

УДК 616.718-073:612.76

ДИНАМИКА СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У БОЛЬНЫХ ДЦП, СПАСТИЧЕСКАЯ ДИПЛЕГИЯ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЗАНЯТИЙ НА СТАБИЛОМЕТРИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЕ, РОБОТИЗИРОВАННОМ КОМПЛЕКСЕ «ЭКЗОКИСТЬ-2» В СОЧЕТАНИИ С САНАТОРНО- КУРОРТНЫМ ЛЕЧЕНИЕМ

*Власенко С. В.¹, Павленко В. Б.³, Орехова Л. С.², Бирюкова Е. А.², Османов Э. А.¹,
Власенко Ф. С.², Бабанов Н. Д.^{2,4}*

¹*ГБУЗРК «Научно-исследовательский институт детской курортологии, физиотерапии и
медицинской реабилитации», Евпатория, Республика Крым, Россия*

²*НКЦ «Технологии здоровья и реабилитации» (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «КФУ
им. В.И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия*

³*ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского, Симферополь,
Республика Крым, Россия*

⁴*ФГБНУ «ФИЦ оригинальных и перспективных биомедицинских и фармацевтических
технологий», Москва, Россия*

E-mail: fedor.vlasenko2019@mail.ru

Целью исследования являлось изучение динамики стабилOMETрических показателей у больных ДЦП со спастической диплегией под влиянием санаторно-курортного лечения. В наблюдении участвовало 78 детей с ДЦП, среди которых назначались занятия на стабилОПлатформе (n=28), занятия на роботизированном комплексе «Экзокисть-2» (n=28), и курс санаторно-курортного лечения (n=22). Всем пациентам до и после курса реабилитации проводилось тестирование по шкале двигательной активности и устойчивости Тинетти. Инструментальная диагностика проводилась на стабилOMETрическом комплексе. Показано, что активизация зрительного контроля за функцией равновесия произошла после занятий на роботизированном комплексе «Экзокисть-2», что позволило сделать вывод об его эффективности при дефиците постурального контроля, в то время как при нарушениях окулomotorного и подошвенного контролей, экстерорецепции мышц необходимо использовать занятия на стабилОПлатформе.

Ключевые слова: детский церебральный паралич, стабилOMETрия, робототерапия, реабилитация.

ВВЕДЕНИЕ

Двигательные нарушения у детей с детским церебральным параличом (ДЦП) являются одним из основных инвалидизирующих факторов, препятствующих полноценной социальной адаптации [1–3]. Развитие моторики, обучение самостоятельно передвигаться требует включения в локомоцию как верхних, так и нижних конечностей. Отсутствие ранее сформированных функциональных систем, двигательной «памяти» так же требует выработки определенных подходов к формированию программ реабилитации. Несомненно, положительным фактором в детской реабилитации является высокая нейропластичность развивающейся

нервной системы, что позволяет формировать «нужный» двигательный стереотип через создание новых функциональных взаимосвязей в структурах нервной, опорно-двигательной систем. Топологическая представленность двигательных центров в различных отделах мозга, их перекрываемость, взаимозаменяемость позволяет через активизацию одних отделов стимулировать развитие других. Доказанным является факт влияния развития манипулятивных навыков на звуко-речеобразование. В настоящее время наиболее изучено влияние на процессы нейропластичности различных робототехнических методов, так как происходит их активное развитие и внедрение в практику. Рядом проведенных исследований доказано, что у детей с ДЦП под влиянием занятий на роботизированном комплексе «Экзокисть-2» в комплексе с санаторно-курортным лечением происходит активизация выработки нейротрофических факторов, необходимых для формирования необходимых функциональных систем [2].

Постуральная неустойчивость у детей с церебральным параличом является одним из основных патологических факторов, препятствующих формированию самостоятельного передвижения. Центральная нервная система (ЦНС), анализируя сенсорную информацию от различных систем организма и формирует адекватный моторный ответ для поддержания позы и равновесия. Таким образом, вся поступающая в мозг информация и выходящие сигналы должны пройти через структуры ЦНС, включающие проводники и нейроны. Зрительная, вестибулярная и соматосенсорная системы являются основными составляющими, участвующими в постуральном контроле и поддержании равновесия. При наличии очагов повреждения и отсутствия сформированных функциональных систем у детей, больных ДЦП, развитие постурального контроля происходит со значительной задержкой [4–12]. Поэтому изучение влияния различных методов реабилитации на формирование функции равновесия, оценка степени их эффективности у больных детским церебральным параличом продолжает оставаться актуальной проблемой [13].

Санаторно-курортный этап реабилитации в настоящее время востребован, пользуется популярностью среди родителей детей с ДЦП. Так как в условиях специализированных учреждений санаторно-курортного типа возможно сочетание методов реабилитации, применяемых в специализированных стационарах, в том числе роботизированных, инновационных методов и различных бальнеологических методик, традиционно используемых исключительно на курортах. В санаториях внедряются различные реабилитационные методики. Продолжается изучение оптимальных сочетаний «традиционных» процедур и разработанных в последнее время роботизированных методов с целью повышения эффективности этапа реабилитации [2, 3].

Целью данного исследования стало изучение динамики стабилметрических показателей у больных ДЦП, спастическая диплегия под влиянием санаторно-курортного лечения с применением стабилметрической платформы, и занятий на роботизированном комплексе «Экзокисть-2».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено рандомизированное сравнительное проспективное исследование. Исследование проведено в соответствии с юридическими и этическими нормами, предусмотренными Хельсинкской Декларацией, действующим законодательством РФ, а также принципами Надлежащей клинической практики (GCP), в соответствии с протоколом, рассмотренным и одобренным комитетом по биоэтике. Заключение комиссии по биоэтике ГБУЗ РК «Научно-исследовательский институт детской курортологии, физиотерапии и медицинской реабилитации» от 14.12.2022, № 7. Все лица, участвующие в исследовании, подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Под нашим наблюдением находилось 78 детей больных детским церебральным параличом, форма спастическая диплегия, проходивших лечение в ГБУ РК «Санаторий для детей и детей с родителями «Чайка» им. Гелиловичей». Все пациенты подписывали информированное согласие на участие в нем. Критерии включения: возраст от 7 до 12 лет, средний возраст больных составил $10,1 \pm 0,4$ года; наличие постуральной неустойчивости центрального генеза, объективно подтвержденной при стабилOMETРИЧЕСКОМ исследовании; отсутствие снижения когнитивных функций. Все участники с ДЦП имели I или II уровни классификации по общей двигательной функциональной системе (GMFCS), что указывало на легкие нарушения подвижности и способность стоять и ходить без посторонней помощи. Критерии исключения: отказ пациента от участия в исследовании; наличие других заболеваний ЦНС; постуральные расстройства периферического генеза; общие противопоказания для проведения реабилитационных мероприятий. III или IV уровни классификации по общей двигательной функциональной системе (GMFCS), что указывало на тяжелые нарушения подвижности и не возможности стоять и ходить без посторонней помощи.

Длительность реабилитации составила 14 дней. Процедуры назначались в соответствии с клиническими рекомендациями, стандартами лечения данной патологии. В курсовое лечение включались процедуры общего воздействия (пеллоидотерапия, гидрокинезотерапия в ваннах с термальной водой), а также местного (электростимуляция ослабленных мышц, магнитотерапия). Все дети проходили курс массажа, лечебной гимнастики. Все пациенты были распределены на две группы. Основную группу (ОГ) составили дети (28 ребенка), которым, помимо вышеперечисленных процедур, назначались занятия на стабилОПЛАТФОРМЕ (тренажер баланса «Траст-М) в течение всего времени пребывания в санатории. Исследование проводилось по общепринятой методике с закрытыми и открытыми глазами при установке стоп по принятому американскому стандарту. Испытуемые находились в положении стоя, без использования дополнительных средств опоры в течение 30 с. При проведении реабилитационных тренингов в режиме БОС с использованием виртуальной 3D среды достигался «эффект погружения». Наличие стереоизображения позволяет обеспечить эффект присутствия [2]. Таким образом, ребенок находился в привычной ситуации «компьютерной игры», выбирались игры интересные ребенку (бег в лесу, гонки, преодоление препятствий). Занятия проводились ежедневно, длительность одного сеанса составляла 20 минут.

Тестирование проводилось на протяжении всех занятий. Изучались следующие параметры: коэффициент Ромберга QR – отношение площадей теста Ромберга при пробе глаза открыты и при пробе глаза закрыты, показывает соотношение вклада зрительного и проприоцептивного анализаторов. %. Показатель затраченной работы А, ДЖ, среднеквадратичное отклонение (смещение) проекции общего центра давления (ОЦД) по двум осям – фронтальной и сагитальной (X и Y, мм); показатель стабильности Stab %.

Группу сравнения (28 детей) составили больные, прошедшие в течение пребывания в санатории курс занятий на роботизированном комплексе «Экзокисть-2». Каждый ребенок ГС проходил по 10 сеансов реабилитационных процедур с помощью НИМК экзоскелет кисти «Экзокисть-2». Работа НИМК основана на анализе паттернов ЭЭГ, возникающих при воображении разгибания кисти. В течение сеанса ситуация воображения движений каждой руки повторялась 24 раза.

Контрольную группу (КГ) составили 22 пациентов, получивших курс санаторно-курортного лечения. Контроль состояния пациентов проводили по завершении указанного курса реабилитации. Длительность курсового лечения составляла 14 дней. Количество процедур не превышала №8.

Степень нарушения равновесия и двигательной активности пациента измерялась по шкале двигательной активности и устойчивости Тинетти. При работе с субшкалой «Общая устойчивость» оценивалось удержание равновесия с помощью или без помощи рук или вспомогательных средств, а также устойчивость при изменении положения тела. При работе с субшкалой «Походка» оценивалась быстрота начала движений, наличие «пропульсий» и «ретропульсий», темп ходьбы, устойчивость при ходьбе, использование вспомогательных средств. Степень нарушения походки (баллы): 0–10 – значительная; 11–13 – умеренная; 14–15 – легкая; 16 – норма. Степень ограничения двигательной активности и способности сохранять равновесие (баллы): 0–20 – значительное; 21–33 – умеренная; 34–38 – легкая; 39–40 – норма.

Статистическая обработка данных осуществлялась на персональном компьютере с использованием стандартного пакета SPSS v. 23. Определялись средние значения показателей и их ошибки, достоверность между средними величинами вычислялась по t-критерию Стьюдента. Разница считалась статистически достоверной при уровне вероятности $p < 0,05$. При обработке данных также использовались непараметрические критерии (критерий Пирсона – χ^2).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При исследовании двигательной сферы пациентов оценивались показатели устойчивости и удержания равновесия. Суммарный балл по субшкале «Общая устойчивость» в обеих группах составил $9,53 \pm 0,94$. Суммарный балл по субшкале «Походка» – $7,45 \pm 0,13$. Согласно полученным данным, у пациентов исследуемых групп степень нарушения общей устойчивости была значительной. Удержание равновесия у больных ДЦП осуществлялось с помощью рук или вспомогательных средств. Были нарушены возможности вставания, поворотов, наклонов туловища. У больных ДЦП были значительно затруднены параметры начала ходьбы. Шаг был

несимметричный, ходьба – прерывистой с колебаниями во всех плоскостях, усиливающихся при поворотах. Поза туловища при ходьбе была в положении «тройного сгибания» и разгибания. Ограничения двигательной активности и способности сохранять равновесие у больных ДЦП со спастической диплегией были значительными. Сформировавшийся двигательный стереотип затруднял социальную адаптацию пациентов, необходимо было постоянное сопровождение ребенка, уход посторонними лицами.

Анализ стабилOMETрических данных до реабилитации позволил выявить при 1-м исследовании: коэффициент Ромберга (QR) составил в среднем $76.17 \pm 1.67 \%$, показатель затраченной работы (А), 110.06 ± 48.75 ДЖ, среднеквадратичное отклонение (смещение) проекции общего центра давления (ОЦД) по двум осям – фронтальной (Х) – $35,6 \pm 6,35$ мм и сагитальной (У) – $37,32 \pm 6,35$ мм; показатель стабильности (Stab) – $15,49 \pm 6,35 \%$. Согласно полученным в ходе исследования данным, коэффициент Ромберга практически был в два раза ниже среднего показателя у здоровых детей (159 %), что характеризовалось как незначительная динамика площади сатокинезиограммы при открытых и закрытых глазах. Таким образом, зрительный контроль за функцией равновесия у детей с ДЦП практически отсутствовал.

Данные корреляционного анализа взаимосвязи между результатом клинического исследования и данными стабилOMETрии представлены в таблице 1.

Таблица 1
Результаты корреляционного анализа показателей клинических показателей по шкале Тинетти и стабилOMETрических данных у больных ДЦП

Показатели	R	p
Общая устойчивость / QR	0,89	0,002
Походка / QR	0,68	0,004
Общая устойчивость / А	0,23	0,001
Походка / А	0,18	0,003
Общая устойчивость / Stab	0,72	0,04
Походка / Stab	0,47	0,002
Общая устойчивость / ОЦД Х	0,36	0,005
Походка / ОЦД Х	0,3	0,05
Общая устойчивость / ОЦД У	0,72	0,001
Походка / ОЦД У	0,45	0,004

Согласно приведенным данным, отмечается высокая степень корреляции показателей по шкале Тинетти с коэффициентом Ромберга в группах больных ДЦП. Показатель «Общей устойчивости» имел высокую корреляционную зависимость с показателем Stab, ОЦД Y. Корреляционной связи не выявлено между показателями по шкале Тинетти и показателем затраченной работы (А), ОЦД X, слабая связь зафиксирована показатели по шкале Тинетти (Походка) с ОЦД Y, Stab.

Значимая положительная динамика показателей клинического статуса и стабилметрических параметров на фоне стабилотренинга с БОС наблюдалась у пациентов ОГ. Отмечалось достоверное увеличение показателя QR до среднего уровня $108,24 \pm 6,42 \%$ ($p < 0,05$). Больные ГС, прошедшие курс занятий на роботизированном комплексе «Экзокисть-2», так же показали статистически значимую динамику по QR $136,56 \pm 12,34 \%$ ($p < 0,05$), что можно было трактовать как возрастание роли зрительного контроля за поддержанием равновесия. В КГ было отмечено статистически недостоверное снижение показателя QR $68,21 \pm 3,42 \%$ ($p > 0,05$). Энергетические затраты на поддержание позы в ОГ достоверно снизились и достигли средних показателей $56,23 \pm 2,76$ ДЖ, в ГС и КГ произошло незначительное снижение, статистически недостоверное ($98,36 \pm 21,48$ ДЖ $101,45 \pm 36,21$ ДЖ, $p > 0,05$). Статистически достоверной динамики по показателям среднеквадратичное отклонение (смещение) проекции общего центра давления (ОЦД) по двум осям в группах выявлено не было, однако отмечена тенденция на уменьшение данных показателей. Показатель стабильности (Stab) имел тенденцию к возрастанию до уровней: в ОГ $46,28 \pm 2,05 \%$, ГС $44,16 \pm 3,21 \%$ и КГ $38,67 \pm 5,11 \%$ соответственно, $p > 0,05$.

Динамика показателей устойчивости и удержания позы представлена в таблице 2.

Таблица 2

Динамика показателей устойчивости и удержания равновесия у пациентов после проведенного лечения, (M±m)

Общая устойчивость	Показатели в группах (баллы)		
	ОГ (n=28)	ГС (n=28)	КГ (n=22)
Суммарный балл по субшкале «Общая устойчивость»	<u>$9,62 \pm 0,2$</u> $18,85 \pm 0,21 \Delta^*$	<u>$9,53 \pm 0,16$</u> $15,21 \pm 0,18 \Delta^*$	<u>$9,53 \pm 0,16$</u> $11,43 \pm 0,26$
Суммарный балл по субшкале «Походка»	<u>$7,49 \pm 0,16$</u> $7,78 \pm 0,16$	<u>$7,45 \pm 0,13$</u> $7,26 \pm 0,16$	<u>$7,45 \pm 0,13$</u> $7,03 \pm 0,16$

Примечание: в числителе первичные показатели до лечения, в знаменателе – после лечения. Достоверность отличий до и после проведенного лечения: Δ – $p < 0,05$; в сравнении с аналогичными показателями КГ после лечения: * – $p < 0,05$.

Анализируя полученные данные, у пациентов всех групп отмечалась положительная динамика показателей общей устойчивости (статистически достоверная у пациентов ОГ и ГС): при присаживании на стул, вставания из положения лежа, а также улучшилось равновесие при стоянии на одной ноге в течение 5 секунд. Восстановилась правильная биомеханическая локомоция при начале движения ($p < 0,05$). Достоверной положительной динамики других параметров ходьбы не было выявлено ($p > 0,05$). У всех пациентов сохранилось передвижение с использованием вспомогательных средств.

Способность к удержанию равновесия является одним из основных условий в формировании функции самостоятельной ходьбы. У детей эта функция не является врожденной, она формируется постепенно с созреванием основных проводниковых путей от различных сенсорных систем, образования функциональных связей между различными отделами ЦНС. У детей со спастической диплегией детского церебрального паралича в клинической картине заболевания преобладает поражение нижних конечностей. Субстратом органического поражения мозга является повреждение проводников в перивентрикулярном пространстве белого вещества головного мозга. Постуральные расстройства у детей с ДЦП вызваны дисфункцией стато-кинетической системы и, в частности, опорно-двигательного аппарата нижних конечностей за счет патологического мышечного дисбаланса, ограничением активных, пассивных движений, активностью нередуцированных тонических рефлексов, несформированностью физиологических позно-тонических. Преобладающая в норме голеностопная стратегия поддержания равновесия, как наиболее эффективная и менее энергозатратная у детей с данной патологией отсутствует. Так как активность нередуцированных шейного симметричного, лабиринтного рефлексов, спастичность икроножных мышц голени приводит к развитию эквинусных установок в голеностопных суставах, опоре на передние отделы стоп. Баланс туловища помимо активности экстерорецепторов в подошве стоп, от которых идет информация о колебаниях тела, проприорецепции в суставах, информирующих о движении сегментов тела, зависит и от вязкоупругих свойств мышц. Мышца, находящаяся в состоянии постоянного тонического напряжения (спастичности), посылает постоянный поток импульсов, перекрывающих необходимую информацию о положении тела в данный момент и необходимости его изменения с целью восстановления устойчивости. Поэтому в исследуемой группе детей преобладала тазобедренная стратегия, характеризующаяся тем, что движения происходят за счет движений таза, что существенно увеличивает амплитуду, скорость и энергоемкость движений.

Анализируя данные первичного исследования, можно констатировать факт снижения влияния постуральных входов на развитие и поддержание позы, равновесия и передвижения. Две наиболее значимые сенсорные системы (окуломоторная-зрительный анализатор, подошвенная- проприорецепция кожи и стопы, экстерорецепция мышц) предоставляют центральным анализаторам патологически измененную информацию, отсутствует их взаимозаменяемость. Поэтому в реабилитации детей с ДЦП критически важно методами реабилитации

сформировать физиологический поток сенсорной информации от данных двух анализаторов.

Проведенные занятия на стабилметрическом комплексе активизировали оба сенсорных входа. Ребенок, играя на экране, активизирует зрительный постуральный анализатор, одновременно балансируя на стойке двумя ногами, стимулирует подошвенный. Проводимое санаторно-курортное лечение с включением процедур пеллоидотерапии, гидрокинезотерапии вызывает нормализацию мышечного тонуса, снижение уровня спастичности. Таким образом, происходит изменения на уровне мышечного аппарата, активности рецепторов, реагирующих на постоянное напряжение. Статистически значимое увеличение показателя QR в ОГ и КГ свидетельствует о возрастании влияния окуломоторного входа на постуральную устойчивость исследуемых. Снижение QR в КГ свидетельствует об отсутствии активизации окуломоторного контроля, при изменении подошвенного, мышечного в сторону его возрастания после проведенного комплекса санаторно-курортной реабилитации. В целом отмечено увеличение показателя Stab и снижение энергетических затрат на поддержание равновесия, что свидетельствует о выраженном положительном эффекте после комбинированного применения занятий на стабилметрическом комплексе, роботизированном комплексе «Экзокисть-2» и курсовом санаторно-курортном лечении. Преимущество методики игровых занятий на стабилметрическом комплексе заключается в простоте и неинвазивности и практически полном отсутствии противопоказаний. Немаловажным так же является то, что методика является «геймерской», ребенок находится в привычной для себя среде компьютерной игры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что компьютерная стабилметрия – это метод диагностики и реабилитации стато-кинетической системы, позволяющий проводить необходимые исследования в ходе данной реабилитации. Занятия на роботизированном комплексе «Экзокисть-2» помимо активизации мануальной деятельности ребенка оказывают так же положительное влияние на постурологические возможности детей с ДЦП через повышение зрительного контроля за поддержание позы. Влияние санаторно-курортного лечения детей с церебральным параличом невозможно переоценить. Так как, сочетание природных преформированных факторов, современных методов реабилитации, в том числе роботизированных, позволяет повысить эффективность всего реабилитационного комплекса.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда и Республики Крым № 22-15-20035, <https://rscf.ru/project/22-15-20035/>.

Список литературы

1. Барбаева С. Н. Эффективность коррекции нарушений позы у больных детским церебральным параличом / Барбаева С. Н., Кулишова Т. В. // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2016. – Т. 93, №. 2. – С. 17–19.
2. Фролов А. А. Интерфейс мозг-компьютер: нейрофизиологические предпосылки и клиническое применение / Фролов А. А., Бобров П. Д. // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. – 2017. – Т. 67, №. 4. – С. 365–376.
3. Stavsky M. Cerebral palsy—trends in epidemiology and recent development in prenatal mechanisms of disease, treatment, and prevention / Stavsky M., Mor O., Mastrolia S. A. et al. // *Frontiers in pediatrics*. – 2017. – Т. 5. – С. 21.
4. Андреев Д. А. Интегральная характеристика эффективности постурального контроля как концептуальная платформа для оптимизации реабилитационных и восстановительных программ в спорте / Андреев Д. А., Кармазин В. В., Парастаев С. А. // Вестник Российского государственного медицинского университета. – 2017. – №. 6. – С. 5–12.
5. Гореликов А. Е. Современные аспекты стабилometrics и стабилотренинга в коррекции постуральных расстройств / Гореликов А. Е., Мельникова Е. А., Расаулова М. А., Рудь И. М. // Доктор. Ру. – 2017. – №. 11 (140). – С. 51–56
6. Скворцов Д. В. Стабилометрическое исследование: крат. рук. / Д. В. Скворцов. – М.: Маска, 2010. – 176 с.
7. Кожина Г. В. Влияние пассивного тактильного контакта руки на поддержание вертикальной позы человека / Кожина Г. В., Левик Ю. С., Попов А. К. [и др.] // Физиология человека. – 2017. – Т. 43, №. 4. – С. 70–77.
8. Barber L. Medial gastrocnemius muscle volume and fascicle length in children aged 2 to 5 years with cerebral palsy / Barber L., Hastings-Ison T., Baker R. [et al.] // *Developmental medicine & child neurology*. – 2011. – Т. 53, №. 6. – С. 543–548.
9. Lions C. Postural control in strabismic children versus non strabismic age-matched children / Lions C., Bui-Quoc E., Bucci M. P. [et al.] // *Graefes' Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. – 2013. – Т. 251. – С. 2219–2225.
10. Lidbeck C. M. Postural orientation during standing in children with bilateral cerebral palsy / Lidbeck C. M., Gutierrez-Farewik E. M., Broström E. W. [et al.] // *Pediatric physical therapy*. – 2014. – Т. 26, №. 2. – С. 223–229.
11. Shanbhag J. Methods for integrating postural control into biomechanical human simulations: a systematic review. / Shanbhag J., Wolf A., Wechsler I. [et al.] // *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. – 2023. – Т. 20, №. 1. – С. 111.
12. Лунина Н. В. Тренировка постурального баланса в коррекции опоры и ходьбы у детей с двигательными нарушениями / Лунина Н. В., Скорюкова К. С. // Российский журнал спортивной науки: медицина, физиология, тренировка. – 2023. – Т. 2, №. 1 (5). – С. 31–35.
13. Pavão S. L. Assessment of postural control in children with cerebral palsy: a review. / Pavão S. L., dos Santos A. N., Woollacott M. H. [et al.] // *Research in developmental disabilities*. – 2013. – Т. 34, №. 5. – С. 1367–1375.

**DYNAMICS OF STABILOMETRIC INDICATORS IN PATIENTS WITH
CEREBRAL PALSY, SPASTIC DIPLEGIA UNDER THE INFLUENCE OF
EXERCISES ON A STABILOMETRIC PLATFORM, THE ROBOTIC COMPLEX
"EXOHAND-2" IN COMBINATION WITH SANATORIUM TREATMENT**

*Vlasenko S. V.¹, Pavlenko V. B.³, Orekhova L. S.², Biryukova E. A.², Osmanov E. A.¹,
Vlasenko F. S.², Babanov N. D.^{2,4}*

¹*Medical Rehabilitation, Sports Medicine and Adaptive Physical Culture, Evpatoriya, Crimea, Russia*

²*Scientific and Clinical Center "Health and Rehabilitation Technologies", Simferopol, Crimea, Russia*

³*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Republic of the Crimea, Russia*

⁴*Federal Research Center for Innovator and Emerging Biomedical and Pharmaceutical Technologies,
Moscow, Russia*

E-mail: fedor.vlasenko2019@mail.ru

The purpose of this study was to study the dynamics of stabilometric indicators in patients with cerebral palsy, spastic diplegia under the influence of sanatorium-resort treatment using a stabilometric platform, and exercises on the robotic complex "Exohand-2".

We observed 78 children with cerebral palsy, a form of spastic diplegia. The main group (MG) consisted of children (28 children), who were assigned to exercise on the stabiloplatform; the comparison group (28 children) consisted of patients who completed a course of exercises on the robotic complex "Exohand-2" during their stay at the sanatorium. The control group (CG) consisted of 22 patients who received a course of sanatorium-resort treatment. All patients before and after the rehabilitation course were tested according to the Tinetti scale of motor activity and stability. Instrumental diagnostics were carried out using a stabilometric complex.

Statistically significant results on the Romberg index were recorded in the OG 108.24±6.42 % and GS 136.56±12.34 % ($p < 0.05$), which could be interpreted as an increasing role of visual control in maintaining balance. An improvement was also achieved in the MG and GS in terms of stability and balance ($p < 0.05$), with slight positive dynamics on the gait subscale in all groups. In the OG group, positive dynamics were achieved in the form of an increase in the Stab indicator and a decrease in the deviation of GCP along the X and Y axes ($p < 0.05$).

Activation of visual control over the balance function occurred after training on the robotic complex "Exohand-2" in the GS, which allows the complex to be used in case of a deficiency of this type of sensory control over postural stability. If oculomotor, plantar control, or muscle exteroception are impaired, it is necessary to use exercises on the stabiloplatform. Sanatorium-resort treatment, improving the trophic properties of muscles, creates a favorable background on which it is possible to intensify the development of postural stability of a patient with cerebral palsy.

Keywords: cerebral palsy, stabilometry, robotic therapy, rehabilitation.

The study was supported by the Russian Science Foundation grant No. № 22-15-20035, <https://rscf.ru/project/22-15-20035/>.

References

1. Barbaeva S. N., Kulishova T. V. The effectiveness of correction of posture disorders in patients with cerebral palsy, *Issues of balneology, physiotherapy and therapeutic physical culture*, **93**, **2**, 17 (2016). (In Russ.).
2. Frolov A. A., Bobrov P. D. Brain-computer interface: neurophysiological prerequisites and clinical application, *Journal of higher nervous activity— Journal of Higher Nervous Activity*, **67**, **4**, 365 (2017).
3. Stavsky M., Mor O., Mastrolia S. A. et al. Cerebral palsy—trends in epidemiology and recent development in prenatal mechanisms of disease, treatment, and prevention, *Frontiers in pediatrics*, **5**, 21 (2017).
4. Andreev D. A., Karmazin V. V., Parastaev S. A. Integral characterization of the effectiveness of postural control as a conceptual platform for optimizing rehabilitation and rehabilitation programs in sports, *Vestnik Rossiyskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta - Herald. Russian. state medical. University*, **6**, **5** (2017). (In Russ.).
5. Gorelikov A. E., Mel'nikova E. A., Raseulova M. A. [et al.] Current Aspects of Stabilometry and Stability Training in the Treatment of Postural Disorders, *Doktor.Ru*, **11** (**140**), 51 (2017) (In Russ.).
6. Skvortsov D. V. *The stabilometric study* [Stabilometry], 176 (Moscow: Maska, 2010) (In Russ.).
7. Kozhina G. V., Levik Yu. S., Popov A. K. [et al.] Influence of passive tactile contact of the hand on maintaining the vertical posture of a person, *Human Physiol.- Human physiology*, **43**, **4**, 70 (2017) (In Russ.).
8. Barber L., Hastings-Ison T., Baker R. [et al.] Medial gastrocnemius muscle volume and fascicle length in children aged 2 to 5 years with cerebral palsy, *Developmental medicine & child neurology*, **53**, **6**, 543 (2011).
9. Lions C., Bui-Quoc E., Bucci M. P. [et al.] Postural control in strabismic children versus non strabismic age-matched children, *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, **251**, 2219 (2013).
10. Lidbeck C. M., Gutierrez-Farewik E. M., Broström E. W. [et al.] Postural orientation during standing in children with bilateral cerebral palsy, *Pediatric physical therapy*, **26**, **2**, 223 (2014).
11. Shanbhag J., Wolf A., Wechsler I. [et al.] Methods for integrating postural control into biomechanical human simulations: a systematic review, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, **20**, **1**, 111. (2023).
12. Lunina N. V., Skoryukova K. S. Postural balance training in the support and walk correction in children with motor disorders, *Russian Journal of Sports Science: Medicine, Physiology, Training*, **2**, **1** (**5**), 31 (2023) (In Russ.).
13. Pavão S. L., dos Santos A. N., Woollacott M. H. [et al.] Assessment of postural control in children with cerebral palsy: a review, *Research in developmental disabilities*, **34**, **5**, 1367 (2013).