the left, °	40	приведение, ° adduction, °	10	20

Таблица 2

Амплитуда электрической активности мышц верхних конечностей пациентки Ф. при максимальном произвольном усилии в начале и в конце курса реабилитации

Table 2

Amplitude of the electrical activity of upper extremity muscles in patient F. with maximum voluntary effort at the start and at the end of rehabilitation

Этап обследования Examination stage	Мышцы / Muscles			
	двуглавая мышца плеча правой конечности biceps muscle of the right arm	двуглавая мышца плеча левой конечности biceps muscle of the left arm	поверхностный сгибатель пальцев правой кисти superficial flexor muscle of the fingers of the right hand	поверхностный сгибатель пальцев левой кисти superficial flexor muscle of the fingers of the left hand
Средняя амплитуда электрической активности, мкВ Average amplitude of electrical activity, microvolts				
В начале курса реабилитации At the start of rehabilitation	820	1088	75	0
В конце курса реабилитации At the end of rehabilitation	1552	1265	790	857
Максимальная амплитуда электрической активности, мкВ Maximum amplitude of electrical activity, microvolts				
В начале курса реабилитации At the start of rehabilitation	2817	5135	162	25.4
В конце курса реабилитации At the end of rehabilitation	8664	6208	1241	3662

интервал включал позиционирование пациентки перед экраном, стартовое и итоговое тестирование объема активных движений в суставах верхних конечностей и туловища, а также подведение итогов занятия. Непосредственно тренировочные упражнения пациентка выполняла циклами по 2 минуты с последующим 30-секундным отдыхом. Общая плотность занятия составила 100 %, моторная плотность — 57,5 %.

Пациентка Ф. выполняла задания на АПК в положении сидя в кресле-коляске с возможностью опоры на спинку и подлокотники. Расстояние от кресла-коляски до экрана составляло 3 метра, что обеспечивало оптимальный захват оптическими сенсорами системы всех сегментов тела пациентки, управляющей виртуальным аватаром с помощью движений туловища и верхних конечностей.

В ходе реабилитации пациентка демонстрировала высокую комплаент-

ность и мотивацию: активно интересовалась достигнутыми результатами, сравнивала их с показателями предыдущих сессий, а также постепенно увеличивала точность и амплитуду движений в суставах рук и туловища. Внешних признаков переутомления во время занятий не зафиксировано; жалоб на усталость или ухудшение общего самочувствия от пациентки не поступало. К 10-му дню тренировок количество правильно выполненных целевых действий в игровых сценариях увеличилось на 8,0 % по сравнению с исходным уровнем.

По окончании курса комплексной реабилитации пациентка отметила субъективное улучшение пострурального контроля в положении сидя и повышение общей мобильности. По объективным данным, уровень функциональной независимости пациентки в повседневной жизни значительно повысился — суммарный показатель увеличился на 11 баллов (см. табл. 3).

В результате проведенного курса реабилитации у пациентки зафиксировано значительное улучшение пострурального контроля в положении сидя. Об этом свидетельствует как способность к самостоятельному удержанию позы без дополнительной опоры в течение 30 секунд, так и увеличение амплитуды движений туловища. Кроме того, отмечен прирост объема активных движений в лучезапястных суставах (см. табл. 1).

К концу курса восстановительного лечения верифицировано повышение мышечной силы: в проксимальных отделах верхних конечностей (мышцы плеча) показатели увеличились до 4 баллов, в дистальных — до 2 баллов слева и до 1–2 баллов справа. Повторное ЭМГ-исследование продемонстрировало существенное увеличение средней и максимальной амплитуды интерференционной электрической активности исследуемых мышечных групп (см. табл. 2).

Таблица 3

Результаты диагностики пациентки Ф. по международным оценочным шкалам в начале и в конце курса реабилитации

Table 3

Results of diagnostics according to international assessment scales of patient F. at the beginning and at the end of the rehabilitation course

Шкала/опросник Scale/questionnaire		В начале курса реабилитации At the start of rehabilitation	В конце курса реабилитации At the end of rehabilitation
SCIM III, баллы / SCIM III, points		26	37
Френчай, баллы / Frenchay Activity Index, points		48	55
COPM, баллы	выполнение / performance	3	4
COPM, points	удовлетворенность / satisfaction	2	4

Примечание: SCIM III (Spinal Cord Independence Measure, version III) – Измеритель независимости при повреждениях спинного мозга, версия III; COPM (The Canadian Occupational Performance Measure) – Канадская оценка выполнения деятельности.

Note. SCIM III – Spinal Cord Independence Measure, version III; COPM – Canadian Occupational Performance Measure.

Пациентка стала увереннее передвигаться в кресле-коляске. В частности, она научилась без посторонней помощи преодолевать дверные проемы и пороги высотой до 5 см, что указывает на расширение ее мобильности. Критерием успешной социально-бытовой адаптации стало то, что к моменту выписки женщина полностью освоила навыки самостоятельного открывания и закрывания шкафов, а также гигиенический уход (мытье тела) и посещение туалета.

Количественно указанные изменения выразились в увеличении показателей по модифицированному тесту руки Френчай на 7 баллов (см. табл. 3). По шкале COPM (в приоритетном разделе «мытье тела») оценка за выполнение деятельности выросла на 1 балл, а уровень удовлетворенности результатом – на 2 балла.

ОБСУЖДЕНИЕ

В последние годы в отечественной и зарубежной литературе появилось множество публикаций, посвященных интеграции VR-технологий в программы реабилитации пациентов с повреждением спинного мозга. Тем не менее клиническая эффективность VR для данного контингента больных все еще остается предметом дискуссий и требует дальнейшего детального изучения [13].

В настоящей работе представлены результаты успешного применения полуиммерсивных VR-технологий в качестве компонента персонализированной программы медицинской реабилитации пациентки в позднем периоде ТБСМ с синдромом частичного нарушения проводимости спинного

мозга на уровне шейного утолщения (C6). Исходно основные проблемы пациентки были связаны с дефицитом постурального контроля в положении сидя, ограничениями при самостоятельном передвижении в кресле-коляске и трудностями при выполнении повседневных задач, среди которых гигиенический уход (мытье тела) являлся наиболее значимым по шкале COPM. Направленная коррекция данных нарушений и легла в основу целей реабилитационного курса. Для их достижения требовалось улучшить биомеханику позы сидя, увеличить амплитуду движений в лучезапястных суставах, а также повысить силу мышц туловища и верхних конечностей. В период госпитализации решение этих задач осуществлялось путем синергетического сочетания классических методов лечебной физкультуры и инновационных интерактивных тренировок.

Занятия на АПК «Девирта-Делфи» воспринимались пациенткой как увлекательный игровой процесс, что обеспечило высокую мотивацию и приверженность к лечению. В результате к концу курса восстановительного лечения было достигнуто значимое увеличение амплитуды движений в суставах, а также зафиксировано повышение уровня общей мобильности и независимости.

Полученные нами данные демонстрируют, что включение VR-технологий в комплексную реабилитацию пациентов с тетраплегией способствует эффективному восстановлению мануальных функций и росту показателей функциональной независимости. Это согласуется с результатами исследо-

вания D.Y. Lim и соавт. [14]. Наше заключение о потенциальной пользе VR-вмешательств в качестве адъювантной (дополнительной) терапии к стандартным протоколам – в частности, для восстановления постурального баланса у пациентов с ТБСМ – подтверждают и другие авторы [15].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Включение полуиммерсивных VR-технологий в программу комплексной медицинской реабилитации пациентки в позднем периоде ТБСМ способствовало совершенствованию постурального контроля в положении сидя, увеличению амплитуды движений в лучезапястных суставах, а также повышению силы и электрической активности мышц верхних конечностей. Улучшение указанных параметров привело к значимому росту мобильности и уровня независимости пациентки в повседневной жизни.

Описанное клиническое наблюдение подтверждает целесообразность применения VR-технологий в качестве эффективного инструмента для активизации двигательной сферы и повышения потенциала социально-бытовой адаптации пациентов с последствиями позвоночно-спинномозговой травмы в позднем периоде заболевания.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Lu Y, Shang Z, Zhang W, Hu X, Shen R, Zhang K, et al. Global, regional, and national burden of spinal cord injury from 1990 to 2021 and projections for 2050: a systematic analysis for the Global Burden of Disease 2021 study. *Ageing Res Rev.* 2025;103:102598. DOI: 10.1016/j.arr.2024.102598.
2. Spota A, Giorgi PD, Cioffi SPB, Altomare M, Schirò GR, Legrenzi S, et al. Spinal injury in major trauma: epidemiology of 1104 cases from an Italian first level trauma center. *Injury.* 2023;54(4):1144-1150. DOI: 10.1016/j.injury.2023.02.039.
3. Wang B, Yang X, Li C, Yang R, Sun T, Yin Y. The shared molecular mechanism of spinal cord injury and sarcopenia: a comprehensive genomics analysis. *Front Neurol.* 2024;15:1373605. DOI: 10.3389/fneur.2024.1373605.
4. Martin JH. Neuroplasticity of spinal cord injury and repair. Review. *Handb Clin Neurol.* 2022; 184: 317-330. DOI:10.1016/B978-0-12-819410-2.00017-5.
5. Mensah EO, Chalif JI, Johnston BR, Chalif E, Parker T, Izzy S, et al. Traumatic spinal cord injury: a review of the current state of art and future directions - what do we know and where are we going? *N Am Spine Soc J.* 2025;22:100601. DOI: 10.1016/j.xnsj.2025.100601.
6. Montoto-Marqués A, Benito-Penalva J, Ferreiro-Velasco ME, Andrew Wright M, Salvador-De la Barrera S, Kumru H, et al. Advances and new therapies in traumatic spinal cord injury. *J Clin Med.* 2025;14(7):2203. DOI: 10.3390/jcm14072203.
7. Tian T, Zhang S, Yang M. Recent progress and challenges in the treatment of spinal cord injury review. *Protein Cell.* 2023; 14(9): 635-652. DOI: 10.1093/procel/pwad003.
8. Nair MS, Kulkarni VN, Shyam AK. Combined effect of virtual reality training (VRT) and conventional therapy on sitting balance in patients with spinal cord injury (SCI): randomized control trial. *Neurol India.* 2022; 70(Supplement): S245-S250. DOI:10.4103/0028-3886.360934.
9. Hao J, Xie H, Harp K, Chen Z, Siu KC. Effects of virtual reality intervention on neural plasticity in stroke rehabilitation: a systematic review. *Arch Phys Med Rehabil.* 2022;103(3):523-541. DOI: 10.1016/j.apmr.2021.06.024.
10. Soleimani M, Ghazisaeedi M, Heydari S. The efficacy of virtual reality for upper limb rehabilitation in stroke patients: a systematic review and meta-analysis. *BMC Med Inform Decis Mak.* 2024; 24(1): 135. DOI:10.1186/s12911-024-02534-y.
11. Wang L, Zhang H, Ai H, Liu Y. Effects of virtual reality rehabilitation after spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *J Neuroeng Rehabil.* 2024; 21(1): 191. DOI:10.1186/s12984-024-01492-w.
12. Scalise M, Bora TS, Zancanella C, Safa A, Stefani R, Cannizzaro D. Virtual reality as a therapeutic tool in spinal cord injury rehabilitation: a comprehensive evaluation and systematic review. *J Clin Med.* 2024;13(18):5429. DOI: 10.3390/jcm13185429.
13. Wang L, Zhang H, Ai H, Liu Y. Effects of virtual reality rehabilitation after spinal cord injury: a systematic review and meta-analysis. *J Neuroeng Rehabil.* 2024; 21(1): 191. DOI:10.1186/s12984-024-01492-w.
14. Lim DY, Hwang DM, Cho KH, Moon CW, Ahn SY. A fully immersive virtual reality method for upper limb rehabilitation in spinal cord injury. *Ann Rehabil Med.* 2020;44(4):311-319. DOI: 10.5535/arm.19181.
15. Miguel-Rubio A, Rubio MD, Salazar A, Moral-Munoz JA, Requena F, Camacho R, et al. Is virtual reality effective for balance recovery in patients with spinal cord injury? A systematic review and meta-analysis. *J Clin Med.* 2020; 9(9):2861. DOI: 10.3390/jcm9092861.

Сведения об авторах:

Коновалова Нина Геннадьевна (автор для переписки) —

д.м.н., ведущий научный сотрудник отдела медицинской и социально-профессиональной реабилитации Научного центра ФГБУ ННПЦ МСЭ и РИ Минтруда России; ул. Малая, д. 7, г. Новокузнецк, Россия, 654055. E-mail: root@reabil-nk.ru; konovalovang@yandex.ru

Хохлова Ольга Ивановна — д.м.н., ведущий научный сотрудник отдела медицинской и социально-профессиональной реабилитации Научного центра ФГБУ ННПЦ МСЭ и РИ Минтруда России; ул. Малая, д. 7, г. Новокузнецк, Россия, 654055.

Васильченко Елена Михайловна — д.м.н., доцент, главный научный сотрудник отдела медицинской и социально-профессиональной реабилитации Научного центра ФГБУ ННПЦ МСЭ и РИ Минтруда России; ул. Малая, д. 7, г. Новокузнецк, Россия, 654055.

Статья поступила в редакцию 03.04.2026

Рецензирование пройдено 04.05.2026

Подписано в печать 31.07.2026

Information about authors:

Konovalova Nina Gennadyevna (author for correspondence) —

MD, PhD, leading researcher at department of medical and socio-professional rehabilitation, Scientific Center of Novokuznetsk Scientific and Practical Center for Medical-Social Expertise and Rehabilitation of Persons with Disabilities, 7 Malaya St., Novokuznetsk, Russia, 654055. E-mail: root@reabil-nk.ru; konovalovang@yandex.ru

Khokhlova Olga Ivanovna — MD, PhD, leading researcher at department of medical and socio-professional rehabilitation, Scientific Center of Novokuznetsk Scientific and Practical Center for Medical-Social Expertise and Rehabilitation of Persons with Disabilities, 7 Malaya St., Novokuznetsk, Russia, 654055.

Vasilchenko Elena Mikhailovna — MD, PhD, associate professor, department of medical and socio-professional rehabilitation, Scientific Center of Novokuznetsk Scientific and Practical Center for Medical-Social Expertise and Rehabilitation of Persons with Disabilities, 7 Malaya St., Novokuznetsk, Russia, 654055.

Received 03.04.2026

Review completed 04.05.2026

Passed for printing 31.07.2026