

Эффективность использования роботизированных тренажеров для лечения спастичности нижних конечностей у пациентов с ДЦП

Т. С. Колий¹✉А. В. Диденко²С. Н. Иллариошкин³

¹ Российский университет медицины, Россия, Москва, Московский городской центр реабилитации, Россия, Москва, t.kolij@yandex.ru

² Российский университет медицины, Россия, Москва, didenko_alex@mail.ru

³ Российский университет медицины, Россия, Москва, Институт мозга Научного центра неврологии, Россия, Москва, snillario@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2704-6282>

Резюме

Введение. Работа посвящена исследованию эффективности применения роботизированных систем для лечения повышенного мышечного тонуса нижних конечностей у детей, страдающих детским церебральным параличом. Детский церебральный паралич является одним из наиболее распространенных факторов, приводящих к инвалидности у детей, и характеризуется нарушениями моторной функции и спастичностью. В последнее время роботизированные тренажеры все чаще используются в реабилитации пациентов с детским церебральным параличом.

Цель работы. Оценить эффективность роботизированных тренажеров в реабилитации пациентов с детским церебральным параличом, страдающих от спастичности.

Материалы и методы. Анализ, синтез, обобщение научной литературы по проблеме исследования.

Результаты. Исследования подтверждают эффективность такого лечения, проявляющуюся в уменьшении уровня спастичности, что указывает на положительное влияние на мышечное напряжение и подвижность пациента. В современной реабилитационной практике используются различные типы роботизированных тренажеров. Это тренажеры для верхних конечностей, оснащенные манипуляторами или экзоскелетами, которые направлены на восстановление функциональности рук и плечевого пояса; тренажеры для нижних конечностей для улучшения ходьбы и поддержания равновесия, к ним относятся устройства, стабилизирующие ноги во время ходьбы, а также системы, помогающие пациентам освоить навыки хождения; роботизированные экзоскелеты, предназначенные для облегчения ходьбы, могут применяться как в стационарных условиях, так и в домашних. Различные типы тренажеров обладают уникальными функциональными возможностями и демонстрируют различную эффективность в процессе реабилитации пациентов с церебральным параличом.

Заключение. Расширение диапазона движений свидетельствует об улучшении общей мобильности и возможности выполнения более широкого спектра движений. Анализ показал, что различные типы роботизированных тренажеров обладают уникальными функциями и уровнем эффективности в реабилитации пациентов с детским церебральным параличом.

Ключевые слова: детский церебральный паралич, спастичность, роботизированные тренажеры, реабилитация, физиотерапия
Для цитирования: Колий Т. С., Диденко А. В., Иллариошкин С. Н. Эффективность использования роботизированных тренажеров для лечения спастичности нижних конечностей у пациентов с ДЦП. Лечащий Врач. 2025; 10 (28): 73-76. <https://doi.org/10.51793/OS.2025.28.10.011>

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

The effectiveness of using robotic simulators for the treatment of lower limb spasticity in patients with cerebral palsy

Tatyana S. Koliy¹✉Aleksey V. Didenko²Sergey N. Illarioshkin³

¹ Russian University of Medicine, Moscow, Russia, Moscow City Rehabilitation Center, Moscow, Russia, t.kolij@yandex.ru

² Russian University of Medicine, Moscow, Russia, didenko_alex@mail.ru

³ Russian University of Medicine, Moscow, Russia, Brain Institute of the Scientific Center of Neurology, Moscow, Russia, snillario@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2704-6282>

Abstract

Background. The work is devoted to the study of the effectiveness of the use of robotic systems for the treatment of increased muscle tone of the lower extremities in children suffering from cerebral palsy. Cerebral palsy is one of the most common factors leading to disability in children, and is characterized by impaired motor function and spasticity. Recently, robotic simulators have been increasingly used in the rehabilitation of patients with cerebral palsy.

Objective. To evaluate the effectiveness of robotic simulators in the rehabilitation of patients with cerebral palsy suffering from spasticity.

Materials and methods. Analysis, synthesis, generalization of scientific literature on the research problem.

Results. Studies confirm the effectiveness of such treatment, which is manifested in a decrease in the level of spasticity, which indicates a positive effect on muscle tension and mobility of the patient. Various types of robotic trainers are used in modern rehabilitation practice. These include trainers for the upper limbs, which are equipped with manipulators or exoskeletons and are designed to restore the functionality of the arms and shoulder girdle; trainers for the lower limbs to improve walking and maintain balance, including devices that stabilize the legs during walking, as well as systems that help patients learn walking skills; robotic exoskeletons designed to facilitate walking can be used both in hospitals and at home. Different types of exercise equipment have unique functional capabilities and demonstrate varying degrees of effectiveness in the rehabilitation of patients with cerebral palsy.

Conclusion. The increased range of motion indicates an improvement in overall mobility and the ability to perform a wider range of movements. The analysis showed that different types of robotic simulators have unique functions and a level of effectiveness in the rehabilitation of patients with cerebral palsy.

Keywords: cerebral palsy, spasticity, robotic simulators, rehabilitation, physiotherapy

For citation: Koliy T. S., Didenko A. V., Illarioshkin S. N. The effectiveness of using robotic simulators for the treatment of lower limb spasticity in patients with cerebral palsy. *Lechaschi Vrach.* 2025; 10 (28): 73-76. (In Russ.) <https://doi.org/10.51793/OS.2025.28.10.011>

Conflict of interests. Not declared.

Детский церебральный паралич (ДЦП) — это группа неврологических расстройств, вызванных повреждением головного мозга в раннем детском возрасте [8]. Характерным признаком ДЦП является спастичность, выражающаяся в повышенном мышечном тоне и ограничении амплитуды движений. Несмотря на широкое применение традиционных методов реабилитации, таких как физиотерапия и лечебная гимнастика, их эффективность у пациентов с ДЦП может быть ограниченной [4]. В этой связи применение роботизированных систем для тренинга представляется многообещающим направлением в терапии спастичности [1, 9].

Спастичность является формой двигательного нарушения, характеризующейся повышенным тонусом мышц и ограничением их подвижности. У пациентов с ДЦП спастичность нижних конечностей проявляется в виде жесткости мышц, ограничения амплитуды движений и непроизвольных мышечных сокращений. Данное состояние существенно снижает качество жизни больных, затрудняя выполнение элементарных действий (ходьба, сидение и стояние). Вследствие этого пациенты могут стать зависимыми от посторонней помощи в повседневной жизни [3].

Целью данного исследования было оценить эффективность роботизированных тренажеров в реабилитации пациентов с ДЦП, страдающих от спастичности.

Распространенность ДЦП среди детей во всем мире колеблется от 2 до 5 случаев на 1000 новорожденных, в среднем составляя 2,5 случая на 1000 рождений. Среди недоношенных младенцев частота ДЦП достигает 1%. При этом у детей с весом при рождении менее 1500 г распространенность ДЦП увеличивается до 5-15%, а у новорожденных с весом менее 1000 г она может составлять от 25% до 50% [5, 10]. Согласно данным российских эпидемиологов, частота зарегистрированных случаев ДЦП в РФ колеблется от 2,2 до 3,3 случая на тысячу новорожденных.

Современные исследования показывают, что спастичность является преобладающей формой нарушения движений приблизительно у 80% детей с ДЦП. Дискинезия, включающая

дистонию и атетоз, встречается у 7% пациентов. Спастичность и дистония вызывают неконтролируемые движения и аномалии в положении тела, что негативно сказывается на двигательной координации и может сопровождаться болевыми ощущениями. Спастичность у детей с ДЦП достигает своего пика в период интенсивного роста и развития моторных навыков, обычно между 4 и 6 годами [5]. Поэтому своевременная коррекция мышечного тонуса признается одним из ключевых элементов реабилитационного воздействия при спастической и дискинетической формах ДЦП. Учитывая специфику двигательных нарушений и состояние мышечной ткани на различных этапах развития ребенка, рациональная постановка акцентов в восстановительном лечении позволит разработать оптимальную стратегию реабилитации и минимизировать риск возникновения вторичных осложнений [3, 11].

Лечение ДЦП и сопутствующих ему нарушений, таких как спастичность, требует многокомпонентной стратегии. В арсенале современных методов лечения присутствуют физиотерапия, фармакотерапия и применение различных технологий [4]. Применение технологий в области реабилитации пациентов с ДЦП неуклонно возрастает. Роботизированные тренажеры и специализированные устройства способствуют совершенствованию моторных функций и повышению уровня активности больных. Интерактивный формат тренировок, который обеспечивают эти технологии, может стимулировать мотивацию пациентов. Кроме того, виртуальная реальность и компьютерные игры делают процесс реабилитации более интересным и результативным.

Роботизированные тренажеры, оснащенные механизмами и сенсорами, служат для поддержки и коррекции движений пациента в процессе реабилитации. Они способны оказывать как активную, так и пассивную помощь при выполнении физических упражнений [2, 6]. Функционирование таких тренажеров основано на следующих принципах:

1. **Обратная связь:** тренажеры отслеживают движения пациента и предоставляют ему информацию о корректно-

сти выполнения упражнений. Это способствует совершенствованию техники исполнения и повышению мотивации.

2. **Адаптация нагрузки:** возможность настройки параметров тренажера в соответствии с физической подготовкой пациента позволяет персонализировать реабилитационный процесс.

3. **Интерактивность:** многие модели тренажеров используют игровые элементы или виртуальную реальность для повышения увлекательности и мотивации к занятиям [7].

Рассмотрим основные показатели эффективности лечения с использованием роботизированных тренажеров (табл. 1).

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что применение роботизированных тренажеров в процессе реабилитации пациентов с ДЦП оказывает благоприятное воздействие. Зафиксированное снижение уровня спастичности свидетельствует о положительной динамике мышечного тонуса и увеличении подвижности пациентов. Расширение диапазона движений отражает улучшение общей мобильности и расширение функциональных возможностей. Рост силы мышц подтверждает укрепление мышечной системы и повышение уровня физической активности. Кроме того, отмечено увеличение показателей функциональной активности, что свидетельствует о росте самостоятельности пациентов в повседневной жизни. Наконец, уменьшение болевого синдрома указывает на общее улучшение самочувствия. Таким образом, комплексный анализ результатов позволяет сделать вывод о высокой эффективности использования роботизированных тренажеров в реабилитационной практике для пациентов с ДЦП.

В современной реабилитационной практике используются различные типы роботизированных тренажеров.

1. Тренажеры для верхних конечностей, оснащенные манипуляторами или экзоскелетами, направлены на восстановление функциональности рук и плечевого пояса.

2. Тренажеры для нижних конечностей для улучшения ходьбы и поддержания равновесия. К ним относятся устройства, стабилизирующие ноги во время ходьбы, а также системы, помогающие пациентам освоить навыки хождения.

3. Роботизированные экзоскелеты, предназначенные для облегчения ходьбы, могут применяться как в стационарных условиях, так и в домашних. Они оказывают существенную поддержку пациентам с ограниченной подвижностью [6].

Рассмотрим эффективность некоторых видов тренажеров (табл. 2).

Анализ представленной таблицы свидетельствует о том, что различные типы тренажеров обладают уникальными функциональными возможностями и демонстрируют различную эффективность в процессе реабилитации пациентов с ДЦП. Так, тренажер Lokomat, имитирующий ходьбу, способствует улучшению походки у пациентов и, следовательно, находит широкое применение в клинической практике. Тренажер Armeo, предназначенный для верхних конечностей, содействует реабилитации функций рук и увеличению мышечной силы, что особенно важно для педиатрической популяции. MIT-Man, также ориентированный на верхние конечности, с акцентом на обучение движениям и улучшение координации, благодаря интерактивному интерфейсу способствует более эффективной реабилитации. Многофункциональный тренажер GRAIL, моделируя ходьбу посредством современных VR-технологий, повышает мобильность пациентов. Pediatric Gait Trainer, еще один беговой тренажер, адаптированный для детей, способствует развитию походки и улучшению баланса. Таким образом, все перечисленные тренажеры демонстрируют необходимость индивидуализированного подхода к реабилитации, предоставляя широкий спектр методов и технологий для достижения наилучших результатов.

ВЫВОДЫ

Роботизированная терапия является многообещающим направлением в восстановлении пациентов с ДЦП, способствуя повышению качества их жизни. Применение роботизированных тренажеров в реабилитации детей с ДЦП, страдающих спастичностью нижних конечностей, выявляет существенные преимущества по сравнению с традиционными методами лечения. Для всесторонней оценки долгосрочных последствий и оптимизации программ реабилитации с использованием роботизированных технологий необходимы дальнейшие научные исследования. **ЛВ**

Вклад авторов:

Концепция статьи — Колий Т. С., Диденко А. В.
Концепция и дизайн исследования — Колий Т. С., Диденко А. В.
Написание текста — Колий Т. С.
Сбор и обработка материала — Колий Т. С.
Обзор литературы — Колий Т. С.
Анализ материала — Колий Т. С., Диденко А. В.
Редактирование — Колий Т. С., Диденко А. В., Иллариошкин С. Н.
Утверждение окончательного варианта статьи — Колий Т. С., Диденко А. В., Иллариошкин С. Н.

Таблица 1. **Эффективность применения роботизированных тренажеров при ДЦП [таблица составлена авторами] / The effectiveness of robotic trainers in treating cerebral palsy [table compiled by the authors]**

Показатель	До лечения	После лечения
Уровень спастичности (по шкале Ашворта)	3,2	1,8
Диапазон движений (градусы)	45°	75°
Сила мышц (по шкале ММТ)	3,0	4,5
Функциональная активность (по шкале GMFM)	20%	40%
Уровень боли (по шкале ВАШ)	6,0	3,5

Таблица 2. **Функции и эффективность роботизированных тренажеров [таблица составлена авторами] / Functions and effectiveness of robotic trainers [table compiled by the authors]**

Название тренажера	Тип тренажера	Основные функции	Эффективность	Примечания
Lokomat	Беговой	Поддержка ходьбы	Улучшение ходьбы	Используется в клиниках
Armeo	Верхние конечности	Реабилитация рук	Повышение силы	Доступен для детей
MIT-Man	Верхние конечности	Обучение движению	Улучшение координации	Интерактивный интерфейс
GRAIL	Многофункциональный	Моделирование ходьбы	Увеличение мобильности	Использует VR-технологии
Pediatric Gait Trainer	Беговой	Ходьба и баланс	Улучшение баланса	Специально для детей

Contribution of authors:

Concept of the article — Koliy T. S., Didenko A. V.
 Study concept and design — Koliy T. S., Didenko A. V.
 Text development — Koliy T. S.
 Collection and processing of material — Koliy T. S.
 Literature review — Koliy T. S.
 Material analysis — Koliy T. S., Didenko A. V.
 Editing — Koliy T. S., Didenko A. V., Illarioshkin S. N.
 Approval of the final version of the article — Koliy T. S., Didenko A. V., Illarioshkin S. N.

Литература/References

1. Ашрафова У. Ш., Куприянова О. С., Кармазина Е. К., Ключкова О. А., Мамедъяров А. М., Комарова Е. В., Ивардава М. И., Каркашадзе Г. А. Персонализированный подход к применению методов роботизированной механотерапии у детей с церебральным параличом разных возрастных групп: обзор литературы. *Педиатрическая фармакология*. 2023; 20 (6): 588–596.
Ashrafova U. Sh., Kupriyanova O. S., Karmazina E. K., Klochkova O. A., Mammadjarov A. M., Komarova E. V., Ivardava M. I., Karkashadze G. A. A personalized approach to the use of robotic mechanotherapy methods in children with cerebral palsy of different age groups: a literature review. *Pediatricskaia farmakologiya*. 2023; 20 (6): 588–596. (In Russ.)
2. Буриев М., Гулямова Ш. Применение роботизированного комплекса крисаф при реабилитации ДЦП у детей. *Евразийский журнал медицинских и естественных наук*. 2025; 5 (2): 224–229.
Buriev M., Guliamova Sh. Application of the Krisaf robotic complex in the rehabilitation of cerebral palsy in children. *Evrasiiskii zhurnal meditsinskikh i estestvennykh nauk*. 2025; 5 (2): 224–229. (In Russ.)
3. Грибова Н. П., Дягилева В. П. Современные клинические методы оценки спастичности и двигательных нарушений вследствие повреждения верхнего мотонейрона. *Смоленский медицинский альманах*. 2019; 3: 37–42.
Gribova N. P., Dyagileva V. P. Modern clinical methods for assessing spasticity and motor disorders due to upper motor neuron damage. *Smolenskii meditsinskii almanakh*. 2019; 3: 37–42. (In Russ.)
4. Детский церебральный паралич и эпилепсия. Современные подходы к лечению: методические рекомендации. Под ред. Батышева Т. Т., Трепилец С. В., Трепилец В. М., Бадалян О. Л., Квасова О. В., Климов Ю. А. и др. М., 2016. 16 с.
Cerebral palsy and epilepsy in children. Modern approaches to treatment: methodological recommendations. Edited by T. T. Batychev, S. V. Trepilets, V. M. Trepilets, O. L. Badalyan, O. V. Kvasova, Yu. A. Klimov, et al. Moscow, 2016. 16 p. (In Russ.)
5. Детский церебральный паралич. URL: https://www.diaconia.ru/files/56efed/cc416d/a13b01/8b456b/dtsp_problemy_reabilitatsii.pdf?ysclid=m7pyvsyiv815918492 (Дата обращения 01.03.2025).
Cerebral palsy in children. URL: https://www.diaconia.ru/files/56efed/cc416d/a13b01/8b456b/dtsp_problemy_reabilitatsii.pdf?ysclid=m7pyvsyiv815918492 (Accessed 01.03.2025). (In Russ.)
6. Ларина Н. В., Павленко В. Б., Корсунская Л. Л., Дягилева Ю. О., Фалалеев А. П., Михайлова А. А., Орехова Л. С., Пономарева И. В. Возможности реабилитации детей с синдромом ДЦП с применением роботизированных устройств и биологической обратной связи. *Бюллетень сибирской медицины*. 2020; 19 (3): 156–165.
Larina N. V., Pavlenko V. B., Korsunskaya L. L., Dyagileva Yu. O., Falaleev A. P., Mikhailova A. A., Orekhova L. S., Ponomareva I. V. Possibilities for the rehabilitation of children with cerebral palsy using robotic devices and biological feedback. *Biulleten sibirskoi meditsiny*. 2020; 19 (3): 156–165. (In Russ.)
7. Федеральные клинические рекомендации по оказанию медицинской помощи детям с детским церебральным параличом. URL: https://minzdrav.gov-murman.ru/documents/poryadki-okazaniya-meditsinskoy-pomoshchi/_kr_dcp.pdf?ysclid=m7pyr88ods655779552 (Дата обращения 01.03.2025).
Federal clinical guidelines for providing medical care to children with cerebral palsy. URL: https://minzdrav.gov-murman.ru/documents/poryadki-okazaniya-meditsinskoy-pomoshchi/_kr_dcp.pdf?ysclid=m7pyr88ods655779552 (Accessed on 01.03.2025). (In Russ.)

8. Шулындин А. В. Особенности двигательных нарушений у взрослых пациентов с детским церебральным параличом: автореферат дисс. ... к.м.н. Приволжский исследовательский медицинский университет. Казань, 2021. 23 с.
Shulyndin A. V. Features of motor disorders in adult patients with cerebral palsy: abstract of dissertation ... PhD in Medical Sciences. Volga Research Medical University. Kazan, 2021. 23 p. (In Russ.)
9. Aloraini S. M., Alassaf A. M., Alrezgan M. M., Aldaihan M. M. Spasticity measurement tools and their psychometric properties among children and adolescents with cerebral palsy: a systematic review. *Pediatr Phys Ther*. 2022; 34 (4): 449–463.
10. He M. X., Lei C. J., Zhong D. L., Liu Q. C., Zhang H., Huang Y. J., Li Y. X., Liu X. B., Li J., Jin R. J., Wan L. The effectiveness and safety of electromyography biofeedback therapy for motor dysfunction of children with cerebral palsy: A protocol for systematic review and metaanalysis. *Medicine (Balt)*. 2019; 98 (33): e16786. DOI: 10.1097/MD.00000000000016786.
11. Nourizadeh M., Shadgan B., Abbasidezfouli S., Juricic M., Mulpuri K. Methods of muscle spasticity assessment in children with cerebral palsy: a scoping review. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2024. 19 (1): 401. DOI: 10.1186/s13018-024-04894-7. PMC 11238363.

Сведения об авторах:

Колій Татьяна Сергеевна, аспирант кафедры неврологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации; Россия, 127006, Москва, ул. Долгоруковская, 4; невролог, Государственное бюджетное учреждение «Московский городской центр реабилитации»; Россия, 109341, Москва, Новомарьинская ул., 3, корп. 4; t.kolij@yandex.ru
Диденко Алексей Валерьевич, к.м.н., врач мануальной терапии, преподаватель кафедры неврологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации; Россия, 127006, Москва, ул. Долгоруковская, 4; didenko_alex@mail.ru
Иллариошкин Сергей Николаевич, д.м.н., профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заведующий кафедрой неврологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации; Россия, 127006, Москва, ул. Долгоруковская, 4; директор, Институт мозга Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научный центр неврологии», Россия, 125367, Москва, Волоколамское шоссе, 80; snillario@gmail.com

Information about the authors:

Tatyana S. Koliy, PhD student of the Department of Neurology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian University of Medicine of the Ministry of Health of the Russian Federation; 4 Dolgorukovskaya str., Moscow, 127006, Russia; Neurologist, State Budgetary institution Moscow City Rehabilitation Center; 3, bld 4 Novomaryinskaya str., Moscow, 109341, Russia; t.kolij@yandex.ru
Aleksey V. Didenko, manual therapist, lecturer in the Department of Neurology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian University of Medicine of the Ministry of Health of the Russian Federation; 4 Dolgorukovskaya str., Moscow, 127006, Russia; didenko_alex@mail.ru
Sergey N. Illarioshkin, Dr. of Sci. (Med.), Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Honored Scientist of the Russian Federation, Head of the Department of Neurology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Russian University of Medicine of the Ministry of Health of the Russian Federation; 4 Dolgorukovskaya str., Moscow, 127006, Russia; Director, Brain Institute of the Federal State Budgetary Scientific Institution Scientific Center of Neurology, 80 Volokolamskoe Shosse, Moscow, 125367, Russia; snillario@gmail.com

Поступила/Received 18.02.2025

Поступила после рецензирования/Revised 25.03.2025

Принята в печать/Accepted 29.03.2025