



Оригинальное исследование | Original research  
DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM704173>

This work is licensed under CC BY 4.0  
© Authors, 2026

# Реабилитация двигательных нарушений у пациентов после перенесенного церебрального инсульта в ранний восстановительный период с помощью беговой дорожки с биологической обратной связью

Л.Р. Ахмадеева, Е.О. Голдырев, К.Ф. Багаутдинов, Н.М. Блинова  
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»  
Минздрава России (Уфа, Российская Федерация)

## Аннотация

**Цель:** оценить клиническую эффективность интеграции тренинга на беговой дорожке с системой биологической обратной связи (БОС) в программу ранней постинсультной реабилитации для коррекции двигательных нарушений и улучшения функциональных исходов.

**Материал и методы.** В исследовании приняли участие 60 пациентов в ранний восстановительный период (до 6 месяцев) после перенесенного инсульта по ишемическому типу. Участники были рандомизированы на две группы: основную (экспериментальную) и контрольную. Обе группы получали стандартную комплексную терапию, включающую лечебную физкультуру, механотерапию и эрготерапию. Основная группа дополнительно проходила курсовое лечение на беговой дорожке с БОС (Walker View), которое обеспечивало обратную связь по параметрам опорной реакции и симметрии шага. Для объективной оценки динамики использовался комплекс клинических шкал (тест «Встань и иди», 10-метровый тест ходьбы, шкала баланса Берга) и инструментальный анализ параметров походки (скорость ходьбы, длина цикла шага). Оценка проводилась до и после 14-дневного курса реабилитации.

**Результаты.** Проведенное исследование продемонстрировало статистически значимое улучшение по всем оцениваемым показателям в обеих

группах, что подтверждает эффективность стандартной реабилитации. Однако в основной группе, где применялась БОС, динамика улучшений была несколько лучше: более выраженное сокращение времени выполнения тестов «Встань и иди» (20% от исходного против 17%) и 10-метровой ходьбы (23,3% против 23,1%), увеличение баллов по шкале Берга (27,4% против 15,1%), а также улучшились показатели длины цикла шага (41,2% против 27,3%) при отсутствии различий по скорости ходьбы.

**Заключение.** Интеграция тренировок на беговой дорожке с БОС в программу ранней постинсультной реабилитации может повысить эффективность восстановления ходьбы по сравнению со стандартной терапией. Метод способствует улучшению симметрии походки, баланса, увеличению скорости и длины шага, что в конечном итоге ведет к повышению функциональной независимости пациентов. Требуются дальнейшие исследования для определения клинической эффективности тренинга ходьбы на беговой дорожке с БОС на большей выборке пациентов и с более длительным катамнезом.

**Ключевые слова:** инсульт, ходьба, реабилитация, биологическая обратная связь.

**Конфликт интересов:** не заявлен.

## Для цитирования:

Ахмадеева Л.Р., Голдырев Е.О., Багаутдинов К.Ф., Блинова Н.М. Реабилитация двигательных нарушений у пациентов после перенесенного церебрального инсульта в ранний восстановительный период с помощью беговой дорожки с биологической обратной связью. *Наука и инновации в медицине*. 2026;11(2):111-116. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM704173>

## Сведения об авторах

\*Ахмадеева Лейла Ринатовна – д-р мед. наук, профессор

кафедры неврологии.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1177-6424>

E-mail: [leila\\_ufa@mail.ru](mailto:leila_ufa@mail.ru)

Голдырев Е.О. – врач-невролог Клиники БГМУ.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5307-3123>

E-mail: [evgenyy86@gmail.com](mailto:evgenyy86@gmail.com)

Багаутдинов К.Ф. – ассистент кафедры адаптивной физической культуры и спортивной медицины.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7165-8073>

E-mail: [bagautdinov-k@mail.ru](mailto:bagautdinov-k@mail.ru)

Блинова Н.М. – канд. мед. наук, доцент кафедры нейрохирургии и медицинской реабилитации.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7385-3299>

E-mail: [natalia\\_ufa@bk.ru](mailto:natalia_ufa@bk.ru)

\*Автор для переписки

## Список сокращений

БОС – биологическая обратная связь.

Получено: 27.02.2026

Одобрено: 20.03.2026

Опубликовано: 28.03.2026

# Rehabilitation of motor impairments in patients after cerebral stroke in the early recovery period using a treadmill with biofeedback

Leila R. Akhmadeeva, Evgenii O. Goldyrev, Kamil F. Bagautdinov, Nataliya M. Blinova  
Bashkir State Medical University (Ufa, Russian Federation)

## Abstract

**Aim:** to evaluate the clinical effectiveness of integrating treadmill training with a biofeedback (BFB) system into an early post-stroke rehabilitation program for managing motor disorders and improving functional outcomes.

**Material and methods.** The study involved 60 patients during the first 6 months after ischemic stroke. Participants were randomized into two groups: the main (experimental) group and the control group. Both groups received standard comprehensive therapy, including physiotherapy, mechanotherapy, and occupational therapy. The main group additionally underwent a course of treatment on a treadmill with BFB (Walker View), which provided feedback

on parameters of the support reaction and step symmetry. For an objective assessment of dynamics, a set of clinical scales (Timed Up and Go test, 10-meter walk test, Berg Balance Scale) and instrumental analysis of gait parameters (walking speed, step length) were used. The assessment was conducted before and after a 14-day rehabilitation course.

**Results.** The conducted study demonstrated a statistically significant improvement in all assessed parameters in both groups, confirming the effectiveness of standard rehabilitation. However, in the main group where BFB was applied, the dynamics of improvement were better. A comparative

analysis showed that these patients achieved a more pronounced reduction in the time taken to complete the "Timed Up and Go" (20% vs. 17%) and 10-meter walk tests (23.3% vs. 23.1%), a substantial increase in scores on the Berg Balance Scale (27.4% vs. 15.1%), as well as a significant increase in step length (41.2% vs. 27.3%) and no difference in walking speed.

**Conclusion.** The integrating treadmill training with biofeedback into an early post-stroke rehabilitation program increases the effectiveness of walking

recovery compared to standard therapy. The method promotes improved gait symmetry, balance, increased speed and step length, ultimately leading to enhanced functional independence of patients. Further research is required to determine the clinical effectiveness of treadmill gait training with BFB in a larger sample of patients and with a longer follow-up.

**Keywords:** stroke, walking, rehabilitation, biofeedback.

**Conflict of interest:** nothing to disclose.

#### Citation

Akhmadeeva LR, Goldyrev EO, Bagautdinov KF, Blinova NM. **Rehabilitation of motor impairments in patients after cerebral stroke in the early recovery period using a treadmill with biofeedback.** *Science and Innovations in Medicine.* 2026;11(2):111-116. DOI: <https://doi.org/10.35693/SIM704173>

#### Information about authors

\***Leila R. Akhmadeeva** – MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor of the Department of Neurology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1177-6424>

E-mail: [leila\\_ufa@mail.ru](mailto:leila_ufa@mail.ru)

**Evgenii O. Goldyrev** – MD, neurologist of the Clinic of the Bashkir State Medical University.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5307-3123>

E-mail: [evgeny86@gmail.com](mailto:evgeny86@gmail.com)

**Kamil F. Bagautdinov** – MD, assistant of the Department of Adaptive physical culture and sports medicine.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-7165-8073>

E-mail: [bagautdinov-k@mail.ru](mailto:bagautdinov-k@mail.ru)

**Nataliya M. Blinova** – MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate professor of the Department of Neurosurgery and medical rehabilitation.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7385-3299>

E-mail: [natalia\\_ufa@bk.ru](mailto:natalia_ufa@bk.ru)

\***Corresponding author**

Received: 27.02.2026

Accepted: 20.03.2026

Published: 28.03.2026

## ■ ВВЕДЕНИЕ

Реабилитация после церебрального инсульта нередко является одним из самых тяжелых испытаний для пациента. Острое нарушение мозгового кровообращения приводит к гибели части нейронов, и выпадает ряд функций, включая моторную. В результате у пациентов развиваются парез или паралич, повышается мышечный тонус, нарушается чувствительность – все это осложняет восстановление движений после инсульта и делает процесс реабилитации длительным.

Практика показывает, что каждый случай инсульта уникален: поскольку это гетерогенное заболевание, пациенты демонстрируют разные модели восстановления. Поэтому крайне важно своевременно начать реабилитацию и персонализировать реабилитационную программу с учетом индивидуальных данных пациента [1].

Нарушения походки после церебрального инсульта негативно сказываются на повседневной независимости, качестве жизни, профессиональной и социальной интеграции, а также повышают риск падений у взрослых [2, 3]. Ключом к восстановлению способности ходить после инсульта является реабилитация. Стимуляция головного мозга происходит за счет афферентных стимулов при выполнении физических упражнений [4, 5], в том числе при выполнении упражнений лечебной физкультуры для восстановления ходьбы [6–9]. Степень неврологического дефицита может уменьшаться как в результате спонтанного, естественного восстановления нервной системы, так и при направленном на восстановление способности выполнять повседневные действия тренинге со специалистами [7–10].

Люди, пережившие инсульт, могут восстановить качество своей жизни благодаря феномену нейропластичности [11–14]. Одним из инструментов направленного воздействия на механизмы нейропластичности является метод биологической обратной связи (БОС), занимающий устойчивую позицию в современной нейрореабилитации [15]. В основе метода лежит принцип внешней объективизации физиологических процессов, которые в обычных условиях протекают на субклиническом уровне и не осознаются пациентом. БОС предоставляет пациенту информацию о параметрах его двигательной активности в режиме реального времени и переводит автоматизированные нейромышечные процессы в зону сознательного контроля.

В двигательной реабилитации после инсульта ключевым биосигналом является биоэлектрическая активность мышц, регистрируемая с помощью электромиографии [16]. Формируется замкнутый контур сенсомоторной обратной связи: попытка движения → регистрация сигнала → визуализация результата → корректировка моторной команды. Пациент получает немедленную информацию о качестве и интенсивности сокращения мышцы и может сознательно усиливать или модифицировать движение. Этот процесс соответствует принципам моторного обучения, основанного на повторении, коррекции ошибки и подкреплении успешного действия [17].

С нейрофизиологической точки зрения БОС-тренинг активирует несколько взаимосвязанных механизмов: усиление афферентного потока от работающих мышц; повышение кортикальной возбудимости в сенсомоторных зонах; формирование новых функциональных связей в обход поврежденных участков; стабилизацию вновь формирующихся нейронных сетей через повторную активацию.

Регулярное сопоставление моторного намерения с объективным результатом способствует уменьшению патологических двигательных паттернов и постепенному восстановлению схемы движения. В отличие от пассивных методов воздействия, БОС вовлекает пациента в активный процесс саморегуляции, что принципиально важно для устойчивого нейропластического эффекта [18, 19].

Оптимальная частота тренировок определяется индивидуально, однако регулярные занятия (2–3 раза в неделю по 30–40 минут или в составе интенсивных программ реабилитации) обеспечивают накопительный эффект за счет повторной активации сенсомоторных контуров [20].

Не менее значимой является психологическая составляющая метода. После инсульта пациенты часто сталкиваются с феноменом «двигательной неопределенности», когда попытка движения не сопровождается ожидаемым результатом. Визуализация даже минимальной мышечной активности формирует ощущение контроля и прогресса. Пациент из пассивного объекта терапии превращается в активного участника процесса восстановления, что повышает мотивацию и приверженность лечению [21].

Особое значение БОС приобретает в условиях вариабельности постинсультного восстановления. Характер неврологического дефицита, степень поражения,

выраженность спастичности, наличие сенсорных нарушений, возраст и сопутствующие заболевания формируют уникальный профиль пациента. Индивидуализация программы требует точной оценки не только физической силы и объема движений, но и скрытых нарушений – проприоцептивного дефицита, нарушений координации, диссоциации мышечной активности [22].

Ранняя идентификация подобных расстройств позволяет своевременно включать в программу элементы сенсорной стимуляции, антиспастические мероприятия, баланс-тренинг и коррекцию постурального контроля. В этом контексте БОС выступает не только как метод тренировки, но и как инструмент функциональной диагностики [23].

Важным этапом терапии является процесс калибровки системы. На основании зарегистрированных сигналов формируются индивидуальные пороговые значения, отражающие исходный функциональный уровень пациента. Настройка диапазонов чувствительности обеспечивает адекватность обратной связи и предотвращает как избыточное усложнение, так и недостаточную стимуляцию. Сохранение параметров между сессиями позволяет отслеживать динамику и объективно фиксировать прогресс [24, 25].

Таким образом, БОС представляет собой интегративный метод, сочетающий элементы нейрофизиологии, моторного обучения и цифрового мониторинга. Она обеспечивает переход от эмпирической тренировки к управляемому, количественно контролируемому процессу нейропластического переобучения, что делает ее перспективным компонентом современных программ постинсультной реабилитации [26].

## ■ ЦЕЛЬ

Оценить клиническую эффективность интеграции тренинга на беговой дорожке с системой БОС в программу ранней постинсультной реабилитации для коррекции двигательных нарушений и улучшения функциональных исходов.

## ■ МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

В исследовании принимали участие 60 пациентов. *Критерии включения* в исследование: перенесенный в течение последних 6 месяцев церебральный ишемический инсульт, подтвержденный данными нейровизуализации и медицинской документации, очаговая неврологическая симптоматика в виде моторного дефицита (атаксия, парез) с возможностью самостоятельно ходить со скоростью  $>0,4$  м/с, мышечный тонус паретичной нижней конечности по шкале Ashworth  $\leq 1$  плюс, уровень инвалидности по шкале Рэнкин – 3, отсутствие деменции, наличие добровольного информированного согласия на участие в исследовании. *Критерии невключения* в исследование: невозможность поддержания вертикальной позы, нестабильное гемодинамическое состояние, заболевания периферических сосудов, когнитивные нарушения с результатами по шкале Mini Mental Scale Examination  $<20$  и другие двигательные расстройства, существенно ограничивающие способность ходить, отказ от участия в исследовании. *Критерии исключения*: отзыв добровольного информированного согласия, досрочное завершение курса лечения по любым причинам.

С помощью компьютерной программы – генератора случайных чисел для распределения участники были рандомизированы на две группы – экспериментальную группу и группу контроля. В ходе исследования 30 пациентов прошли курс реабилитации с применением дорожки с БОС (17 мужчин, 13 женщин; средний возраст данных пациентов составлял  $66,0 \pm 7,6$  года). Другие 30 пациентов составили контрольную группу (19 мужчин, 11 женщин; средний возраст пациентов составлял  $68,0 \pm 6,9$  года) и проходили реабилитационные программы без БОС. По клинко-демографическим параметрам на этапе включения пациентов в исследование группы были сопоставимы по полу, возрасту, характеру инсульта, наличию коморбидной патологии ( $p > 0,05$ ). Все пациенты проходили реабилитацию в условиях дневного стационара отделения медицинской реабилитации Клиники Башкирского государственного медицинского университета. Курс реабилитации составлял 14 дней. Среднее время, прошедшее с момента развития инсульта, составило 43,8 дня.

У всех пациентов на момент проведения исследования в клинической картине основным синдромом была атаксия (динамическая и статическая) и центральный парез ноги. Реабилитационный процесс включал в себя индивидуальные занятия лечебной физкультурой с инструктором-методистом – 30 минут, механотерапию – занятия на велотренажере, 10 минут, эрготерапию – 30 минут. Экспериментальная группа помимо всего занималась реабилитацией ходьбы на дорожке с БОС (ежедневно по 20 минут).

Тренировки проводились с использованием беговой дорожки с БОС Walker View. Ее функционирование основано на интеграции механической платформы, представляющей собой модифицированные ходунки, оснащенные тензOMETрическими датчиками, и программно-аппаратного комплекса, обеспечивающего визуализацию и количественный анализ двигательного акта. Принцип действия заключается в непрерывном мониторинге ряда биомеханических параметров в реальном времени, включая распределение вертикальной нагрузки на верхние конечности, симметричность опорной реакции, длину и ритмичность шага, а также общую динамику локомоции. Получаемые данные транслировались на интерфейс в форме интуитивно понятной графики – цифровых индикаторов, шкал нагрузки или интерактивных анимационных сценариев. В результате пациент активно контролировал движения на основе зрительного анализа текущих показателей. Ключевым терапевтическим преимуществом системы при коррекции атаксических расстройств является формирование афферентного потока, способствующего восстановлению физиологического паттерна ходьбы. Пациент, стремясь достичь целевых значений на экране (например, удержать баланс или пройти траекторию), произвольно нормализует распределение веса тела, уменьшает асимметрию нагрузки на паретичную и здоровую конечности и отрабатывает элементы постурального контроля. С нейрофизиологической точки зрения, данная методика потенцирует механизмы нейропластичности за счет обеспечения интенсивной, повторяющейся и целенаправленной практики, что соответствует принципам научения, зависящего от опыта. Мозг получает четкую задачу и мгновенную обратную связь о качестве ее выполнения, что стимулирует реорганизацию

Показатель	Первый день реабилитации	14-й день реабилитации	p-значение
Тест «Встань и иди»	21,55±6,48	17,23±6,05	<0,001
10-метровый тест ходьбы	20,27±5,31	15,55±4,23	<0,001
Шкала баланса Берга	26,45±9,94	33,70±8,72	<0,001
Скорость ходьбы (км/ч)	0,86±0,79	1,04±0,92	<0,002
Длина цикла шага	0,51±0,63	0,72±0,71	<0,001

**Таблица 1.** Усредненные значения показателей у пациентов в динамике в процессе реабилитации с применением дорожки с БОС (n=30)

**Table 1.** Mean values of indicators in patients over time during rehabilitation using a biofeedback track (n=30)

Показатель	Первый день реабилитации	14-й день реабилитации	p-значение
Тест «Встань и иди»	22,06±6,91	18,14±5,76	<0,001
10-метровый тест ходьбы	21,78±4,84	16,73±4,72	<0,001
Шкала баланса Берга	26,15±8,76	30,11±9,28	<0,001
Скорость ходьбы (км/ч)	0,81±0,65	0,98±0,87	<0,002
Длина цикла шага	0,55±0,69	0,70±0,82	<0,001

**Таблица 2.** Усредненные значения показателей у пациентов в динамике в процессе реабилитации без использования дорожки с БОС (n=30)

**Table 2.** Mean values of indicators in patients over time during rehabilitation without a biofeedback track (n=30)

функциональных карт в сенсомоторной коре и формирование новых компенсаторных нейронных сетей. Помимо прямого воздействия на двигательные функции, технология обладает значимым психологическим эффектом, повышая мотивационную составляющую терапии через геймификацию реабилитационного процесса и обеспечение визуализации объективного прогресса.

*Статистический анализ* проводился с доверительной вероятностью 95%. Нормальное распределение количественных данных оценивалось с помощью критерия Шапиро – Уилка: распределение не отличалось от нормального ( $p > 0,05$ ). Для описательной статистики использовались полученные в результате исследования количественные данные в виде среднего арифметического и среднего квадратического отклонения. Значимость результатов упражнений на беговой дорожке в каждой группе исследования оценивалась путем сравнения результатов обследования до и после программы тренировок. Улучшение оценивалось как изменение результатов обследования до и после программы. В связи с полученными данными о нормальности распределения для исследования статистических различий между двумя выборками был использован критерий Фишера – Стьюдента. Предполагался пороговый уровень значимости  $\alpha < 0,05$ . Все данные были проанализированы с помощью программы STATISTICA версии 10.0 (StatSoft, Польша).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Для оценки результатов проведенных реабилитационных мероприятий мы использовали следующие показатели и клинические шкалы: тест «Встань и иди», 10-метровый тест ходьбы, шкала баланса Берга, скорость ходьбы (км/ч), длина цикла шага (см) (таблицы 1, 2).

Сравнительный анализ динамики показателей между группами демонстрирует четкое преимущество методики с использованием БОС. Несмотря на то что статистически значимое улучшение наблюдалось в обеих группах,

экспериментальная группа показала более выраженный прогресс по всем оцениваемым параметрам. Выявлено следующее процентное улучшение (% от исходного значения) по ключевым функциональным тестам.

*Тест «Встань и иди»:* в экспериментальной группе время выполнения теста сократилось на 20%, в то время как в контрольной группе – на 17,8%.

*10-метровый тест ходьбы:* время, затраченное на ходьбу, уменьшилось на 23,3% в экспериментальной группе против 23,1% в контрольной.

*Шкала баланса Берга:* результаты экспериментальной группы выросли на 27,4%, тогда как в контрольной группе улучшение составило 15,1%.

*Скорость ходьбы:* прирост скорости в экспериментальной группе составил 20,9%, в контрольной – 21,0%. Разница между группами незначительна (0,1%).

*Длина цикла шага:* показатель длины шага в группе с БОС увеличился на 41,2% против прироста в 27,3%, достигнутого в контрольной группе.

Таким образом, можно заключить, что интеграция тренировок на беговой дорожке с БОС приводит к более выраженному улучшению функциональных возможностей в сфере баланса и симметрии ходьбы, что подтверждается количественным преимуществом, наиболее отчетливо выявленным в динамике по шкале Берга и длине цикла шага.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Эффективность тренировок на беговой дорожке и использования методов БОС подтверждена многими исследованиями с участием людей, перенесших церебральный инсульт. Увеличение скорости ходьбы и улучшение качества походки достигаются за счет увеличения времени нагрузки на паретичную конечность. Введение дополнительной внешней слуховой и визуальной информации о правильной походке и ее параметрах, таких как скорость, длина шага и симметричность фаз походки, при использовании беговой дорожки позволяет пациенту не только улучшить симметричность походки, но и стимулировать равновесие, координацию и силу, а также выносливость соответствующих групп мышц. Кроме того, мотивация пациента к выполнению упражнений усиливается за счет визуализации точности выполнения задания на экране и акустической БОС. М. Rizzo и соавт. (2023) [27] показали, что улучшение моторных функций может достигаться различными способами реабилитации, включая зеркальную терапию с визуальной БОС. X. Ma и соавт. (2025) [28] сообщают, что улучшение качества кинестетического воображения связаны с избирательным торможением в фронтально-центрально-височных областях мозга и активацией в затылочно-теменных областях мозга, а также с потоком информации между затылочно-теменными и фронтально-теменными областями мозга, и эти модели также могут использоваться при разработке онлайн-образовательных ресурсов для моторных навыков и технологий виртуального моделирования. М.Т.А.Р. Dantas и соавт. (2023) [29] изучали эффекты тренировки на беговой дорожке и проанализировали влияние последовательности тренировок на подвижность и параметры способности к ходьбе. Было показано, что использование тренировок по восстановлению походки на беговой дорожке оправдано, в

том числе с усилением эффекта таких тренировок за счет дополнительных процедур (например, функциональной электростимуляции).

В нашей группе, где применялась БОС, наблюдалось большее увеличение длины цикла походки на здоровой стороне и продолжительности фазы переноса здоровой нижней конечности. Более высокие результаты реабилитации в группе, где применялась БОС, также были связаны с улучшением симметрии продолжительности фазы опоры.

Пациенты из обеих групп сократили фазу размаха как паретичных, так и непаретичных конечностей с одновременным удлинением фазы стойки. В группе с БОС изменение пространственно-временных параметров непаретичной конечности было выше, чем в группе без БОС; однако разница между группами не была на высоком уровне значимости. В группе с БОС эффект моторного обучения был значительно выше, чем в контрольной группе, но касался только здоровой конечности. Этот факт можно объяснить малой продолжительностью программы, что может ограничивать возможности моторного обучения после инсульта, особенно в области моторного контроля паретичной конечности. Улучшение других показателей в группе получавших курс реабилитационных мероприятий с использованием БОС было выше, чем в группе без применения БОС, но не было статистически значимым – как в нашем исследовании, так и в других исследованиях [30].

### ■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты не позволяют однозначно ответить на вопрос о том, является ли реабилитация для восстановления функций ходьбы с применением беговой дорожки с БОС более эффективной по сравнению с тренировками на беговой дорожке без нее. Тренировки на беговой дорожке способствовали нормализации пространственно-временных параметров походки в обеих группах, в основном в фазе переноса и сокращения шага. Важным клиническим эффектом программы стало значительное увеличение скорости и дистанции ходьбы, а также повышение уровня независимости при ходьбе и самостоятельности в обеих группах. Визуальная обратная связь, используемая при тренировке ходьбы, помогала пациентам сосредоточиться на упражнении, предоставляя дополнительную информацию, а результаты в режиме реального времени мотивировали продолжать тренировки. Представленные результаты настоящего пилотного исследования могут стать предметом дальнейшего изучения с расширением выборки и, возможно, с использованием результатов современных нейровизуализационных исследований, позволяющих судить о морфологической целостности церебральных трактов [31], с более длительным периодом лечения и сопоставлением полученных данных с более ранними публикациями [32] о комплексе прогностических факторов, влияющих на клинические исходы постинсультной реабилитации. ■

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ	ADDITIONAL INFORMATION
<b>Этическая экспертиза.</b> Исследование выполнено в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации и одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» (протокол №10 от 23.10.2024).	<b>Ethical approval.</b> The study was conducted in accordance with the ethical standards of the Helsinki Declaration and approved by the Local Ethics Committee of Bashkir State Medical University (Protocol No. 10 dated 23.10.2024).
<b>Согласие на публикацию.</b> Все участники исследования подписывали добровольное информированное согласие.	<b>Consent for publication.</b> All study participants signed a written informed consent form.
<b>Источник финансирования.</b> Работа выполнена за счет средств государственного задания Минздрава России (регистрационный номер 124121800005-6).	<b>Study funding.</b> The work was carried out using funds from the State Assignment of the Ministry of Health of the Russian Federation, registration number 124121800005-6.
<b>Конфликт интересов.</b> Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с содержанием настоящей статьи.	<b>Conflict of interest.</b> The authors declare that there are no obvious or potential conflicts of interest associated with the content of this article.
<b>Участие авторов.</b> Ахмадеева Л.Р.: общее руководство, написание текста, Голдырев Е.О.: проведение тренинга, анализ данных, написание текста. Багаудинов К.Ф., Блинова Н.М.: участие в анализе данных и обсуждении результатов, редактирование текста. Все авторы одобрили финальную версию статьи перед публикацией, выразили согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью или добросовестностью любой части работы.	<b>Contribution of individual authors.</b> Akhmadeeva L.R.: overall supervision, writing of the text, Goldyrev E.O.: conducting the training, data analysis, writing of the text. Bagautdinov K.F., Blinova N.M.: participation in data analysis and discussion of results, editing of the text editing, participation in discussion of results. All authors gave their final approval of the manuscript for submission, and agreed to be accountable for all aspects of the work, implying proper study and resolution of issues related to the accuracy or integrity of any part of the work.
<b>Оригинальность.</b> При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).	<b>Statement of originality.</b> No previously published material (text, images, or data) was used in this work.
<b>Доступ к данным.</b> Редакционная политика в отношении совместного использования данных к настоящей работе не применима.	<b>Data availability statement.</b> The editorial policy regarding data sharing does not apply to this work.
<b>Генеративный искусственный интеллект.</b> При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.	<b>Generative AI.</b> No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.
<b>Рассмотрение и рецензирование.</b> Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали 2 внешних рецензента.	<b>Provenance and peer review.</b> This paper was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved 2 external reviewers.

### ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Rehabilitation programs after a stroke. (In Russ.). [Программы реабилитации после инсульта]. URL: <https://neurotech.ru/materials/personalizirovannyye-programmy-reabilitafii-dlya-vosstanovleniya-dvizhenii-posle-insul-ta/> (Accessed 14.11.2025)
2. Rochmah TN, Rahmawati IT, Dahlui M, et al. Economic Burden of Stroke Disease: A Systematic Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(14):7552. DOI: 10.3390/ijerph18147552

3. Gerstl JVE, Blitz SE, Qu QR, et al. Global, Regional, and National Economic Consequences of Stroke. *Stroke*. 2023;54(9):2380-2389. DOI: 10.1161/STROKEAHA.123.043131
4. Stein J, Katz DI, Black Schaffer RM, et al. Clinical Performance Measures for Stroke Rehabilitation: Performance Measures From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2021;52(10):e675-e700. DOI: 10.1161/STR.0000000000000388

5. Alt Murphy M, Munoz-Novoa M, Heremans C, et al. European Stroke Organisation (ESO) guideline on motor rehabilitation. *Eur Stroke J*. 2025;10(4):1160-1188. DOI: [10.1177/23969873251338142](https://doi.org/10.1177/23969873251338142)
6. Kleim JA, Jones TA. Principles of experience-dependent neural plasticity. *J Speech Lang Hear Res*. 2008;51(1):225-239. DOI: [10.1044/1092-4388\(2008\)018](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2008)018)
7. Kwakkel G, Stinear C, Essers B, et al. Motor rehabilitation after stroke: European Stroke Organisation (ESO) consensus-based definition and guiding framework. *Eur Stroke J*. 2023;8(4):880-894. DOI: [10.1177/23969873231191304](https://doi.org/10.1177/23969873231191304)
8. Marín-Medina DS, Arenas-Vargas PA, Arias-Botero JC, et al. New approaches to recovery after stroke. *Neurol Sci*. 2024;45(1):55-63. DOI: [10.1007/s10072-023-07012-3](https://doi.org/10.1007/s10072-023-07012-3)
9. Yu P, Dong R, Wang X, et al. Neuroimaging of motor recovery after ischemic stroke - functional reorganization of motor network. *Neuroimage Clin*. 2024;43:103636. DOI: [10.1016/j.nicl.2024.103636](https://doi.org/10.1016/j.nicl.2024.103636)
10. Alia C, Cangi D, Massa V, et al. Cell-to-Cell Interactions Mediating Functional Recovery after Stroke. *Cells*. 2021;10(11):3050. DOI: [10.3390/cells10113050](https://doi.org/10.3390/cells10113050)
11. Salvalaggio S, Cacciante L, Maistrello L, Turolla A. Clinical Predictors for Upper Limb Recovery after Stroke Rehabilitation: Retrospective Cohort Study. *Healthcare (Basel)*. 2023;11(3):335. DOI: [10.3390/healthcare11030335](https://doi.org/10.3390/healthcare11030335)
12. Wang R, Zhang S, Zhang J, et al. Electromyographic biofeedback therapy for improving limb function after stroke: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2024;19(1):e0289572. DOI: [10.1371/journal.pone.0289572](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0289572)
13. Huang H, Wolf SL, He J. Recent Advances in Biofeedback for Neuromotor Rehabilitation. *J Neuroeng Rehabil*. 2006;3:11. DOI: [10.1186/1743-0003-3-11](https://doi.org/10.1186/1743-0003-3-11)
14. Wang H, Xiong X, Zhang K, et al. Motor network reorganization after motor imagery training in stroke patients with moderate to severe upper limb impairment. *CNS Neurosci Ther*. 2023;29(2):619-632. DOI: [10.1111/cns.14065](https://doi.org/10.1111/cns.14065)
15. Mozheiko EYu, Petryaeva OV. Review of the studies in the use of biofeedback therapy in rehabilitation and physiatrics of neurological patients. *Doctor.Ru*. 2021;20(9):43-47. [Можейко Е.Ю., Петряева О.В. Обзор исследований использования БОС-терапии при реабилитации пациентов неврологического профиля. *Доктор.Ру*. 2021;20(9):43-47]. DOI: [10.31550/1727-2378-2021-20-9-43-47](https://doi.org/10.31550/1727-2378-2021-20-9-43-47)
16. Yin L, Nam H, Wei Y, et al. Gait and balance metrics comparison among different fall risk groups and principal component analysis for fall prediction in older people. *Age Ageing*. 2025;54(4):afaf076. DOI: [10.1093/ageing/afaf076](https://doi.org/10.1093/ageing/afaf076)
17. Todhunter-Brown A, Sellers CE, Baer GD, et al. Physical rehabilitation approaches for the recovery of function and mobility following stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2025;2(2):CD001920. DOI: [10.1002/14651858.CD001920.pub4](https://doi.org/10.1002/14651858.CD001920.pub4)
18. Butland RJA, Pang J, Gross ER, et al. Two-, six-, and twelve-minute walk tests. *BMJ*. 1982;284:1607-1608. DOI: [10.1136/bmj.284.6329.1607](https://doi.org/10.1136/bmj.284.6329.1607)
19. Podsiadlo D, Richardson S. The Timed "Up & Go" test. *J Am Geriatr Soc*. 1991;39:142-148. DOI: [10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x](https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1991.tb01616.x)
20. Collin C, Wade DT, Davies S, Horne V. The Barthel ADL Index: a reliability study. *Int Disabil Stud*. 1988;10:61-63. DOI: [10.3109/09638288809164103](https://doi.org/10.3109/09638288809164103)
21. Mahoney FI, Barthel DW. Functional Evaluation: The Barthel Index. *Md State Med J*. 1965;14:61-65. PMID: [14258950](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14258950/)
22. Hyun SJ, Lee J, Lee BH. The Effects of Sit-to-Stand Training Combined with Real-Time Visual Feedback on Strength, Balance, Gait Ability, and Quality of Life in Patients with Stroke: A Randomized Controlled Trial. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(22):12229. DOI: [10.3390/ijerph182212229](https://doi.org/10.3390/ijerph182212229)
23. Mehrholz J, Kugler J, Pohl M, Elsner B. Electromechanical-assisted training for walking after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2025;5(5):CD006185. DOI: [10.1002/14651858.CD006185.pub5](https://doi.org/10.1002/14651858.CD006185.pub5)
24. Brunner IC, Hansen GM. High-Intensity Gait Training for Patients After Stroke: A Feasibility Study. *Physiother Res Int*. 2025;30(2):e70059. DOI: [10.1002/pri.70059](https://doi.org/10.1002/pri.70059)
25. Lyu T, Yan K, Lyu J, et al. Comparative efficacy of gait training for balance outcomes in patients with stroke: A systematic review and network meta-analysis. *Front Neurol*. 2023;14:1093779. DOI: [10.3389/fneur.2023.1093779](https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1093779)
26. Sun H, Wang H, Wu C, et al. Enhancing Neuron Activity Promotes Functional Recovery by Inhibiting Microglia-Mediated Synapse Elimination After Stroke. *Stroke*. 2025;56(2):505-516. DOI: [10.1161/STROKEAHA.124.049265](https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.124.049265)
27. Rizzo M, Del Percio C, Petrini L, et al. Cortical sources of electroencephalographic alpha rhythms related to the anticipation and experience of mirror visual feedback-induced illusion of finger movements. *Psychophysiology*. 2023;60(6):e14281. DOI: [10.1111/psyp.14281](https://doi.org/10.1111/psyp.14281)
28. Ma X, Shi B. Enhancing the quality of kinesthetic motor imagery for complex motor skills through simulated muscle activation color visualization: Evidence from time-frequency and functional connectivity analyses. *Neuroimage*. 2025;309:121051. DOI: [10.1016/j.neuroimage.2025.121051](https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2025.121051)
29. Dantas MTAP, Fernani DCGL, Silva TDD, et al. Gait Training with Functional Electrical Stimulation Improves Mobility in People Post-Stroke. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(9):5728. DOI: [10.3390/ijerph20095728](https://doi.org/10.3390/ijerph20095728)
30. Tariq S, Waris A, Iqbal J, et al. Evaluation of balance and orthotic gait training techniques for rehabilitation in hemiplegic stroke patients. *Sci Rep*. 2025;15(1):15059. DOI: [10.1038/s41598-025-98227-1](https://doi.org/10.1038/s41598-025-98227-1)
31. Baykov DE, Akhmadeeva LR, Gizatullin RR, et al. Method for constructing the corticospinal tract in patients after cerebral stroke. Patent for invention RU 2853415 C1, December 23, 2025. Application No. 2025104487 dated February 27, 2025. (In Russ.). [Байков Д.Э., Ахмадеева Л.Р., Гизатуллин Р.Р., и др. Способ построения кортикоспинального тракта у пациентов, перенесших церебральный инсульт. Патент на изобретение RU 2853415 C1, 23.12.2025. Заявка № 2025104487 от 27.02.2025].
32. Lo BWY, Fukuda H. Advances in Ischemic Stroke Treatment: Current and Future Therapies. *Neurol Ther*. 2025;14(5):1783-1796. DOI: [10.1007/s40120-025-00810-1](https://doi.org/10.1007/s40120-025-00810-1)