

УДК 616.831-009.11-053.2-77

## ЦЕРЕБРАЛДЫ САЛ БАЛАЛАРДЫҢ ЖҮРІСІН РОБОТТАНДЫРЫЛҒАН ОҢАЛТУ

Гиният А.<sup>1</sup>, Амангелдіқызы С.<sup>2</sup>, Шакенов М.Ж.<sup>3</sup>, Калиясов М.М.<sup>4</sup>, Шоаиб Хан<sup>5</sup>, Зишан<sup>5</sup>

<sup>1</sup> «Ұлттық балаларды оңалту орталығы» КеАҚ Басқарма төрағасы, Астана, Қазақстан.

<sup>2</sup> «Ұлттық балаларды оңалту орталығы» КеАҚ Басқарушы директоры, Астана, Қазақстан

<sup>3</sup> «Ұлттық балаларды оңалту орталығы» КеАҚ Стратегиялық даму және маркетинг дамыту бөлімінің бастығы, Астана, Қазақстан

<sup>4</sup> «Ұлттық балаларды оңалту орталығы» КеАҚ Роботты оңалту зертханасының меңгерушісі, Астана, Қазақстан

<sup>5</sup> Физиотерапевт интерн, Назарбаев Университеті, Астана, Қазақстан

### Түйіндеме

Стандартты оңалту терапиясына қосымша ретінде церебральды сал ауруына шалдыққан балаларды оңалтуда роботты технологиялар белсенді қолданылады.

Бұл мақаланың мақсаты - соңғы 10 жылдағы церебральды сал ауруы бар балаларда жүруді қалпына келтіруде роботтық технологияларды қолдану бойынша зерттеулердің нәтижелеріне шолу жасау.

PubMed, Embase, Cochrane Library 2014–2024 жылдарға арналған дерекқорлары, сондай-ақ Қазақстанның ұлттық статистикасы пайдаланылды. Церебральды сал ауруы бар балаларда жүру бұзылыстарын қалпына келтіруде роботты жүйелерді қолдану туралы баяндалған 14 басылым таңдалды.

Роботты оқыту және жүру бұзылыстарын түзету стандартты оңалтуға қосымша ретінде белсенді түрде қолданылады және оң әсерлерін көрсетті.

Дегенмен, робототехникадағы жаңа жетістіктерді, оның ішінде жасанды интеллектті пайдалануды ескере отырып, роботтық технологиялардың клиникалық тиімділігін одан әрі зерттеу қажет.

**Түйінді сөздер:** церебральды сал ауруы, роботты технологиялар, роботты оңалту

## РОБОТИЗИРОВАННАЯ РЕАБИЛИТАЦИЯ ПОХОДКИ У ДЕТЕЙ С ЦЕРЕБРАЛЬНЫМ ПАРАЛИЧОМ

Гиният А.<sup>1</sup>, Амангелдіқызы С.<sup>2</sup>, Шакенов М.Ж.<sup>3</sup>, Калиясов М.М.<sup>4</sup>, Шоаиб Хан<sup>5</sup>, Зишан<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Председатель Правления НАО «Национальный центр детской реабилитации», г. Астана, Казахстан

<sup>2</sup> Управляющий директор НАО "Национальный детский реабилитационный центр", Астана, Казахстан

<sup>3</sup> Начальник отдела стратегического развития и маркетинга НАО «Национальный центр детской реабилитации», г. Астана, Казахстан

<sup>4</sup> Заведующий лабораторией роботизированной реабилитации, НАО «Национальный центр детской реабилитации», г. Астана, Казахстан

<sup>5</sup> Физиотерапевт интерн, Назарбаев Университет, Астана, Казахстан

### Резюме

Роботизированные технологии активно применяются в реабилитации детей с церебральным параличом как дополнение к стандартной восстановительной терапии.

Целью данной статьи является обзор результатов исследований по использованию роботизированных технологий в реабилитации ходьбы у детей с церебральным параличом за последние 10 лет.

Использованы базы данных PubMed, Embase, Cochrane Library за период 2014–2024 гг., а также национальная статистика Казахстана. Было отобрано четырнадцать публикаций, в которых сообщалось об использовании роботизированных систем в реабилитации нарушений ходьбы у детей с церебральным параличом.

Роботизированное обучение и коррекция нарушений походки активно используется в качестве дополнения к стандартной реабилитации и продемонстрировала положительные эффекты.

Однако необходимы дальнейшие исследования клинической эффективности роботизированных технологий с учетом новых достижений в робототехнике в том числе с использованием искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** детский церебральный паралич, роботизированные технологии, роботизированная реабилитация

## ROBOT-ASSISTED GAIT REHABILITATION OF CHILDREN WITH CEREBRAL PALSY

Giniyat Azhar<sup>1</sup>, Amangeldikyzy Saya<sup>2</sup>, Shakenov Meiram Z.<sup>3</sup>, Kaliyassov Meiram<sup>4</sup>, Shoaib Khan<sup>5</sup>, Zeeshan<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Chairman of the Board of NJSC "National Center for Children's Rehabilitation", Astana, Kazakhstan

<sup>2</sup> Managing Director of NJSC "National Center for Children's Rehabilitation", Astana, Kazakhstan

<sup>3</sup> Neurorehabilitologist, Head of Strategic Development and Marketing Department, NJSC "National Center for Children's Rehabilitation", Astana, Kazakhstan

<sup>4</sup> Head of the Laboratory of Robotic Rehabilitation, NJSC "National Center for Children's Rehabilitation", Astana, Kazakhstan

<sup>5</sup> Physiotherapist intern, Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan

### Abstract

Robotic technologies are actively used in the rehabilitation of children with cerebral palsy as an addition to standard rehabilitation therapy.

The purpose of this article is to review the results of studies on the use of robotic technologies in the rehabilitation of walking in children with cerebral palsy over the past 10 years. Databases such as PubMed, Embase, and Cochrane Library were used for the period 2014–2024, along with national statistics from Kazakhstan. Fourteen publications were selected that reported the use of robotic systems in the rehabilitation of walking disorders in children with cerebral palsy.

Robotic training and correction of gait disorders is actively used as an addition to standard rehabilitation and has demonstrated positive effects.

However, further research is needed on the clinical effectiveness of robotic technologies, considering new advancements in robotics, including the use of artificial intelligence.

**Keywords:** cerebral palsy, robotic technologies, robotic rehabilitation

**Corresponding Author:** Meiram Shakenov

**Address:** 36 Turan Ave, Astana, Kazakhstan

**Phone:** +7 7172 511 555

**Email:** [me.shakenov@nccr.kz](mailto:me.shakenov@nccr.kz)

### Introduction

In Kazakhstan, the children's rehabilitation service functions within the framework of Compulsory Social Health Insurance and is supported by rehabilitation centers across all regions. Over the past five years, the number of specialized children's rehabilitation centers has tripled [1].

By December 2024, the number of children with disabilities reached 114,727, of whom 16% were diagnosed with cerebral palsy (CP)—a 5% decrease over the past two years [1]. CP remains the most frequent cause of childhood disability among neurological disorders. It is a non-progressive disorder of movement and posture resulting from fetal or infant brain damage. CP is often associated with sensory, perceptual, cognitive, and musculoskeletal complications.

Rehabilitation aims to preserve or restore impaired functions and enhance quality of life and independence. Standard CP therapy addresses motor, sensory, and cognitive deficits [2]. In children with CP, walking independence is critical to achieving functional autonomy.

### Robotic rehabilitation in Kazakhstan

Robotic kinesitherapy was introduced in Kazakhstan in 2011 as an adjunct to traditional rehabilitation. One of the first systems was the Lokomat® (Hocoma, Switzerland), a robotic exoskeleton system incorporating a treadmill, orthoses, and body weight support. This system and others have since become essential tools in gait training programs.

### Review objective and methodology

This review examines studies from 2014–2024 on the use of robotic gait rehabilitation systems, especially Lokomat®, in children with CP. Literature was identified via PubMed, Embase, Cochrane Library, and national Kazakhstani health statistics.

Fourteen publications were selected based on their focus on robotic gait systems in pediatric CP rehabilitation.

### Literature review

Robotic gait rehabilitation, particularly through the use of Lokomat® systems, has been the subject of growing interest over the past decade in pediatric cerebral palsy (CP) treatment. A significant contribution in this area was made by **Aurich-Schuler et al.**, who developed detailed clinical guidelines for the use of Lokomat® within an individualized therapy model tailored to children with CP [3]. Their recommendations emphasized the need for personalized programming and goal-setting to optimize outcomes. Similarly, **Ryan et al.** investigated the instructional strategies employed by physical therapists during robotic-assisted gait training [4]. Their findings revealed the importance of a structured, decision-based approach that considers both child-specific goals and therapist expertise to guide session design and progression.

Expanding on the clinical potential of robotic rehabilitation, **Llamas-Ramos et al.** conducted a systematic review of seven randomized controlled trials (RCTs), concluding that robotic gait devices are effective adjuncts to conventional therapy. However, they highlighted the need for more consistent study designs and outcome measures to strengthen evidence of efficacy [5]. **Błażkiewicz and Hadamus** provided further support through a clinical trial involving 26 pediatric CP patients, in which robotic therapy led to significant improvements in the number of steps taken and walking distance—key indicators of enhanced mobility [6].

Meta-analytical data by **Wang et al.** offered a broader perspective by analyzing 14 RCTs [7]. Their analysis showed statistically significant improvements in gross motor function (GMFM-88 sections D & E), dynamic balance, and performance in the 6-minute walk test (6MWT). Nonetheless, they noted variability in outcomes related to spasticity reduction and gait velocity, calling for standardized protocols and larger sample sizes. Building on this work, **Cherni et al.** demonstrated in a 12-week trial that robotic-assisted therapy enhanced muscle strength and walking ability in 12 girls with CP spanning GMFCS levels I–IV [8]. In a subsequent study, **Cherni et al.** employed Lokomat®'s L-STIFF tool to measure spasticity during upright positioning, reporting encouraging trends, though they recommended cautious interpretation due to the complexity of quantifying muscle tone in dynamic states [9].

The positive influence of robotic therapy on postural control was confirmed by **Wallard et al.**, who observed improved upper trunk balance during walking in 30 children with bilateral spastic CP [10]. This benefit is particularly relevant given the importance of trunk stability in gait efficiency and safety. Similarly, **Van Hedel et al.** evaluated 67 children across GMFCS levels II to IV and found that those with more severe functional limitations (especially GMFCS IV) appeared to derive greater benefit from robotic training [11]. This finding suggests that robotic systems may be especially valuable in populations where traditional therapies yield limited progress.

Adding to the long-term perspective, **Weinberger et al.** followed 20 children (GMFCS II–III) who underwent three separate robotic training courses [12]. Their study demonstrated sustained improvements in gross motor performance and walking function that persisted for up to 21 months after treatment. Such long-term retention of therapeutic gains underscores the potential of robotic rehabilitation not just as a temporary intervention, but as a transformative tool for neuromotor development in pediatric CP.

Collectively, these studies illustrate the evolving landscape of robotic rehabilitation in pediatric neurorehabilitation. While evidence supports its efficacy as an adjunct to traditional therapies, further large-scale, well-controlled research is essential to define optimal protocols, evaluate cost-effectiveness, and determine the long-term functional outcomes of robotic interventions in diverse CP populations.

### Subtypes of cp and robotic interventions

Robotic gait therapy has been implemented across various CP subtypes:

**Spastic Diplegia:** **Deineko et al.** compared traditional treatment with high-tech rehabilitation (HTR) in 126 children and found HTR significantly enhanced functional outcomes [13]. **L. Wallard et al.** studied 30 children with **bilateral spastic CP** for the effect of robotic rehabilitation and maintaining balance of the upper and lower body [14]. The study showed the effectiveness of "Lokomat®" in controlling upper body balance during walking.

**Bilateral Spastic CP:** **Klobucká et al.** examined 97 patients and found that disability severity, therapy intensity, and session number were key predictors of success [15].

**Spastic-Ataxic CP: De Luca et al.** reported improved GMFM scores and quality of life in 10 children who received Lokomat® therapy alongside standard rehabilitation [16].

### Conclusion

Robotic-assisted gait rehabilitation, particularly using systems like Lokomat®, is a valuable addition to traditional therapy for children with cerebral palsy. It demonstrates promising clinical improvements in walking ability, balance, and gross motor function across various severity levels and CP subtypes. However, the continued development of robotics and more large-scale, high-quality studies are needed to better understand its clinical value and long-term benefits.

### Conflict of interest disclaimer

The authors declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article.

### Author's contribution

Azhar Giniyat, Saya Amangeldikyzy and Meiram Shakenov contributed to conceptualization.

Meiram Shakenov contributed towards data collection, analysis of the data of manuscript, drafting and revision of manuscript. Meiram Kaliyassov contributed towards data collection

Shoaib Khan and Zeeshan contributed towards data collection, analysis of the data and contributed towards drafting and revision of manuscript. All authors provided intellectual inputs and approval of final manuscript for submission, ensuring integrity and accuracy in the study's finding and discussion.

### References

1. Bureau of National Statistics: Health and Social Security Statistics (In Russ.) <https://stat.gov.kz/ru/industries/social-statistics/stat-medicine/>
2. I. Novak, C. Morgan, M. Fahey, M. Finch-Edmondson, C. Galea, A. Hines, K. Langdon, M. Mc Namara, M. Cb. Paton, H. Popat, B. Shore, A. Khamis, E. Stanton, O. P. Finemore, A. Tricks, A. Te Velde, L. Dark, N. Morton, N. Badawi. State of the Evidence Traffic Lights 2019: Systematic Review of Interventions for Preventing and Treating Children with Cerebral Palsy. *Curr Neurol Neurosci Rep.* 2020 Feb 21; 20 (2):3. doi: 10.1007/s11910-020-1022-z.
3. T. Aurich-Schuler, B. Warken, J. V Graser, T. Ulrich, I. Borggraefe, F. Heinen, A. Meyer-Heim, H. J. A. van Hedel, A. S. Schroeder. Practical Recommendations for Robot-Assisted Treadmill Therapy (Lokomat) in Children with Cerebral Palsy: Indications, Goal Setting, and Clinical Implementation within the WHO-ICF Framework. *Neuropediatrics.* 2015 Aug; 46 (4):248-60. doi: 10.1055/s-0035-1550150. Epub 2015 May 26.
4. J.L. Ryan, F. Virginia Wright, D.E. Levac. Exploring Physiotherapists' Use of Motor Learning Strategies in Gait-Based Interventions for Children with Cerebral Palsy. *Phys Occup Ther Pediatr.* 2020; 40(1):79-92. doi: 10.1080/01942638.2019.1622623. Epub 2019 Jun 3.
5. R. Llamas-Ramos, J. Luis Sánchez-González, I. Llamas-Ramos. Robotic Systems for the Physiotherapy Treatment of Children with Cerebral Palsy: A Systematic Review. *Review Int J Environ Res Public Health.* 2022 Apr 22; 19(9):5116. doi: 10.3390/ijerph19095116.
6. M. Błażkiewicz, A. Hadamus. Assessing the Efficacy of Lokomat Training in Pediatric Physiotherapy for Cerebral Palsy: A Progress Evaluation. *J Clin Med.* 2024 Oct 26; 13(21):6417. doi: 10.3390/jcm13216417.
7. Y. Wang, P. Zhang, C. Li. Systematic review and network meta-analysis of robot-assisted gait training on lower limb function in patients with cerebral palsy. *Review Neurol Sci.* 2023 Nov; 44(11):3863-3875. doi: 10.1007/s10072-023-06964-w. Epub 2023 Jul 26.
8. Y. Cherni, L. Ballaz, J. Lemaire, F. Dal Maso, M. Begon. Effect of low dose robotic-gait training on walking capacity in children and adolescents with cerebral palsy. *Neurophysiol Clin.* 2020 Nov; 50(6):507-519. doi: 10.1016/j.neucli.2020.09.005. Epub 2020 Oct 1.
9. Y. Cherni, L. Ballaz, G. Girardin-Vignola, M. Begon. Intra- and inter-tester reliability of spasticity assessment in standing position in children and adolescents with cerebral palsy using a paediatric exoskeleton. *Disabil Rehabil.* 2021 Apr; 43(7):1001-1007. doi: 10.1080/09638288.2019.1646814. Epub 2019 Aug 1.
10. L. Wallard, G. Dietrich, Y. Kerlirzin, J. Bredin. Robotic-assisted gait training improves walking abilities in diplegic children with cerebral palsy. *Controlled Clinical Trial Eur J Paediatr Neurol.* 2017 May; 21(3):557-564. doi: 10.1016/j.ejpn.2017.01.012. Epub 2017 Feb 2.
11. H. J. A. van Hedel, A. Meyer-Heim, C. Rüsçh-Bohtz. Robot-assisted gait training might be beneficial for more severely affected children with cerebral palsy. *Dev Neurorehabil.* 2016 Dec; 19 (6):410-415. doi: 10.3109/17518423.2015.1017661. Epub 2015 Apr 2.

12. R. Weinberger, B. Warken, H. König, K. Vil, L. Gerstl, I. Borggraefe, F. Heinen, R. von Kries, A.S. Schroeder. Three by three weeks of robot-enhanced repetitive gait therapy within a global rehabilitation plan improves gross motor development in children with cerebral palsy - a retrospective cohort study. *Eur J Paediatr Neurol.* 2019 Jul; 23(4):581-588. doi: 10.1016/j.ejpn.2019.05.003. Epub 2019 May 18.
13. Deineko VV, Krysyuk OB, Safonov LV, Shurygin SN. Modern opportunities and prognosis of physical rehabilitation of children with cerebral palsy. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry.* 2020; 120(6):88-91. (In Russ.)
14. L. Wallard, G. Dietrich, Y. Kerlirzin, J. Bredin. Robotic-assisted gait training improves walking abilities in diplegic children with cerebral palsy. *Controlled Clinical Trial Eur J Paediatr Neurol.* 2017 May; 21(3):557-564. doi: 10.1016/j.ejpn.2017.01.012. Epub 2017 Feb 2.
15. S. Klobucká, R. Klobucký, B. Kollár. The effect of patient-specific factors on responsiveness to robot-assisted gait training in patients with bilateral spastic cerebral palsy. *NeuroRehabilitation.* 2021; 49(3):375-389. doi: 10.3233/NRE-210130.
16. R. De Luca, M. Bonanno, C. Settimo, R. Muratore, R. Salvatore Calabrò. Improvement of Gait after Robotic-Assisted Training in Children with Cerebral Palsy: Are We Heading in the Right Direction? *Med Sci (Basel).* 2022 Oct 13; 10(4):59. doi: 10.3390/m

УДК 615.478.32:615.851.3

## ЭРГОКРЕСЛОНЫ ЭРГОТЕРАПЕВТ ТӘЖІРИБЕСІНДЕ ҚОЛДАНУ: МУЛЬТИФУНКЦИОНАЛДЫЛЫҚ ЖӘНЕ МҮМКІНДІКТЕР

Ғиният А.<sup>1</sup>, Алтынбекова А.Т.<sup>2</sup>, Балтабаева А.Т.<sup>3</sup>, Есильбаева А.М.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> «Ұлттық балаларды оңалту орталығы» КеАҚ Басқарма төрағасы, Астана, Қазақстан.

<sup>2</sup> «Ұлттық балаларды оңалту орталығы» КеАҚ медициналық бөлім жөніндегі Басқарма Төрағасының орынбасары, Астана, Қазақстан.

<sup>3</sup> «Ұлттық балаларды оңалту орталығы» КеАҚ Әлеуметтік-педагогикалық оңалту басқармасының басшысы, Астана, Қазақстан.

<sup>4</sup> «Ұлттық балаларды оңалту орталығы» КеАҚ Инклюзивті білім беру, әлеуметтік бейімдеу және эрготерапия әдістемелік бөлімінің эрготерапевті, Астана, Қазақстан.

### Түйіндеме

Инклюзивті білім берудің және денсаулық сақтау мүмкіндіктері шектеулі балаларды кешенді оңалтудың қазіргі жағдайында функционалдық тәуелсіздікті қалыптастыруға және қолдауға ықпал ететін көмекші техникалық құралдарды пайдалану ерекше маңызға ие. Осындай құралдардың бірі-клиникалық және білім беру практикасында эрготерапевтер белсенді қолданатын "Эргокресло" орындығы. Орындық денеге жеке-жеке қолдау көрсетеді, физиологиялық тұрғыдан дұрыс отырудың қалыптасуына ықпал етеді, бұлшықет кернеуін төмендетеді және баланың күнделікті белсенділік деңгейін арттырады. "Эргокресло" орындығын қолдану эрготерапевттерге балаға бағытталған терапия міндеттерін жүзеге асыруға, оқу және ойын ортасын әр баланың жеке ерекшеліктеріне сай бейімдеуге, сондай-ақ өзіне-өзі қызмет көрсету дағдыларын сақтауға және дамытуға мүмкіндік береді.

Менің зерттеулерім мен бақылауларыма сай, сабақ барысында "Эргокресло" орындығын қолдану ұсақ моториканың дамуына, зейіннің жақсаруына, отырудың тұрақтылығына және жұмыс барысында қол мен көз үйлесуінің оң әсерін көрсетуде. Осылайша, Эргокресло орындығын қолданудың өзектілігі оның мультифункционалдылығына, тиімділігіне және ерекше қажеттіліктері бар балаларды эрготерапевтік сүйемелдеудің заманауи талаптарына сәйкес келуіне байланысты.

**Түйін сөздер:** эрготерапия, бейімделу техникасы, мүмкіндігі шектеулі балалар, эрго орындық, мультифункционалдылық, отыру позасы, функционалдық тәуелсіздік, инклюзивті білім беру, оңалту, эргономика, техникалық оңалту құралдары.