



Эффективность и безопасность адаптивного скалолазания в реабилитации пациентов с детским церебральным параличом

Шейко Г.Е.¹, Белова А.Н.¹, Баландина О.В.¹, Рукина Н.Н.¹, Воробьева О.В.¹, Кузнецов А.Н.¹, Кавинов М.А.², Оринчук В.А.³

¹Приволжский исследовательский медицинский университет Минздрава России, Нижний Новгород, Россия

²Региональная общественная организация «Федерация скалолазания Нижегородской области», Нижний Новгород, Россия

³Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского, Нижний Новгород, Россия

Резюме

В системе комплексной реабилитации пациентов с детским церебральным параличом (ДЦП) всё чаще находит место так называемая адаптивная физическая культура, одной из форм которой является адаптивное скалолазание (АС). Несмотря на высокую актуальность и интерес самих пациентов к адаптивной физической культуре, в отечественной и мировой литературе имеется не так много данных, посвященных изучению применения АС в комплексной реабилитации пациентов с ДЦП.

Цель. Оценка эффективности и безопасности АС, применяемого в дополнение к стандартной медицинской реабилитации детей и подростков со спастическими формами ДЦП.

Материал и методы. В исследование включено 30 пациентов от 5 до 18 лет со спастическими формами ДЦП, которые распределялись в одну из двух групп: 1-я, основная группа (n=15) — пациенты, которым проводилась стандартная медицинская реабилитация в сочетании с занятиями АС; 2-я группа сравнения (n=15) — участники, получавшие только медицинскую реабилитацию. Выполнена комплексная оценка эффективности и безопасности реабилитационных мероприятий до начала занятий АС и через 3 месяца с использованием клинко-неврологического и инструментального обследований, включая биомеханическое исследование (электроподография, видеоанализ ходьбы и стабиллография).

Результаты. Через 3 месяца после включения в исследование у пациентов группы 1 выявлено статистически значимое улучшение общих моторных функций по шкале GMFM-88 ($p=0,0001$), снижение уровня спастичности по модифицированной шкале Эшворта ($p=0,0051$) и улучшение мануальных способностей по шкале MACS ($p=0,0431$). По данным электроподографического исследования в группе 1 отмечалась положительная динамика в виде нарастания симметрии времени шага ($p=0,0063$), длины шага ($p=0,0083$) и скорости ходьбы ($p=0,0409$). По данным видеоанализа ходьбы, в группе 1 было выявлено статистически значимое нарастание диапазона движения в тазобедренном ($p=0,0038$) и коленных суставах ($p=0,0076$). В группе 2 не отмечалось существенного изменения показателей, за исключением выраженности спастичности по модифицированной шкале Эшворта ($p=0,0180$). Выявлена положительная корреляционная связь между показателями «длина шага» и «скорость ходьбы» ($r=0,605$, $p=0,0168$). Отрицательная корреляционная связь была выявлена между показателем «скорость ходьбы» и оценкой по GMFCS ($r=-0,832$, $p=0,0372$). Зарегистрировано всего 2 нежелательных явления в исследуемой группе: острая респираторная вирусная инфекция и ушиб запястья в ходе занятия АС.

Заключение. АС в дополнение к традиционным методикам медицинской реабилитации приводит к снижению спастичности, повышению подвижности суставов и контролю произвольных движений, улучшению поддержания положения тела, ходьбы и точных движений кисти, а также обладает благоприятным профилем безопасности. АС является эффективным и безопасным мотивирующим методом физической культуры, способным изменить взгляд пациента на традиционную терапию.

Ключевые слова: детский церебральный паралич, адаптивная физкультура, адаптивное скалолазание, биомеханика, электроподография, видеоанализ ходьбы, стабиллография, реабилитация, физическая реабилитация

Источники финансирования: Фонд президентских грантов в рамках проекта «Нет недосягаемых высот»

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

Для цитирования: Шейко Г.Е., Белова А.Н., Баландина О.В., Рукина Н.Н., Воробьева О.В., Кузнецов А.Н., Кавинов М.А., Оринчук В.А. Эффективность и безопасность адаптивного скалолазания в реабилитации пациентов с детским церебральным параличом. Вестник восстановительной медицины. 2022; 21 (1):45-54. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-1-45-54>

Для корреспонденции: Шейко Геннадий Евгеньевич, e-mail: sheikogennadii@yandex.ru

Статья получена: 11.12.2021

Поступила после рецензирования: 11.02.2022

Статья принята к печати: 15.02.2022

The Effectiveness and Safety of Adaptive Climbing in the Rehabilitation of Patients with Cerebral Palsy

Gennadii E. Sheiko¹, Anna N. Belova¹, Oksana V. Balandina¹, Natalia N. Rukina¹,
Olga V. Vorobyova¹, Alexey N. Kuznetsov¹, Maxim A. Kavinov², Vyacheslav A. Orinchuk³

¹Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russian Federation

²Regional Public Organization «Climbing Federation», Nizhny Novgorod, Russian Federation

³N.I. Lobachevsky National Research State University of Nizhny Novgorod, Nizhny Novgorod, Russian Federation

Abstract

The use of adaptive physical culture in the system of complex rehabilitation of patients with cerebral palsy (CP) is becoming more popular. Adaptive climbing (AC) is one of these types of physical culture and sports activities. Currently, there are not many data in the domestic and world literature devoted to the study of the AC use in the complex rehabilitation of patients with CP.

Aim. Evaluation of the effectiveness and safety of AC in the rehabilitation of children and adolescents with spastic forms of CP in addition to conventional medical rehabilitation.

Material and methods. The study included 30 patients aged from 5 to 18 years with spastic forms of CP who were allocated into one of two groups: the 1st group, the study group (n=15) — patients who underwent standard medical rehabilitation and AC classes; the 2nd group, the control group (n=15) — participants who received only medical rehabilitation. A comprehensive assessment of the rehabilitation measures effectiveness and safety was performed before the start of AC classes and after 3 months using clinical neurological and instrumental examinations, including biomechanical examination (electropodography, video analysis of walking and stabilography).

Results. Group 1 patients showed a statistically significant improvement in general motor functions on the GMFM-88 scale ($p<0,0001$), a decrease in the level of spasticity on the modified Ashworth scale ($p=0,0051$) and an improvement in manual abilities on the MACS scale ($p=0,0431$) 3 months after inclusion in the study. Positive dynamics in the form of an increase in the symmetry of step time ($p=0,0063$), step length ($p=0,0083$) and step velocity ($p=0,0409$) were noted according to the electropodographic study in the 1st group. A statistically significant increase in the range of motion in the hip ($p=0,0038$) and knee joints ($p=0,0076$) was detected in the 1st group according to video analysis of walking. There was no significant change in the indicators in the 2nd group, except for the severity of spasticity on the modified Ashworth scale ($p=0,0180$). A positive correlation was found between the indicators “step length” and “step velocity” ($r=0,605$, $p=0,0168$). A negative correlation was found between the “step velocity” indicator and the GMFCS score ($r=-0,832$, $p=0,0372$). Only 2 adverse events were registered in the study group: acute respiratory viral infection and wrist injury during AC.

Conclusion. AC, in addition to traditional methods of medical rehabilitation, leads to a decrease in spasticity, increased joint mobility and control of voluntary movements, improved maintenance of the body position, walking and precise hand movements, and also has a favorable safety profile. AC is an effective and safe motivating method of physical culture that can change the patient’s view on traditional therapy.

Keywords: cerebral palsy, adaptive physical education, adaptive climbing, biomechanics, electropodography, video analysis of walking, stabilography, rehabilitation, physical rehabilitation

Acknowledgments: Presidential grants fund within the framework of the project “There are no Unattainable Heights”

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

For citation: Sheiko G.E., Belova A.N., Balandina O.V., Rukina N.N., Vorobyova O.V., Kuznetsov A.N., Kavinov M.A., Orinchuk V.A. The Effectiveness and Safety of Adaptive Climbing in the Rehabilitation of Patients with Cerebral Palsy. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022; 21 (1): 45–54. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-1-45-54>

For correspondence: Gennadii E. Sheiko, e-mail: sheikogennadii@yandex.ru

Received: Dec 11, 2021

Revised: Feb 11, 2022

Accepted: Feb 15, 2022

Введение

Одной из самых частых причин ограничений жизнедеятельности у детей и подростков является детский церебральный паралич (ДЦП). ДЦП представляет собой полиэтиологическую группу нарушений моторики и поддержания позы, обусловленных непрогрессирующим повреждением и/или аномалией развивающегося головного мозга у плода или новорожденного ребенка [1–3]. В Российской Федерации распространенность ДЦП соответствует общемировой эпидемиологической обстановке и колеблется по разным данным от 2,2 до 3,3 случаев на 1000 новорожденных [1, 4]. Поражение головного мозга при ДЦП происходит с последующим формированием патологического мышечного тонуса (преимущественно спастичности) при сохранении позно-тонических рефлексов и сопутствующем нарушении становления цепных установочных выпрямительных рефлексов [1, 5, 6]. Традиционно медицинская реабилитация с целью улучшения двига-

тельных и координаторных функций пациентов с ДЦП реализуется в основном за счет методик, непосредственно связанных с движением, т.е. за счет лечебной гимнастики, аппаратной кинезитерапии, роботизированной механотерапии с использованием специализированных тренажеров, в том числе, основанных на принципе биологической обратной связи [4, 5].

В последнее время в системе комплексной реабилитации пациентов с ДЦП всё более популярным становится применение так называемой адаптивной физической культуры, действие которой направлено на коррекцию последствий вынужденной малоподвижности, активизацию и улучшение деятельности всех сохранных функций, систем и адаптационных возможностей организма человека [5, 7, 8]. Одним из таких видов физкультурно-спортивной деятельности является адаптивное скалолазание (англ. adaptive climbing, therapeutic climbing, paracimbing) [7, 9]. Адаптивное скалолазание (AC) —

вид спорта и вид активного отдыха, для людей с ограниченными возможностями, который заключается в лазании по естественному (скалы) или искусственному (скалодром) рельефу [10,11]. Лазание для детей является одним из способов познания окружающего мира и одной из базовых локомоций [12,13]. АС для детей с ДЦП носит прежде всего оздоровительный и развивающий характер, а не состязательный [14]. Несмотря на высокую актуальность и интерес самих пациентов к адаптивной физической культуре, в настоящее время в отечественной и мировой литературе можно найти не так много данных, посвященных изучению применения АС в комплексной реабилитации пациентов с ДЦП [7, 10, 15, 16]. В связи с этим, авторами был разработан протокол и проведено одноцентровое проспективное рандомизированное сравнительное исследование с целью оценки эффективности и безопасности АС, применяемого в дополнение к стандартной медицинской реабилитации детей и подростков со спастическими формами ДЦП.

Материал и методы

Исследование проведено на базе Университетской клиники ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России совместно с ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» и Нижегородским центром скалолазания «Ладъ». Рандомизация, согласно протоколу, осуществлялась с использованием метода конвертов в одну из групп: 1-я группа, исследуемая (n=15) — пациенты, которым проводилась медицинская реабилитация и занятия АС; 2-я, группа сравнения (n=15) — участники, которые получали только традиционную медицинскую реабилитацию. В исследование были включены пациенты со спастическими формами ДЦП в соответствии с Международной классификацией болезней 10-го пересмотра: спастическая диплегия — G80.1, гемиплегия — G80.2.

Критериями включения являлись: диагноз ДЦП, возраст от 5 до 18 лет и уровень глобальных моторных функций по шкале GMFCS (Gross Motor Function Classification System, или Система классификации больших моторных функций) — I и II.

Критерии исключения: любой другой диагноз, связанный с нарушением движения и поддержания позы, отличный от ДЦП; сопутствующее заболевание, которое может повлиять на качество жизни по мнению врача-исследователя; серьезное психическое расстройство, например, биполярное расстройство.

Исследование было одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Приволжский исследовательский медицинский университет» Минздрава России. Участники получили подробную информацию об исследовании и о том, что оно было добровольным. Согласие было подписано родителями детей с ДЦП и врачом-следователем.

Клиническая оценка эффективности реабилитационных мероприятий, согласно протоколу, в обеих группах проводилась до начала занятий АС и через 3 месяца с использованием анализа жалоб и анамнестических данных, общесоматического, клинико-неврологического и инструментального обследования. Для оценки уровня спастичности использовалась модифицированная шкала спастичности Эшворта. Количественная оценка общих моторных функций производилась с помощью шкалы GMFM-88 (Gross motor function measure 88, или Шкала оценки крупных мо-

торных функций) с вычислением среднего итогового балла по всем параметрам [1, 17]. Оценка моторики рук пациентов осуществлялась с использованием шкалы MACS (Manual Ability Classification System, или Система классификации мануальных способностей для детей с церебральным параличом). Инструментальная оценка ходьбы и поддержания равновесия включала следующее биомеханическое обследование: электроподография (оцениваемые временные и пространственные параметры: скорость ходьбы, время шага, длина шага, коэффициент максимальной силы и коэффициент ритмичности ходьбы), 2D видеоанализ ходьбы (оцениваемые параметры: углы сгибания тазобедренного, коленного и голеностопного суставов во время ходьбы) и стабилография (оцениваемые параметры: положение центра давления, длина и площадь статокинезиограммы, скорость перемещения центра давления, энергоэффективность поддержания вертикальной позы). Показатели электроподографии представлены в виде индекса симметрии (наименьшее значение параметра/наибольшее значение параметра x 100). При анализе показателей 2D видеоанализа ходьбы у пациентов с диплегией (G80.1) рассчитывался средний показатель по обеим нижним конечностям; в группе с гемиплегией (G80.2) использовались показатели пораженной конечности. Исследование ходьбы (электроподография и 2D видеоанализ) выполнялись на электроподографической дорожке «Walkway» производства TekScan (США) и на системе видеоанализа движений «Simi Aktisys» (Германия); стабилография — на стабиллоплатформе «ST – 150» (Россия).

Занятия по АС проводились на базе Нижегородского центра скалолазания «Ладъ» 2 раза в неделю по 80 минут в течение 3 месяцев с использованием скалодрома общей площадью 350 м². На подготовительном этапе обучения (первые 2–3 занятия) упражнения на скалодроме отработывались на высоте 20–30 см от уровня поверхности гимнастического мата с продвижением в горизонтальном направлении, с использованием зацепов большого размера, которые предварительно маркировались. При совершенствовании навыков лазания по скалодрому, постепенно увеличивалась высота подъема и выполнение упражнений, так же вводились мелкие зацепы. В процессе занятий АС детьми и подростками с ДЦП осваивались следующие основные элементы: траверс, трудность и скорость [10]. Помимо изучения элементов скалолазания на занятиях в большом объеме присутствовали общеразвивающие упражнения, упражнения на гибкость и расслабление, на укрепление основных групп мышц, подвижные игры и игровые задания. При обучении технике преодоления вертикальных трасс участники занимались с верхней страховкой индивидуально с инструктором-методистом по адаптивному скалолазанию или с волонтером, прошедшим подготовку по использованию страховочных систем в скалолазании (рис. 1).

Комплекс стандартных реабилитационных мероприятий, которые получали дети в обеих группах в амбулаторных условиях, включал лечебную физкультуру, механотерапию, массаж, по мере необходимости — фармакотерапию, занятия с логопедом и дефектологом. Реабилитация в домашних условиях осуществлялась путем ежедневного выполнения физических упражнений, рекомендованных врачом.

Статистическая обработка результатов проводилась с использованием программы *MedCalc Statistical Software* и *Microsoft Office Excel, 2010*. Проверка нормальности рас-



Рис. 1. Занятия по адаптивному скалолазанию с детьми с ДЦП

Примечание: фотографии сделаны с разрешения родителей

Fig. 1. Adaptive climbing classes with children with cerebral palsy

Note: the photos were taken with the permission of the parents

пределения количественных признаков производилась с использованием критерия Шапиро-Уилка. Количественные данные представлены в виде среднего арифметического и среднеквадратичного отклонения при нормальном распределении показателей или в виде медиан и границ интерквартильного отрезка при распределении показателей отличном от нормального; n — объем анализируемой группы, p — величина статистической значимости различий. Статистическое сравнение средних значений в группе выполняли с помощью методов параметрической и непараметрической статистики: парного t -теста Стьюдента и критерия Вилкоксона соответственно (для связанных выборок), критерия Стьюдента и критерия Манна-Уитни соответственно (для несвязанных выборок).

Для проверки гипотезы о зависимости качественных и порядковых признаков использовался критерий

χ^2 Пирсона для таблиц сопряженности. В случае возникновения риска смещения результатов, полученных с использованием критерия χ^2 Пирсона для таблиц сопряженности, для проверки нулевой гипотезы использовался точный критерий Фишера путем попарного сравнения данных анализируемых групп в четырехпольных таблицах. Анализ связи (корреляции) двух количественных признаков осуществлялся методом ранговой корреляции по Спирмену (r). Критическое значение уровня значимости принимали равным 5% ($p \leq 0,05$).

Результаты

В исследование были включены 30 пациентов с ДЦП (23 мальчика и 7 девочек), из них 15 детей со спастической диплегией (G80.1) и 15 с гемиплегией (G80.2). Различий по основным клинико-демографическим признакам

Таблица 1. Клинико-демографические данные пациентов

Table 1. Clinical and demographic data of patients

Характеристики / Characteristics	Группа 1 (n=15) / Group 1 (n=15)	Группа 2 (n=15) / Group 2 (n=15)	P
Возраст (лет) / Age (years)	7,8±1,6	8,2±1,1	0,4402*
Форма ДЦП (G80.1/G80.2) / Type of cerebral palsy (G80.1/G80.2)	9(60%)/6(40%)	6(40%)/9(60%)	0,2815 χ^2 Пирсона/ Pearson's chi-squared test 0,4661 Фишера/ Fisher's exact test
Пол (мужской) / Gender (male)	11 (73%)	12 (80%)	0,6713 χ^2 Пирсона/ Pearson's chi-squared test 1,0 Фишера/ Fisher's exact test
GMFCS (уровень) / GMFCS (level)	2[1,25;2]	2[2;2]	0,6713**
GMFM-88 (%)	92,5±1,7	92,8±2,0	0,6833*
шкала Эшворта (балл) / Ashworth scale (score)	2[2;2]	2[1,25;2]	0,7806**
MACS (уровень) / MACS (level)	2[1;2]	2[2;2]	0,1731 **

Примечание: * — критерий Стьюдента, ** — критерий Манна-Уитни

Note: * — Independent samples t-test, ** — Mann-Whitney test

Таблица 2. Сравнение показателей опросников/шкал внутри групп
Table 2. Comparison of indicators of questionnaires/scales within groups

Шкала / Опросник / Scale / Questionnaire	Среднее значение показателя / The average value of the indicator			
	Группа 1 (n=15) / Group 1 (n=15)		Группа 2 (n=15) / Group 2 (n=15)	
	До / Before	После / After	До / Before	После / After
GMFM-88 (%)	92,5±1,7	96,2±1,6	92,8±2,0	93,1±2,1
р	< 0,0001*		0,0769*	
шкала Эшворта (балл) / Ashworth scale (score)	2[2;2]	1[1;2]	2[1,25;2]	1[1;2]
р	0,0051 **		0,0180 **	
MACS (уровень) / MACS (level)	2[1;2]	1[1;2]	2[2;2]	2[1;2]
р	0,0431**		0,0679 **	

Примечание: * — парный t-теста Стьюдента, ** - критерий Вилкоксона
Note: * — Paired samples t-test, ** — Wilcoxon test

у пациентов с ДЦП на момент включения в исследование не отмечалось (табл. 1).

Клиническая оценка эффективности реабилитации

Через 3 месяца после включения в исследование у пациентов группы 1 выявлено статистически значимое улучшение общих моторных функций по шкале GMFM-88 ($p < 0,0001$), снижение уровня спастичности по модифицированной шкале Эшворта ($p = 0,0051$) и улучшение мануальных способностей по шкале MACS ($p = 0,0431$). В группе 2 не отмечалось существенного изменения показателей по вышеперечисленным шкалам, за исключением выраженности спастичности по модифицированной шкале Эшворта ($p = 0,0180$) (табл. 2). При сравнении между разными группами показателей шкал и опросников, полученных через 3 месяца после

включения участников в исследование, были выявлены статистически значимые различия только по шкале GMFM-88 ($p = 0,0001$). Уровень моторных функций по шкале GMFCS остался прежним у участников обеих групп.

Электроподографическое исследование

По данным электроподографии через 3 месяца после включения участников в исследование в группе 1 отмечалась положительная динамика в виде снижения времени шага ($p = 0,0063$), увеличения длины шага ($p = 0,0083$) и скорости ходьбы ($p = 0,0409$) в сравнении с исходными показателями (табл. 3). Не было выявлено статистически значимых различий при сравнении показателей внутри контрольной группы.

Видеоанализ ходьбы

При сравнении показателей видеоанализа ходьбы внутри групп до и через 3 месяца было выявлено статистически значимое нарастание диапазона движений

Таблица 3. Сравнение показателей электроподографического исследования внутри групп
Table 3. Comparison of electropodography indicators within groups

Шкала / опросник / Scale/questionnaire	Среднее значение показателя / The average value of the indicator			
	Группа 1 (n=15) / Group 1 (n=15)		Группа 2 (n=15) / Group 2 (n=15)	
	До / Before	После / After	До / Before	После / After
Время шага (%) / Step time (%)	95,5 [89,4;99]	97,6 [95,3;98,6]	92,4[86,8;96,6]	93,7[86,6;96,5]
р	0,0063		0,9321	
Длина шага (%) / Step length (%)	89,6[78;97,4]	92,4[81,2;97,9]	94,3[84,7;96,2]	95,3[92,5;97,8]
р	0,0083		0,6909	
Скорость ходьбы (%) / Walking velocity (%)	89,5[78;95,5]	92,6[88,1;96,7]	91,5[83,5;94,8]	91,1[87,4;94,5]
р	0,0409		0,8203	
Коэффициент максимальной силы (%) / Coefficient of maximum force (%)	96,3[88,6;97,5]	94,1[92,6;97,2]	93,3[91,3;96,1]	95,8[91,5;96,8]
р	0,4703		0,1673	
Коэффициент ритмичности (%) / Coefficient of rhythm (%)	91,5[81,4;95,6]	93,2[83,2;95,2]	90,9[88,1;98,4]	95,5[92;97,5]
р	0,3942		0,8203	

Примечание: критерий Вилкоксона
Note: Wilcoxon test

Таблица 4. Сравнение показателей видеоанализа ходьбы внутри групп
Table 4. Comparison of indicators of walking video analysis within groups

Показатели / Indicators	Среднее значение показателя / The average value of the indicator			
	Группа 1 (n=15) / Group 1 (n=15)		Группа 2 (n=15) / Group 2 (n=15)	
	До / Before	После / After	До / Before	После / After
Диапазон движения в тазобедренном суставе (°) / Range of movement in the hip joint (°)	38,9[33,5;44,3]	41,3[36,9;46,4]	42,2[35,5;44,9]	41,6[35,4;44]
p	0,0038		0,5701	
Диапазон движения в коленном суставе (°) / Range of movement in the knee joint (°)	55,8[48,8;65,4]	60,4[54,2;67,3]	57,4[48,6;63,8]	55,5[53,2;57,5]
p	0,0076		0,6092	
Диапазон движения в голеностопном суставе (°) / Range of movement in the ankle joint (°)	30,5[20,8;35,6]	33[26,4;36,1]	23,5[19,9;31,2]	25,6[20,5;33,9]
p	0,1118		0,7333	

Примечание: критерий Вилкоксона
Note: Wilcoxon test

в тазобедренном (p=0,0038) и коленных суставах (p=0,0076) в группе 1 (табл. 4). Статистически значимых различий внутри группы 2, а также при сравнении показателей между группами выявлено не было.

Стабилографическое исследование

По данным стабилографического исследования статистически значимого улучшения внутри исследуемой и контрольной группы выявлено не было (табл. 5). Также не наблюдались различия при сравнении показателей между группами. Список исследуемых стабилографических параметров представлен в таблице 6.

Корреляционный анализ результатов обследований, проведенных через 3 месяца с момента включения участников в исследование, продемонстрировал положительную корреляционную связь между показателями электроподографического исследования «длина шага» и «скорость ходьбы» (r=0,605, p=0,0168). Отрицательная корреляционная связь была выявлена между электроподографическим показателем «скорость ходьбы» и уровнем глобальным моторных функций по шкале GMFCS (r= -0,832, p=0,0372). Статистически значимой взаимосвязи между различными комбинациями показателей клинического и биомеханического обследований выявлено не было.

Таблица 5. Сравнение показателей стабилографического исследования ходьбы внутри групп
Table 5. Comparison of stabilography indicators within groups

Показатели / Indicators	Среднее значение показателя / The average value of the indicator			
	Группа 1 (n=15) / Group 1 (n=15)		Группа 2 (n=15) / Group 2 (n=15)	
	До / Before	После / After	До / Before	После / After
X (мм) / X (mm)	7,4 [-6,15;13]	7,6[-6,2;14,2]	18,3[-3,6;21,8]	13,4[-1,6;14,4]
p	0,6293		0,3635	
Y (мм) / Y (mm)	33,3[25,6;56,2]	32,8[30,9;50,6]	37,4[28,5;63,1]	42,9[26,4;62,7]
p	0,6496		0,9547	
L (мм) / L (mm)	835[747,4;1047,2]	883,2[725;1060,3]	721,3[533,6;858,1]	656,2[518,3;921,3]
p	0,2560		0,6092	
S (мм^2) / S (mm^2)	613,8[429,9;1620,4]	563[339;955,6]	505,3[209,3;633,3]	480,2[221,7;873,4]
p	0,3635		0,9096	
V (мм/с) / V (mm/s)	13[11,6;17,5]	12,4[12,1;19,3]	10,8[7,6;14,6]	10,7[8,7;15]
p	0,1914		0,3635	
NA (%)	34,3[28,9;46,1]	37,9[25,9;43,1]	46,7[37,9;83,5]	54,6[34,5;66,5]
p	0,2560		0,8753	

Примечание: критерий Вилкоксона
Note: Wilcoxon test

ШЕЙКО Г.Е. И ДР. | ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Таблица 6. Список исследуемых параметров стабилографии
Table 6. List of investigated parameters of stabilography

Обозначение (размерность) / Symbol (unit of measurement)	Параметр / Parameter
X (мм) X (mm)	Среднее положение ЦД относительно фронтальной плоскости The average position of the CP relative to the frontal plane
Y (мм) Y (mm)	Среднее положение ЦД относительно сагиттальной плоскости The average position of the CP relative to the sagittal plane
L (мм) L (mm)	Длина статокинезиограммы Length of the statokinesiogram
S (мм ²) S (mm ²)	Площадь статокинезиограммы Area of the statokinesiogram
V (мм/с) V (mm/s)	Средняя скорость перемещения ЦД Average velocity of movement of the CP
NA,%	Энергоэффективность поддержания вертикальной позы Energy efficiency of maintaining a vertical posture

Примечание: ЦД — центр давления
Note: CP — center of pressure

В ходе исследования отмечалось всего 2 нежелательных явления в исследуемой группе: острая респираторная вирусная инфекция и ушиб запястья в ходе занятия АС. В случае с острой респираторной вирусной инфекцией, ребенок через 2 недели смог продолжить занятия АС; в случае ушиба, ребенок продолжил занятия с меньшей интенсивностью и смог возобновить полноценные занятия АС уже через 1 неделю. В контрольной группе наблюдалось также 2 нежелательных явления (острая респираторная вирусная инфекция), после разрешения которых дети смогли продолжить реабилитационные мероприятия.

Обсуждение

В научной литературе можно найти не так много публикаций, посвященных оценке эффективности и безопасности АС в реабилитации пациентов с ДЦП [7,15,16]. В работе М. С. Christensen и коллег у 11 пациентов с различными формами ДЦП (средний возраст 11,6 ± 0,8 лет), которые проходили 3-х недельную программу АС в помещении (всего 9 тренировок), отмечалось нарастание силы кисти наименее пораженной конечности по данным динамометрии и значительные улучшения в тесте «сидя-стоя» в сравнении с группой контроля. При этом не было зарегистрировано ни одного нежелательного явления в группе участников с ДЦП [15]. В другом исследовании Н.Г.В. Koch и коллеги оценивали эффективность 60 минутных тренировок АС, которые проводились 2 раза в неделю у 7 детей с ДЦП с гемипарезом (средний возраст 9,6 ± 3,7 лет). Согласно представленным результатам, после 19 занятий у каждого ребенка наблюдалось улучшение поддержания статического равновесия и походки, увеличение силы захвата правой руки, а также снижение спастичности по модифицированной шкале Эшворта на 15,5% по сравнению с исходными данными [7].

Одно из самых крупных исследований эффективности АС по числу участников (68 человек от 5 до 17 лет с различными нарушениями), проведено В. А. Оринчук и коллегами [16]. Авторами выполнена оценка эффективности занятий АС с позиции развития физических качеств у детей и подростков с ДЦП (22 участни-

ка) в сравнении с детьми с умственной отсталостью (22 участника), нарушениями слуха (12 участников) и зрения (12 участников). Участники исследования посещали занятия по АС 1–2 раза в неделю продолжительностью 80 минут на протяжении 1 года. Результаты исследования продемонстрировали положительное влияние занятий АС на развитие отдельных физических качеств. Так, у пациентов с ДЦП наблюдалось умеренное улучшение скоростно-силовых функций, силы мышц верхних конечностей и туловища, выраженное улучшение координаторных функций в сравнении с исходными показателями [16].

Несмотря на высокую актуальность и значимость полученных результатов, в представленных работах выявляется ряд ограничений. Названные исследования отличаются небольшой выборкой участников с ДЦП, отсутствием широкого спектра инструментальной оценки динамики двигательных и координаторных функций, в том числе биомеханической. С учетом перечисленных замечаний мы разработали протокол и провели одноцентровое проспективное рандомизированное сравнительное исследование [10], целью которого являлась оценка эффективности и безопасности АС в реабилитации детей и подростков со спастическими формами ДЦП в дополнение к медицинской реабилитации.

Была впервые проведена комплексная клиническая и биомеханическая оценка динамики двигательных и координаторных функций пациентов с ДЦП, занимающихся АС. Показано, что АС, используемое в дополнение к медицинской реабилитации у пациентов с ДЦП, по данным клинического обследования способствует более выраженному улучшению общих двигательных функций, улучшению моторики рук, снижению спастичности в сравнении с пациентами, получающим только традиционную медицинскую реабилитацию. Согласно полученным данным биомеханического исследования, у пациентов, занимающихся АС, отмечалось увеличение объема движений в крупных суставах нижних конечностей (тазобедренный и коленный), а также нарастание симметрии скорости ходьбы, времени и длины шага. В группе детей, занимающихся АС, было выявлено всего 2 легких нежелательных явления, после купирования

которых участники смогли продолжить занятия и медицинскую реабилитацию.

Заключение

Показано, что адаптивное скалолазание в дополнение к традиционным методикам медицинской реабилитации у пациентов с детским церебральным параличом приводит к снижению спастичности, повышению подвижности суставов и контролю произвольных движений, улучшению поддержания положения тела, ходьбы и точных движений кисти, а также обладает благоприятным профилем безопасности. Выявлена положительная корреляционная связь между по-

казателями электроподографического исследования, а также отрицательная корреляционная связь между уровнем глобальных моторных функций и скоростью ходьбы. Адаптивное скалолазание является эффективным и безопасным мотивирующим методом физической культуры, способным изменить взгляд пациента на традиционную терапию. Тем не менее, остаётся актуальным проведение рандомизированных сравнительных исследований с включением большего числа участников, анализом отдаленных результатов и оценкой как двигательных, так и когнитивных и психологических функций.

Список литературы

1. Семёнова Е. В., Ключкова Е. В., Коршикова-Морозова А.Е., Трухачёва А. В., Заблоцки Е. Ю. Реабилитация детей с ДЦП: обзор современных подходов в помощь реабилитационным центрам. Москва. Лепта книга. 2018: 584 с.
2. Heinen F., Desloovere K., Schroeder A. S., Berweck S., Borggraefe I., Campenhout A., Andersen G. L., Aydin R., Becher J. G., Bernert G., Caballero I. M., Carr L., Valayer E. C., Desiato M. T., Fairhurst C., Filipetti P., Hassink R. I., Hustedt U., Jozwiak M., Kocer S. I., Kolanowski E., Krägeloh-Mann I., Kutlay S., Mäenpää H., Mall V., McArthur P., Morel E., Papavassiliou A., Pascual-Pascual I., Pedersen S. A., Plasschaert F. S., van der Ploeg I., Remy-Neris O., Renders A., Di Rosa G., Steinlin M., Tedroff K., Valls J. V., Viehweger E., Molenaers G. The updated European Consensus 2009 on the use of Botulinum toxin for children with cerebral palsy. *European Journal of Paediatric Neurology*. 2010; 14(1): 45–66. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2009.09.005>
3. Korzeniewski S. J., Slaughter J., Lenski M., Haak P., Paneth N. The complex aetiology of cerebral palsy. *Nature Reviews Neurology*. 2018; 14(9): 528–543. <https://doi.org/10.1038/s41582-018-0043-6>
4. Баранов А. А., Намазова-Баранова Л.С., Кузенкова Л. М., Куренков А. Л., Ключкова О. А., Мамедьяров А. М., Каримова Х. М., Бурсагова Б. И., Вишнева Е. А. Детский церебральный паралич у детей: клинические рекомендации. Москва. Союз педиатров России. 2016: 36 с.
5. Волкова Е. А., Жуковская А. В., Кукушкина Е. А., Федорова П. С. Адаптивная физическая реабилитация для лиц с ДЦП: методические материалы. Ярославль. 2016: 68 с.
6. González-Alonso M.Y., Maria Cabello A. C. Características de los usuarios de la Asociación de Parálisis Cerebral [Characteristics of patients of the Cerebral Palsy Association]. *Semergen*. 2018; 44(8): 557–561. <https://doi.org/10.1016/j.semerng.2018.07.003>
7. Koch H. G.B., Peixoto G. O., Labronici R. H.D.D., Silva N. C.O.V., Alfieri F. M., Portes L. A. Therapeutic climbing: a possibility of intervention for children with cerebral palsy. *Acta Fisiátrica*. 2015; 22(1): 35–38. <https://doi.org/10.5935/0104-7795.20150008>
8. Akinola B. I., Biri C. A., Odebiyi D. O. Effect of a 10-Week Aquatic Exercise Training Program on Gross Motor Function in Children with Spastic Cerebral Palsy. *Global Pediatric Health*. 2019; (6): 2333794X19857378. <https://doi.org/10.1177/2333794X19857378>
9. Steimer J., Weissert R. Effects of Sport Climbing on Multiple Sclerosis. *Frontiers in Physiology*. 2017; (8): 1021 p. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.01021>
10. Шейко Г. Е., Белова А. Н., Баландина О. В., Кавинов М. А., Оринчук В. А. Адаптивное скалолазание в реабилитации пациентов с детским церебральным параличом. *Адаптивная физическая культура*. 2021; 87(3): 32–35.
11. Оринчук В. А., Оринчук А. В., Иосько Н. В., Кожеков С. О. Организация соревнований по адаптивному скалолазанию для детей и подростков с нарушением интеллекта. *Адаптивная физическая культура*. 2021; 86(2): 48–50.
12. Скриплева Е. В., Андреева В. Ю. Физическая культура — часть культуры общества и личности. *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования*. 2018; 30(4): 141–145.
13. Frühauf A., Heußner J., Niedermeyer M., Kopp M. Expert View on Therapeutic Climbing—A Multi-Perspective, Qualitative Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021; 18(7): 3535 p. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073535>
14. Смолина О. Ю. Параклаймбинг — адаптивное скалолазание для детей с ОВЗ. *Методические рекомендации*. Тюмень. 2019: 33 с.
15. Christensen M. C., Jensen T., Voigt C. B., Nielsen J. B., Lorentzen J. To be active through indoor-climbing: an exploratory feasibility study in a group of children with cerebral palsy and typically developing children. *BMC Neurology*. 2017; 17(1): 112 p. <https://doi.org/10.1186/s12883-017-0889-z>
16. Оринчук В. А., Курникова М. В. Эффективность занятий по адаптивному скалолазанию в развитии физических качеств детей и подростков с инвалидностью. *Культура физическая и здоровье*. 2020; 76(4): 181–184.
17. Salavati M., Ramaekers E. A., Wanting A., Krijnen W. P., Steenbergen B., van der Schans C. P. Gross motor function in children with spastic Cerebral Palsy and Cerebral Visual Impairment: A comparison between outcomes of the original and the Cerebral Visual Impairment adapted Gross Motor Function Measure-88 (GMFM-88-CVI). *Research in Developmental Disabilities*. 2017; (60): 269–276. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2016.10.007>

References

1. Semyonova E. V., Klochkova E. V., Korshikova-Morozova A.E., Truhachyova A. V., Zablockis E. Y. Reabilitaciya detej s DCP: obzor sovremennyh podhodov v pomoshch' reabilitacionnym centrarn [Rehabilitation of children with cerebral palsy: an overview of modern approaches to help rehabilitation centers]. Moscow. Lepta Kniga. 2018: 584 p. (In Russ.).
2. Heinen F., Desloovere K., Schroeder A. S., Berweck S., Borggraefe I., Campenhout A., Andersen G. L., Aydin R., Becher J. G., Bernert G., Caballero I. M., Carr L., Valayer E. C., Desiato M. T., Fairhurst C., Filipetti P., Hassink R. I., Hustedt U., Jozwiak M., Kocer S. I., Kolanowski E., Krägeloh-Mann I., Kutlay S., Mäenpää H., Mall V., McArthur P., Morel E., Papavassiliou A., Pascual-Pascual I., Pedersen S. A., Plasschaert F. S., van der Ploeg I., Remy-Neris O., Renders A., Di Rosa G., Steinlin M., Tedroff K., Valls J. V., Viehweger E., Molenaers G. The updated European Consensus 2009 on the use of Botulinum toxin for children with cerebral palsy. *European Journal of Paediatric Neurology*. 2010; 14(1): 45–66. <https://doi.org/10.1016/j.ejpn.2009.09.005>
3. Korzeniewski S. J., Slaughter J., Lenski M., Haak P., Paneth N. The complex aetiology of cerebral palsy. *Nature Reviews Neurology*. 2018; 14(9): 528–543. <https://doi.org/10.1038/s41582-018-0043-6>
4. Baranov A. A., Namazova-Baranova L.S., Kuzenkova L. M., Kurenkov A. L., Klochkova O. A., Mamed'yarov A.M., Karimova H. M., Bursagova B. I., Vishneva E. A. Detskij cerebral'nyj paralich u detej: klinicheskie rekomendacii [Cerebral palsy in children: clinical recommendations]. Moscow. Union of Pediatricians of Russia. 2016: 36 p. (In Russ.).
5. Volkova E. A., Zhukovskaya A.V., Kukushkina E. A., Fedorova P. S. Adaptivnaya fizicheskaya reabilitaciya dlya lic s DCP: metodicheskie materialy [Adaptive physical rehabilitation for people with cerebral palsy: methodological materials]. Yaroslavl. 2016: 68 p. (In Russ.).
6. González-Alonso M.Y., Maria Cabello A. C. Características de los usuarios de la Asociación de Parálisis Cerebral [Characteristics of patients of the Cerebral Palsy Association]. *Semergen*. 2018; 44(8): 557–561. <https://doi.org/10.1016/j.semerng.2018.07.003>
7. Koch H. G.B., Peixoto G. O., Labronici R. H.D.D., Silva N. C.O.V., Alfieri F. M., Portes L. A. Therapeutic climbing: a possibility of intervention for children with cerebral palsy. *Acta Fisiátrica*. 2015; 22(1): 35–38. <https://doi.org/10.5935/0104-7795.20150008>

8. Akinola B. I., Biri C. A., Odebiyi D. O. Effect of a 10-Week Aquatic Exercise Training Program on Gross Motor Function in Children with Spastic Cerebral Palsy. *Global Pediatric Health*. 2019; (6): 2333794X19857378. <https://doi.org/10.1177/2333794X19857378>
9. Steimer J., Weissert R. Effects of Sport Climbing on Multiple Sclerosis. *Frontiers in Physiology*. 2017; (8): 1021 p. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.01021>
10. Sheiko G. E., Belova A. N., Balandina O. V., Kavinov M. A., Orinchuk V. A. Adaptivnoe skalolazanie v reabilitacii pacientov s detskim cerebral'nym paralichom [Adaptive rock climbing in rehabilitation of patients with cerebral palsy]. *Adaptive Physical Education*. 2021; 87(3): 32–35 (In Russ.).
11. Orinchuk V. A., Orinchuk A. V., Iosko N. V., Kozhekov S. O. Organizaciya sorevnovanij po adaptivnomu skalolazaniyu dlya detej i podrostkov s narusheniem intellekta [Organization of adaptive climbing competitions for children and adolescents with intellectual disabilities]. *Adaptive Physical Education*. 2021; 86(2): 48–50 (In Russ.).
12. Skripleva E. V., Andreeva V. Yu. Fizicheskaya kul'tura — chast' kul'tury obshchestva i lichnosti [Physical culture is a part of the culture of society and personality]. *Innovative Economy: Prospects for Development and Improvement*. 2018; 30(4): 141–145. (In Russ.).
13. Frühauf A., Heußner J., Niedermeyer M., Kopp M. Expert View on Therapeutic Climbing-A Multi-Perspective, Qualitative Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021; 18(7): 3535 p. <https://doi.org/10.3390/ijerph18073535>
14. Smolina O. Y. Paraklajmbing — adaptivnoe skalolazanie dlya detej s OVZ [Paraclimbing — adaptive climbing for children with disabilities]. *Methodological recommendations*. Tyumen. 2019: 33 p. (In Russ.).
15. Christensen M. C., Jensen T., Voigt C. B., Nielsen J. B., Lorentzen J. To be active through indoor-climbing: an exploratory feasibility study in a group of children with cerebral palsy and typically developing children. *BMC Neurology*. 2017; 17(1): 112 p. <https://doi.org/10.1186/s12883-017-0889-z>
16. Orinchuk V. A., Kournikova M. V. Effektivnost' zanyatij po adaptivnomu skalolazaniyu v razvitii fizicheskikh kachestv detej i podrostkov s invalidnost'yu [Effectiveness of adaptive climbing classes in the development of physical qualities of children and adolescents with disabilities]. *Physical Culture and Health*. 2020; 76(4): 181–184 (In Russ.).
17. Salavati M., Ramaekers E. A., Wanting A., Krijnen W. P., Steenbergen B., van der Schans C. P. Gross motor function in children with spastic Cerebral Palsy and Cerebral Visual Impairment: A comparison between outcomes of the original and the Cerebral Visual Impairment adapted Gross Motor Function Measure-88 (GMFM-88-CVI). *Research in Developmental Disabilities*. 2017; (60): 269–276. <https://doi.org/10.1016/j.ridd.2016.10.007>

Информация об авторах:

Шейко Геннадий Евгеньевич, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры медицинской реабилитации, Приволжский исследовательский медицинский университет Минздрава России.

E-mail: sheikogennadii@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0402-7430>

Белова Анна Наумовна, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской реабилитации, Приволжский исследовательский медицинский университет Минздрава России.

E-mail: anbelova@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9719-6772>

Баландина Оксана Венедиктовна, руководитель Университетского центра психологии и развития детей, Приволжский исследовательский медицинский университет Минздрава России.

E-mail: oksa-nn@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-3486-1162>

Рукина Наталья Николаевна, кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отделения функциональной диагностики Университетской клиники, Приволжский исследовательский медицинский университет Минздрава России.

E-mail: ruginann@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0719-3402>

Воробьева Ольга Викторовна, младший научный сотрудник отделения функциональной диагностики Университетской клиники, Приволжский исследовательский медицинский университет Минздрава России.

E-mail: olgyshka1@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7225-8842>

Кузнецов Алексей Николаевич, младший научный сотрудник отделения функциональной диагностики Университетской клиники, Приволжский исследовательский медицинский университет Минздрава России.

E-mail: metall.su@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-1889-1297>

Кавинов Максим Александрович, заместитель Председателя Правления, Региональная общественная организация «Федерация скалолазания Нижегородской области».

E-mail: zmeygor@inbox.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-2450-2470>

Оринчук Вячеслав Анатольевич, кандидат педагогических наук, доцент кафедры физической культуры и организации спортивной деятельности факультета физической культуры и спорта, Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского.

E-mail: orinchuk.sl@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4172-0322>

Вклад авторов:

Шейко Г. Е. — разработка концепции и дизайна исследования, отбор и клиническое обследование пациентов, статистическая обработка, написание текста; Белова А. Н. — разработка концепции и дизайна исследования, научная редакция текста рукописи; Баландина О. В. — разработка концепции и дизайна исследования, научная редакция текста рукописи; Рукина Н. Н. — обзор публикаций по теме статьи, разработка концепции и дизайна исследования, биомеханическое обследование пациентов; Воробьева О. В. — обзор публикаций по теме статьи, биомеханическое обследование пациентов; Кузнецов А. Н. — статистическая обработка данных, научная редакция текста рукописи; Кавинов М. А. — разработка концепции и дизайна исследования, проведение занятий адаптивным скалолазанием; Оринчук В. А. — научная редакция текста рукописи, проведение занятий адаптивным скалолазанием.

Information about the authors:

Gennadii E. Sheiko, Cand. Sci. (Med.), Assistant of the Department of Medical Rehabilitation, Privolzhsk Research Medical University.

E-mail: sheikogennadii@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-0402-7430>

Anna N. Belova, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Medical Rehabilitation, Privolzhsk Research Medical University.

E-mail: anbelova@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-9719-6772>

Oksana V. Balandina, Head of the University Center for Psychology and Child Development, Privolzhsk Research Medical University.

E-mail: oksa-nn@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-3486-1162>

Natalia N. Rukina, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher of the Department of Functional Diagnostics of the University Clinic, Privolzhsky Research Medical University.

E-mail: rukinann@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-0719-3402>

Olga V. Vorobyova, Junior Researcher, Department of Functional Diagnostics of the University Clinic, Privolzhsky Research Medical University.

E-mail: olgyshka1@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7225-8842>

Alexey N. Kuznetsov, Junior Researcher, Department of Functional Diagnostics of the University Clinic, Privolzhsky Research Medical University.

E-mail: metall.su@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-1889-1297>

Maxim A. Kavinov, Deputy Chairman of the Board, Regional Public Organization “Climbing Federation of Nizhny Novgorod Region”.

E-mail: zmeygor@inbox.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-2450-2470>

Vyacheslav A. Orinchuk, Cand. Sci. (Ped.), Associate Professor, Department of Physical Culture and Organization of Sports Activities of the Faculty of Physical Culture and Sports, N. I. Lobachevsky National Research State University of Nizhny Novgorod.

E-mail: orinchuk.sl@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-4172-0322>

Contribution:

Sheiko G. E. — development of the concept and design of the study, selection and clinical examination of patients, statistical processing, text writing; Belova A. N. — development of the concept and design of the study, scientific revision of the text of the article; Balandina O. V. — development of the concept and design of the study, scientific revision of the text of the article; Rukina N. N. — review of publications on the topic of the article, development of the concept and design of the study, biomechanical examination of patients; Vorobyova O. V. — review of publications on the topic of the article, biomechanical examination of patients; Kuznetsov A. N. — statistical data processing, scientific revision of the text of the article; Kavinov M. A. — development of the concept and design of the study, conducting adaptive climbing classes; Orinchuk V. A. — scientific revision of the text of the article, conducting adaptive climbing classes.

