

Погонченкова И. В.¹, Аксенова Е. И.², Камынина Н. Н.², Костенко Е. В.¹, Петрова Л. В.¹

КОГНИТИВНО-ДВИГАТЕЛЬНЫЙ ТРЕНИНГ — ТЕХНОЛОГИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ СОЦИАЛЬНО-ТРУДОВОЙ АКТИВНОСТИ

¹ГАУЗ города Москвы «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины имени С. И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы», 105120, Москва, Россия;
²ГБУ города Москвы «Научно-исследовательский институт организации здравоохранения и медицинского менеджмента Департамента здравоохранения города Москвы», 115088, Москва, Россия

Нарушенная вследствие инсульта функция верхней конечности ограничивает повседневную активность и снижает качество жизни пациентов. Когнитивно-двигательная терапия с использованием технологий виртуальной реальности и биологической обратной связи может оптимизировать реабилитацию. Цель исследования: оценка эффективности когнитивно-двигательной терапии у пациентов с постинсультной дисфункцией верхней конечности.

Ключевые слова: когнитивно-двигательная реабилитация; виртуальная реальность; биологическая обратная связь; медицинская реабилитация; инсульт; дисфункция верхней конечности; когнитивные нарушения; социальная активность

Для цитирования: Погонченкова И. В., Аксенова Е. И., Камынина Н. Н., Костенко Е. В., Петрова Л. В. Когнитивно-двигательный тренинг — технология восстановления и сохранения социально-трудовой активности. Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2024;32(специальный выпуск 2):1147—1153. DOI: <http://dx.doi.org/10.32687/0869-866X-2024-32-s2-1147-1153>

Для корреспонденции: Петрова Людмила Владимировна; e-mail: ludmila.v.petrova@yandex.ru

Pogonchenkova I. V.¹, Aksenova E. I.², Kamynina N. N.², Kostenko E. V.¹, Petrova L. V.¹

COGNITIVE-MOTOR TRAINING AS A TECHNOLOGY FOR RESTORING AND PRESERVING SOCIAL INDEPENDENCE AND ACTIVITY

¹S. I. Spasokukotsky Moscow Centre for research and practice in medical rehabilitation, restorative and sports medicine of Moscow Healthcare Department, 105120, Moscow, Russia;

²Research Institute of Health Care Organization and Medical Management of the Moscow Health Care Department, 115088, Moscow, Russia

The function of the upper limb impaired due to stroke limits daily activity and reduces the quality of life of patients. Cognitive motor therapy using virtual reality and biofeedback (biofeedback) technologies can optimize rehabilitation. The aim of the study was to evaluate the effectiveness of cognitive motor therapy in patients with post-stroke dysfunction of the upper limb.

Keywords: cognitive-motor rehabilitation; virtual reality; biofeedback; medical rehabilitation; stroke; upper limb dysfunction; cognitive impairment; social activity

For citation: Pogonchenkova I. V., Aksenova E. I., Kamynina N. N., Kostenko E. V., Petrova L. V. Cognitive-motor training as a technology for restoring and preserving social independence and activity. *Problemi socialnoi gigieny, zdavoookhraneniya i istorii meditsini*. 2024;32(Special Issue 2):1147–1153 (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.32687/0869-866X-2024-32-s2-1147-1153>

For correspondence: Lyudmila V. Petrova; e-mail: ludmila.v.petrova@yandex.ru

Source of funding. This study was not supported by any external sources of funding.

Conflict of interest. The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received 15.05.2024

Accepted 03.09.2024

Введение

Мозговой инсульт (МИ) является одной из главных причин дисфункции верхних конечностей (ВК) и физической инвалидности [1]. После МИ двигательный контроль нарушается, что приводит к вялому парезу в острый период и спастическому парезу в восстановительный период, ограничивая социальную и трудовую активность пациентов, снижая качество их жизни [2]. Дистальный отдел ВК отвечает за 60% их функциональности, а функция кисти критически важна для повседневных действий, таких как одевание, уход за собой, использование телефона или компьютера, что напрямую связано с качеством жизни [3]. Тренировка пальцев влияет на речь и мышление благодаря анатомическим связям корковых зон.

Реабилитация после МИ основана на комплексной двигательной терапии (КДТ), активирующей нейропластичность [4, 5]. Критический период для нейропластичности длится 1—3 мес, когда реабилитационные меры наиболее эффективны [6]. КДТ включает повторяющиеся, интенсивные и мотивирующие задачи для максимизации нейропластических изменений [7]. Традиционная реабилитация обеспечивает лишь около 40 повторений за сеанс, что недостаточно для значительных нейропластических сдвигов, требующих 200—300 движений в час. Это привело к развитию инновационных методов с использованием виртуальной реальности (ВР) и биологической обратной связи (БОС), которые предлагают высокую интенсивность, специфичность задач и мотивацию через геймификацию [8, 9]. ВР и БОС улучшают когнитивные и двигатель-

ные функции, а также повседневную активность [1, 4].

КДТ акцентирует внимание на сенсомоторных функциях и познании, что важно для взаимодействия с окружающей средой [10]. Интеграция мультисенсорных сигналов стимулирует нейропластичность через вовлечение префронтальной коры.

Целью данной работы является оценка эффективности КДТ с использованием ВР и БОС у пациентов с постинсультной дисфункцией ВК. В работе представлены результаты двух исследований:

- когнитивно-двигательная реабилитация с использованием реабилитационных (сенсорных) перчаток;
- КДТ нарушений мелкой моторики методом эрготерапии в виртуальной среде.

Материалы и методы

Когнитивно-двигательная реабилитация с использованием реабилитационных (сенсорных) перчаток

В исследование включены 120 пациентов, перенесших ишемический инсульт, проходивших амбулаторную реабилитацию в филиале № 7 ГАУЗ МНПЦ МРВСМ им. С. И. Спасокукоцкого ДЗМ (возраст $61,3 \pm 3,7$ года, давность ИИ $3,7 \pm 1,3$ дня). Включались пациенты с умеренной и лёгкой степенью пареза ВК (≥ 3 баллов по шкале MRCS), лёгкой или отсутствующей спастичностью (≤ 2 баллов по шкале Эшворта), отсутствием выраженных когнитивных нарушений (MoCA ≥ 20 баллов). Оценивали когнитивные и двигательные нарушения по различным шкалам (табл. 1).

Пациенты были разделены на основную (ОГ1; $n = 66$) и контрольную (КГ1; $n = 54$) группы. Группы были эквивалентны по половозрастным характеристикам и функциональным показателям ($p > 0,05$).

ОГ1 проводились 15 занятий с реабилитационным пакетом (ПП) «SensoRehab» (20—30 мин, 3 раза в неделю, 5 нед). Комплекс упражнений направлен

на восстановление тонкой моторной функции и когнитивный тренинг. Упражнения выполнялись с увеличением уровня сложности.

КГ1 предоставлялась лечебная физкультура для ВК (20—30 мин, 3 раза в неделю, 5 нед). Занятия направлены на восстановление активных движений в мышцах пальцев и запястья, пронаторах и супинаторах предплечья. Темп и интенсивность упражнений увеличивались.

Эффективность оценивали по шкалам FMA-UE, ARAT (основные критерии), MRCS, Эшфорт, ВАШ, MoCA, HADS, индекс Бартел и EuroQoL EQ-5D-5L (вторичные критерии). В ОГ1 также оценивали продолжительность и эффективность тренинга.

Когнитивно-двигательный тренинг методом эрготерапии в виртуальной среде

Исследование проведено с участием 80 пациентов (средний возраст $58,2 \pm 4,8$ года, давность МИ $3,2 \pm 1,8$ мес; женщин — 43,75%, мужчин — 56,25%). Включались пациенты с умеренной и лёгкой степенью пареза ВК (MRCS ≥ 3 баллов), лёгкой или отсутствующей спастичностью (Эшворт ≤ 2 баллов), отсутствием выраженных когнитивных нарушений (MMSE ≥ 20 баллов). Оценивали когнитивные и двигательные нарушения по шкалам, представленным в табл. 2.

Пациенты были распределены на основную (ОГ2; $n = 40$) и контрольную (КГ2; $n = 40$) группы. Группы были сопоставимы по возрастным и клиническим характеристикам ($p > 0,05$).

КГ2 назначалась традиционная программа лечебной физкультуры, включающая целевые упражнения с многократными повторами и тренировки с отягощением. ОГ2 участвовали в эрготренинге в виртуальной среде, выполняя задания по приготовлению блюд в игровой форме. Упражнения направлены на работу мышц ВК, включая до-

Таблица 2

Методики, используемые в исследовании	
Изучаемая функция	Методика обследования
Основные критерии оценки эффективности	
Состояние двигательной функции верхней конечности	1. Динамика по шкале FMA-UE; 2. Динамика по шкале ARAT; 3. Тест 9 дырочек и 9 колышков (Nine holes and pegs test, NHPT-тест)
Дополнительные критерии оценки эффективности	
Состояние опорно-двигательного аппарата	1. Определение степени пареза по 6-балльной системе оценки двигательных нарушений комитета медицинских исследований; 2. Шкала спастичности Эшворта (Modified Ashworth Scale, MAS, от 0 до 4 баллов)
Оценка боли в паретичной конечности	ВАШ
Функция ходьбы и равновесия	Шкала Тинетти
Когнитивные функции	Краткая шкала оценки психического статуса (Mini-mental state examination, MMSE)
Наличие и выраженность депрессии	HADS
Функциональная независимость	Шкала Бартел с анализом суммарного балла и разделов: приём пищи; купание; уход за собой; одевание

Таблица 1

Используемые инструменты тестирования когнитивных и двигательных нарушений пациентов	
Шкала/опросник	Предмет оценивания
Шкала британского Комитета медицинских исследований количественной оценки мышечной силы (Medical Research Council Scale, MRCS)	Мышечная сила
Модифицированная шкала Эшворта ARAT (Action Research Arm Test)	Спастичность Тест оценки функции ВК
Шкала Фугл-Мейер для ВК (Fugl-Meyer Assessment for upper extremity, FMA-UE)	Тонкая функция кисти Фугл-Мейера
Визуальная аналоговая шкала (ВАШ)	Боль
Монреальская когнитивная шкала (Montreal Cognitive Assessment, MoCA)	Когнитивная функция
Госпитальная шкала тревоги и депрессии (Hospital Anxiety and Depression Scale, HADS)	Тревога и депрессия
Индекс Бартел	Независимость в повседневной жизни
Опросник качества жизни Европейской группы (European Quality of Life Questionnaire, EQ-5D-5L, версия 1.0, 2011 в сочетании с ВАШ)	Качество жизни

тягивание до предметов и их захват. Курс реабилитации включал 15 сеансов по 15—30 мин 3 раза в неделю.

Статистическая обработка данных

Использованы программные пакеты «Statistica v. 12.0» и «MS Excel». Применены методы: анализ значимости различий по критерию Фишера, описательная статистика (среднее, стандартная ошибка), Т-критерий Стьюдента для связанных и несвязанных групп. Уровень статистической значимости принимался при $p < 0,05$.

Результаты

Когнитивно-двигательная реабилитация с использованием реабилитационных (сенсорных) перчаток

РП «SensoRehab», разработанная отечественным производителем ООО «СенсоМед», представляет собой мягкую перчатку с датчиками движений пальцев и встроенными измерительными приборами для регистрации движений запястья. РП определяет амплитуду движений в суставах кисти и пальцев, что позволяет количественно оценить восстановление двигательной активности. При тренировках поддерживается визуальная, слуховая и кинестетическая обратная связь. Адаптивный контроль

уровня игры с помощью искусственного интеллекта соответствует физическому состоянию пациента.

В результате реабилитации уже через 10 сеансов у больных ОГ1 отмечалось увеличение движения в паретичной конечности, что подтверждалось увеличением баллов по шкалам FMA-UE и ARAT (табл. 3), которые сохранялись в течение последующих 5 занятий. Одновременно у пациентов ОГ наблюдалось улучшение функции проксимального отдела ВК, что подтверждалось динамикой баллов по шкалам FMA-UE-prox и ARAT. У пациентов КГ1 наблюдалась положительная динамика, но показатели не достигали статистической значимости.

Средняя продолжительность тренировок у пациентов ОГ1 увеличилась с 10 (1,5—22,0) мин на первом занятии до 27 (4,5 до 35) мин на последнем (незначимая тенденция, $p = 0,074$; $r = 0,377$). Общее время тренировки на всех 15 занятиях составило 303 (246—329) мин. Среднее эффективное время тренировки за сеанс увеличилось с 7,7 (4,5—12,1) мин на первом занятии до 20,1 (13,9 до 27,7) мин на последнем занятии ($Z = 2,701$; $p = 0,007$; $r = 0,604$). Общее эффективное время тренировки, проведённое в течение 15 сеансов, составило 320 (181—405) мин.

В ходе медицинской реабилитации уменьшение тревожности по данным шкалы HADS у пациентов

Таблица 3

Динамика двигательных, когнитивных функций, эмоционального статуса, повседневной активности и качества жизни

Шкалы	Визиты				
	V1	V2	$p(V1-V2)$	V3	$p(V1-V3)$
ОГ1 (n = 64)					
Первичные точки					
FMA-UE-total, балл	53,4 ± 1,8	58,4 ± 1,7	0,047	58,8 ± 1,6	0,03
FMA-UE-prox., балл	30,0 ± 1,0	32,5 ± 0,9	0,05	32,7 ± 0,9	0,049
FMA-UE-dist., балл	19,4 ± 0,7	21,2 ± 0,7	0,07	21,3 ± 0,7	0,06
ARAT, балл	32,6 ± 3,2	43,2 ± 4,2	0,048	43,7 ± 4,3	0,047
Вторичные точки					
MRC, балл	3,8 ± 0,6	4,0 ± 0,47	0,76	4,04 ± 0,47	0,75
mAS, балл	1,2 ± 0,78	1,0 ± 0,7	0,91	0,97 ± 0,7	0,89
ВАШ (боль), балл	1,8 ± 0,76	1,6 ± 0,77	0,92	1,62 ± 0,77	0,92
MoCA, балл	22,8 ± 2,3	26,2 ± 2,5	0,37	26,4 ± 2,4	0,04
HADS (тревога), балл	9,9 ± 2,7	7,9 ± 3,5	0,65	6,6 ± 1,2	0,05
HADS (депрессия), балл	9,7 ± 2,8	8,3 ± 3,4	0,75	6,9 ± 2,4	0,30
Индекс Бартел	58,2 ± 6,6	75,6 ± 5,6	0,048	77,8 ± 5,6	0,027
Качество жизни EuroQol EQ-5D-5L (ВАШ), балл	46,4 ± 6,6	67,8 ± 5,8	0,017	72,3 ± 5,7	0,004
Продолжительность тренинга, мин	10,0 (1,5—22,0)	15	0,86	25,0 (4,5—35,0)	0,21
Эффективное время тренировки, мин	16,5 (12,5—20,1)	21,2	0,05	32,1 (23,9—37,9)	0,007
Эффективное время тренировок (общее количество), мин		220		320 (181—405)	0,008
КГ1 (n = 56)					
Первичные точки					
FMA-UE-total, балл	54,0 ± 1,4	55,8 ± 1,3	0,45	56,5 ± 1,2	0,16
FMA-UE-prox, балл	32,1 ± 1,4	32,8 ± 1,3	0,48	33,5 ± 1,2	0,45
FMA-UE-dist, балл	21,9 ± 1,0	22,9 ± 0,9	0,30	23,1 ± 0,8	0,48
ARAT, балл	42,1 ± 3,0	45,7 ± 2,9	0,64	46,2 ± 2,6	0,30
Вторичные точки					
MRC	3,97 ± 0,24	4,1 ± 0,22	0,48	4,18 ± 0,22	0,513
mAS	1,3 ± 0,7	1,0 ± 0,6	0,91	1,0 ± 0,6	0,72
ВАШ (боль)	1,7 ± 0,8	1,7 ± 0,8	0,99	1,6 ± 0,8	0,93
MoCA	23,9 ± 2,2	24,6 ± 2,3	0,38	25,6 ± 2,1	0,72
HADS (тревога)	9,7 ± 1,6	8,6 ± 1,4	0,65	8,1 ± 1,3	0,31
HADS (депрессия)	9,3 ± 1,3	8,9 ± 1,0	0,82	8,2 ± 1,0	0,5
Индекс Бартел	60,9 ± 5,8	73,1 ± 5,7	0,08	75,5 ± 5,3	0,066
Качество жизни EuroQol EQ-5D-5L (ВАШ)	46,7 ± 6,5	54,3 ± 4,6	0,069	62,2 ± 4,6	0,047

ОГ1 наблюдалось через 10 процедур, достоверное — к 15-му сеансу. В ОГ1 пациентов наблюдалась постепенное восстановление когнитивной функции — средний показатель теста МоСА к моменту завершения исследования достиг нормальных значений: $26,4 \pm 2,4$. У пациентов КГ1 отмечалась тенденция к улучшению показателей когнитивного и эмоционального статуса без достижения статистической значимости.

Таким образом, использование РП «SensoRehab» эффективно для восстановления двигательных, когнитивных функций и улучшения эмоционального статуса, способствует социальной интеграции и возвращению к трудовой деятельности.

Когнитивно-двигательный тренинг методом эрготерапии в виртуальной среде

Основная гипотеза использования эрготерапии в ВР заключается в том, что осуществление бимануальных действий, ориентированных на выполнение специфических когнитивно-двигательных задач, в сочетании с наблюдением за виртуальными конечностями, которые повторяют движения пациента, создают условия для функциональной перестройки, изменённой двигательной и премоторной систем путём активации зеркальных нейронов [11].

КДТ в виртуальной среде, приближенной к натуральной, эффективнее традиционного эрготренинга. Реалистичная экстероцепция важна для захватывающего виртуального опыта [12], но отсутствие реалистичной тактильной обратной связи остаётся ограничением современной ВР [13].

Специалистами ГАУЗ МНПЦ МРВСМ им. С. И. Спасокукоцкого ДЗМ разработаны программа для ЭВМ «Эрготренинг в виртуальной среде VR Kitchen», представляющая виртуальную среду в виде типовой кухни (ООО «Сенсомед») [14] и «Способ реабилитации нарушений предметно-манипулятивной деятельности верхней конечности методом эрготерапии в виртуальной среде у пациентов, перенесших ишемический инсульт» [15]. Система ВР с двойными и тройными когнитивно-двигательными задачами повышает вовлечённость пациента и адаптирует обучение к его потребностям, автоматически отслеживает движения и минимизирует нежелательные компенсаторные движения. Использование РП «SensoRehab» усиливает эффект присутствия, обеспечивая контроль движений и взаимодействие с виртуальными объектами через интеграцию визуальной информации и нервно-мышечной обратной связи. Тактильная и визуальная обратная связь синхронизированы. РП поддерживают сенсомоторные функции, добавляя кинестетическую и вибрационную обратную связь, что облегчает отработку целевых движений для реабилитации.

Эрготренинг в виртуальной среде с использованием РП сопровождался улучшением тонких движений кисти. В ОГ2 наблюдался значимый прирост суммарного балла по шкале FMA-UE total за счёт улучшения функции проксимального и дистального отделов ВК. Значимый прирост показателей в ОГ2

наблюдался по NHPT-тесту, что говорит о нейромоторном обучении пациентов. При этом выявленные значимые ($p = 0,048$) различия между ОГ2 и КГ2 свидетельствуют о преимуществах эрготерапии в ВР с РП для восстановления тонкой функции ВК. Наблюдался прирост баллов по ARAT в ОГ2, где значительно увеличилось число пациентов с улучшенными показателями на 5 баллов и более по сравнению с КГ2 ($\chi^2 = 4,12$; $p < 0,05$). Пациенты более эффективно смогли контролировать ВК во время касания цели и контакта с ней, повысились проксимальная стабильность, плавность и эффективность пути движения, которые способствуют уменьшению количества дополнительных перемещений, необходимых для завершения движения.

Изначально у участников ОГ2 лёгкие и умеренные статолокомоторные нарушения проявлялись в 52,5 и 10% случаев соответственно, а у 37,5% пациентов отмечалась нормальная двигательная активность. В КГ2 данные проявления отмечены у 57,5, 10 и 32,5% пациентов соответственно. Положительная динамика локомоторного характера подтверждена повторным тестированием по шкале Тинетти. При этом у пациентов ОГ отмечалось выраженное улучшение параметров относительно показателей КГ2.

В среднем продолжительность эрготренингов увеличилась с 15 (1,5—22,0) мин на первом занятии до 25 (4,5—35,0) мин на заключительном занятии (незначимая тенденция; $p = 0,074$; $r = 0,377$).

В результате проведённой реабилитации в ОГ2 отмечено улучшение результатов нейродинамических ($p < 0,05$) функций у пациентов. При изучении психоэмоциональных нарушений по шкале HADS через 5 нед от начала реабилитационных мероприятий средний балл тревоги и депрессии по шкале HADS уменьшался у большинства пациентов обеих групп, достигая значимых различий показателей тревоги в ОГ2 (табл. 4). Изменение уровня тревоги по шкале HADS отождествлялось с улучшением характеристик движения ВК и ходьбы.

Через 10 занятий эрготренинга в ВР с РП увеличение суммы баллов индекса Бартел было статистически значимым (с $58,2 \pm 2,8$ до $75,5 \pm 2,7$; $p < 0,05$) и сохранялось к моменту окончания исследования. Положительная динамика обусловлена нарастанием баллов по критериям навыков самообслуживания (одевание — на 56%, приём пищи — на 54%, приём ванны — на 60%, пользование туалетом — на 46%). В КГ2 динамика тех же показателей достигла статистической значимости лишь к моменту завершения исследования ($p < 0,05$; табл. 4). Аналогичная динамика прослеживалась по показателям качества жизни: в ОГ2 изменения достигали степени статистической значимости к 5-й неделе исследования и сохранялись до конца МР. У пациентов КГ2 качество жизни улучшилось к моменту завершения МР. Выявлены значительные межгрупповые различия в приросте показателей качества жизни с преобладанием в ОГ2 (Δ между ОГ2 и КГ2 по ВАШ качества жизни: +3,33).

Т а б л и ц а 4
Динамика двигательных, когнитивных и эмоциональных нарушений

Параметры	Исходно	Через 5 нед	p
ОГ2 (n = 40)			
FMA-UE total, балл	53,2 ± 1,4	58,8 ± 1,6	0,03*
FMA-UE prox, балл	31,6 ± 1,0	32,7 ± 0,9	0,49*
FMA-UE dist, балл	21,4 ± 0,7	21,8 ± 0,65	0,013*
ARAT, балл	42,6 ± 3,2	43,7 ± 4,3	0,047*
NHPT, с	36,8 ± 4,3	22,0 ± 3,9	0,048*
Шкала Тинетти, общий балл	19,3 ± 3,4	27,4 ± 2,8	0,045*
Шкала Тинетти, субшкала устойчивости, баллы	10,2 ± 2,8	15,72 ± 2,65	0,049*
Шкала Тинетти, субшкала походки, баллы	9,66 ± 3,45	11,63 ± 3,2	0,67
MMSE, баллы	22,9 ± 1,7	25,8 ± 1,4	0,049
HADS (тревога), баллы	9,7 ± 2,8	7,0 ± 3,3	0,048
HADS (депрессия), баллы	9,9 ± 2,7	7,8 ± 3,5	0,72
Индекс Бартел, баллы	58,2 ± 3,8	75,5 ± 2,7	0,008
EQ-5D, баллы ВАШ	46,3 ± 2,3	65,2 ± 2,7	0,005
КГ2 (n = 40)			
FMA-UE total, балл	54,0 ± 1,4	60,2 ± 2,5	0,07
FMA-UE prox, балл	32,1 ± 1,4	34,5 ± 2,2	0,44
FMA-UE dist, балл	21,9 ± 1,0	28,3 ± 2,8	0,12
ARAT, балл	42,1 ± 3,0	51,4 ± 3,7	0,56
NHPT, с	35,9 ± 4,8	27,7 ± 4,1	0,37
Шкала Тинетти, общий балл	19,8 ± 2,8	25,4 ± 2,7	0,15
Шкала Тинетти, субшкала устойчивости, баллы	10,5 ± 3,0	14,58 ± 2,95	0,4
Шкала Тинетти, субшкала походки, баллы	9,8 ± 3,1	11,33 ± 3,0	0,7
MMSE	23,1 ± 1,3	24,9 ± 1,2	0,78
HADS (тревога), баллы	9,6 ± 3,1	7,5 ± 3,3	0,45
HADS (депрессия), баллы	9,3 ± 2,9	8,5 ± 3,2	0,88
Индекс Бартел, баллы	58,9 ± 2,9	67,7 ± 2,7	0,049
EQ-5D, баллы ВАШ	46,8 ± 2,4	58,4 ± 2,8	0,049

Примечание: достоверность различий — p — исходно и после лечения; * p < 0,05

Использование эрготренинга в ВР позволяет проводить сенсомоторное обучение, нивелировать патологические двигательные синергии и восстанавливать постуральные функции. Эта технология оценивается как когнитивно-двигательный тренинг при заболеваниях центральной нервной системы. Позитивное эмоциональное ощущение вовлечённости стимулирует приверженность лечению, интерес к реабилитации и нормализует психоэмоциональное состояние пациента, устраняя кинезиофобию. Технология применима для пациентов с нарушением двигательного стереотипа лёгкой и средней степени выраженности, а также с лёгкими и умеренными когнитивными расстройствами на всех этапах медицинской реабилитации.

Обсуждение

Дисфункция ВК является распространённым осложнением после инсульта, частота которого достигает 70%, что приводит к инвалидизации и снижению качества жизни [16, 17]. Восстановление функции ВК является важной целью реабилитации после инсульта. Фундаментальные и клинические исследования подтверждают, что повторяющиеся, интенсивные и долгосрочные тренировки эффективны для ремоделирования двигательного поведения и улучшения нейроархитектоники [8].

Использование компьютеризированных технологий, таких как биологическая обратная связь (БОС) и ВР, позволяет оптимизировать индивидуальный подход к двигательному обучению. Наши исследования показали, что применение КДТ с использованием РП значительно улучшает функцию тонкого использования кисти, что подтверждается динамикой по шкалам FMA-dist, ARAT и NHPT [8].

Кроме того, наблюдалось стойкое улучшение нейropsychологических показателей по шкалам МоСА, MMSE и HADS, что подчёркивает комплексный эффект РП на восстановление когнитивных функций и тонкой моторики кисти после МИ. Интеграция РП «Sensorehab» в качестве контроллера посредством обеспечения кинестетической БОС улучшила эффект погружения и повысила активность пациентов в повседневной деятельности.

Использование геймифицированной реабилитации на основе ВР без погружения с РП и эрготренинг с иммерсивной ВР и РП различаются уровнем погружения и интерактивности. Иммерсивная ВР имеет преимущества в виде большей приверженности терапевтическому протоколу и ускоренного восстановления реальных движений, однако её практическая реализация может быть затруднена из-за высокой стоимости и требований к когнитивным функциям пациентов.

Индивидуализация планирования задач, минимальный контроль со стороны врача и возможность удалённого использования делают ВР с РП потенциально выгодной формой реабилитации. Предполагается, что ВР станет обязательным инструментом для развития телереабилитации, что стимулирует дальнейшие исследования в области домашнего ВР-обучения [16, 18].

Заключение

Использование инновационных технологических интерфейсов с ВР и БОС позволяет пациенту одновременно выполнять двигательную и когнитивную деятельность во время КДТ. У ослабленных и мультиморбидных пожилых людей старше 65 лет, пациентов с деменцией и здоровых высок риск снижения когнитивных и двигательных функций. При нормальном старении также снижается способность выполнять двойную когнитивно-двигательную задачу. Недавние систематические обзоры выявили, что КДТ крайне полезна для когнитивных и двигательных функций [19, 20]. Применение интерактивных технологических систем увеличивает эффективность и вовлечённость в КДТ, что позволяет мониторировать и улучшать когнитивно-моторные функции при старении. ВР с датчиками движения, благодаря мультисенсорному воздействию и реабилитационным сценариям, эффективно вовлекает участников в когнитивную и двигательную активность [12].

Пилотные исследования предполагают положительное влияние данной технологии на продление активного долголетия и сохранение социально-трудовой активности у пожилых. Дальнейшие клини-

ческие испытания позволят разработать дифференцированные алгоритмы применения данной технологии.

Авторы заявляют об отсутствии внешних источников финансирования при проведении исследования.

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

Статья подготовлена в рамках действия соглашения о сотрудничестве между ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины имени С. И. Спасокукоцкого Департамента здравоохранения города Москвы» и ГБУ «Научно-исследовательский институт организации здравоохранения и медицинского менеджмента Департамента здравоохранения города Москвы».

ЛИТЕРАТУРА

- Banduni O., Saini M., Singh N. et al. Post-stroke rehabilitation of distal upper limb with new perspective technologies: virtual reality and repetitive transcranial magnetic stimulation — a mini review // *J. Clin. Med.* 2023. Vol. 12, N 8. P. 2944. DOI: 10.3390/jcm12082944
- Levin M. F., Baniña M. C., Frenkel-Toledo S. et al. Personalized upper limb training combined with anodal-tDCS for sensorimotor recovery in spastic hemiparesis: study protocol for a randomized controlled trial // *Trials*. 2018. Vol. 19, N 1. P. 7. DOI: 10.1186/s13063-017-2377-6
- Zheng Y., Peng Y., Xu G. et al. Using corticomuscular coherence to reflect function recovery of paretic upper limb after stroke: a case study // *Front. Neurol.* 2018. Vol. 8. P. 728. DOI: 10.3389/fneur.2017.00728
- Plummer P., Zukowski L. A., Feld J. A., Najafi B. Cognitive-motor dual-task gait training within 3 years after stroke: a randomized controlled trial // *Physiother. Theory Pract.* 2022. Vol. 38, N 10. P. 1329—1344. DOI: 10.1080/09593985.2021.1872129
- Lim S. B., Peters S., Yang C. L. et al. Frontal, sensorimotor, and posterior parietal regions are involved in dual-task walking after stroke // *Front. Neurol.* 2022. Vol. 13. P. 904145. DOI: 10.3389/fneur.2022.904145
- Ismail F. Y., Fatemi A., Johnston M. V. Cerebral plasticity: windows of opportunity in the developing brain // *Eur. J. Paediatr. Neurol.* 2017. Vol. 21, N 1. P. 23—48. DOI: 10.1016/j.ejpn.2016.07.007
- Sampaio-Baptista C., Sanders Z. B., Johansen-Berg H. Structural plasticity in adulthood with motor learning and stroke rehabilitation // *Annu. Rev. Neurosci.* 2018. Vol. 41. P. 25—40. DOI: 10.1146/annurev-neuro-080317-062015
- Merians A. S., Fluet G. G., Qiu Q. et al. Learning in a virtual environment using haptic systems for movement re-education: can this medium be used for remodeling other behaviors and actions? // *J. Diabetes Sci. Technol.* 2011. Vol. 5, N 2. P. 301—308. DOI: 10.1177/193229681100500215
- Arcuri F., Porcaro C., Ciancarelli I. et al. Electrophysiological correlates of virtual-reality applications in the rehabilitation setting: new perspectives for stroke patients // *Electronics*. 2021. Vol. 10. P. 836. DOI: 10.3390/electronics10070836
- Kim W.-S., Cho S., Ku J. et al. Clinical application of virtual reality for upper limb motor rehabilitation in stroke: review of technologies and clinical evidence // *J. Clin. Med.* 2020. Vol. 9. P. 3369. DOI: 10.3390/jcm9103369
- Chen J., Or C. K., Chen T. Effectiveness of using virtual reality-supported exercise therapy for upper extremity motor rehabilitation in patients with stroke: systematic review and meta-analysis // *J. Med. Internet Res.* 2022. Vol. 24, N 6. P. e24111. DOI: 10.2196/24111
- Tuena C., Borghesi F., Bruni F. et al. Technology-assisted cognitive motor dual-task rehabilitation in chronic age-related conditions: systematic review // *J. Med. Internet Res.* 2023. Vol. 25. P. e44484. DOI: 10.2196/44484
- Qi J., Gao F., Sun G. et al. HaptGlove-untethered pneumatic glove for multimode haptic feedback in reality-virtuality continuum // *Adv. Sci. (Weinh)*. 2023. Vol. 10, N 25. P. e2301044. DOI: 10.1002/adv.202301044
- Костенко Е. В., Петрова Л. В., Погонченкова И. В. и др. Эрготренинг в виртуальной среде VR KITCHEN. Государственная регистрация программы для ЭВМ. Номер регистрации (свидетельства): 2022685352; 2022.
- Костенко Е. В., Петрова Л. В., Погонченкова И. В. Способ реабилитации нарушений предметно-манипулятивной деятельности верхней конечности методом эрготерапии в виртуальной среде у пациентов, перенесших ишемический инсульт. Изобретение RU 2 817 336 C1; 2023.
- Le Roy B., Martin-Krumm C., Poupon C. et al. Virtual exercise in medicine: a proof of concept in a healthy population // *JMIR Form. Res.* 2024. Vol. 8. P. e45637. DOI: 10.2196/45637
- Safdar A., Smith M. C., Byblow W. D. et al. Applications of repetitive transcranial magnetic stimulation to improve upper limb motor performance after stroke: a systematic review // *Neurorehabil. Neural Repair*. 2023. Vol. 37, N 11-12. P. 837—849. DOI: 10.1177/15459683231209722
- Nataraj R., Hollinger D., Liu M. et al. Disproportionate positive feedback facilitates sense of agency and performance for a reaching movement task with a virtual hand // *PLoS ONE*. 2020. Vol. 15. P. e0233175. DOI: 10.1371/journal.pone.0233175
- Li Z., Wang T., Liu H. et al. Dual-task training on gait, motor symptoms, and balance in patients with Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis // *Clin. Rehabil.* 2020. Vol. 34, N 11. P. 1355—1367. DOI: 10.1177/0269215520941142
- Gallou-Guyot M., Mandigout S., Bherer L. et al. Effects of exergames and cognitive-motor dual-task training on cognitive, physical and dual-task functions in cognitively healthy older adults: an overview // *Ageing Res. Rev.* 2020. Vol. 63. P. 101135. DOI: 10.1016/j.arr.2020.101135

Поступила 15.05.2024
Принята в печать 03.09.2024

REFERENCES

- Banduni O., Saini M., Singh N. et al. Post-stroke rehabilitation of distal upper limb with new perspective technologies: virtual reality and repetitive transcranial magnetic stimulation — a mini review. *J. Clin. Med.* 2023;12(8):2944. DOI: 10.3390/jcm12082944
- Levin M. F., Baniña M. C., Frenkel-Toledo S. et al. Personalized upper limb training combined with anodal-tDCS for sensorimotor recovery in spastic hemiparesis: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2018;19(1):7. DOI: 10.1186/s13063-017-2377-6
- Zheng Y., Peng Y., Xu G. et al. Using corticomuscular coherence to reflect function recovery of paretic upper limb after stroke: a case study. *Front. Neurol.* 2018;8:728. DOI: 10.3389/fneur.2017.00728
- Plummer P., Zukowski L. A., Feld J. A., Najafi B. Cognitive-motor dual-task gait training within 3 years after stroke: a randomized controlled trial. *Physiother. Theory Pract.* 2022;38(10):1329—1344. DOI: 10.1080/09593985.2021.1872129
- Lim S. B., Peters S., Yang C. L. et al. Frontal, sensorimotor, and posterior parietal regions are involved in dual-task walking after stroke. *Front. Neurol.* 2022;13:904145. DOI: 10.3389/fneur.2022.904145
- Ismail F. Y., Fatemi A., Johnston M. V. Cerebral plasticity: windows of opportunity in the developing brain. *Eur. J. Paediatr. Neurol.* 2017;21(1):23—48. DOI: 10.1016/j.ejpn.2016.07.007
- Sampaio-Baptista C., Sanders Z. B., Johansen-Berg H. Structural plasticity in adulthood with motor learning and stroke rehabilitation. *Annu. Rev. Neurosci.* 2018;41:25—40. DOI: 10.1146/annurev-neuro-080317-062015
- Merians A. S., Fluet G. G., Qiu Q. et al. Learning in a virtual environment using haptic systems for movement re-education: can this medium be used for remodeling other behaviors and actions? *J. Diabetes Sci. Technol.* 2011;5(2):301—308. DOI: 10.1177/193229681100500215
- Arcuri F., Porcaro C., Ciancarelli I. et al. Electrophysiological correlates of virtual-reality applications in the rehabilitation setting: new perspectives for stroke patients. *Electronics*. 2021;10:836. DOI: 10.3390/electronics10070836

10. Kim W.-S., Cho S., Ku J. et al. Clinical application of virtual reality for upper limb motor rehabilitation in stroke: review of technologies and clinical evidence. *J. Clin. Med.* 2020;9:3369. DOI: 10.3390/jcm9103369
11. Chen J., Or C. K., Chen T. Effectiveness of using virtual reality-supported exercise therapy for upper extremity motor rehabilitation in patients with stroke: systematic review and meta-analysis. *J. Med. Internet Res.* 2022;24(6):e24111. DOI: 10.2196/24111
12. Tuena C., Borghesi F., Bruni F. et al. Technology-assisted cognitive motor dual-task rehabilitation in chronic age-related conditions: systematic review. *J. Med. Internet Res.* 2023;25:e44484. DOI: 10.2196/44484
13. Qi J., Gao F., Sun G. et al. HaptGlove-untethered pneumatic glove for multimode haptic feedback in reality-virtuality continuum. *Adv. Sci. (Weinh.)*. 2023;10(25):e2301044. DOI: 10.1002/advs.202301044
14. Kostenko E. V., Petrova L. V., Pogonchenkova I. V. et al. Ergo training in a VR-KUNI virtual environment. State registration of a computer program. Registration number (certificate): 2022685352; 2022. (In Russ.)
15. Kostenko E. V., Petrova L. V., Pogonchenkova I. V. Method of rehabilitation of violations of the subject-manipulative activity of the upper limb by ergotherapy in a virtual environment in patients who have suffered an ischemic stroke. Edition RU 2 817 336 C1; 2023. (In Russ.)
16. Le Roy B., Martin-Krumm C., Poupon C. et al. Virtual exercise in medicine: a proof of concept in a healthy population. *JMIR Form. Res.* 2024;8:e45637. DOI: 10.2196/45637
17. Safdar A., Smith M. C., Byblow W. D. et al. Applications of repetitive transcranial magnetic stimulation to improve upper limb motor performance after stroke: a systematic review. *Neurorehabil. Neural Repair.* 2023;37(11-12):837—849. DOI: 10.1177/15459683231209722
18. Nataraj R., Hollinger D., Liu M. et al. Disproportionate positive feedback facilitates sense of agency and performance for a reaching movement task with a virtual hand. *PLoS ONE*. 2020;15:e0233175. DOI: 10.1371/journal.pone.0233175
19. Li Z., Wang T., Liu H. et al. Dual-task training on gait, motor symptoms, and balance in patients with Parkinson's disease: a systematic review and meta-analysis. *Clin. Rehabil.* 2020;34(11):1355—1367. DOI: 10.1177/0269215520941142
20. Gallou-Guyot M., Mandigout S., Bherer L. et al. Effects of exergames and cognitive-motor dual-task training on cognitive, physical and dual-task functions in cognitively healthy older adults: an overview. *Ageing Res. Rev.* 2020;63:101135. DOI: 10.1016/j.arr.2020.101135