

Возможности реабилитации детей с травмами конечностей после оперативного лечения

О. В. Подгорная¹, М. А. Хан¹, Н. И. Тарасов², Н. Г. Трусова², Ю. И. Лозовая², И. С. Кириллова²

¹ Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы

² Детская городская клиническая больница № 13 имени Н. Ф. Филатова, г. Москва

Цель исследования: научное обоснование применения роботизированной механотерапии в медицинской реабилитации детей с травмами конечностей после проведения оперативного лечения.

Материалы и методы. В исследование вошли 60 детей в возрасте от 6 до 18 лет. С целью определения эффективности реабилитации в динамике были проведены: ортопедический осмотр, лазерная доплеровская флоуметрия, электромиография, психологическое тестирование.

Результаты. Установлено благоприятное влияние роботизированной механотерапии на показатели функционального состояния костно-мышечной системы, микроциркуляторное русло и психоэмоциональный статус детей.

Заключение. Анализ результатов исследования позволяет уточнить механизм лечебного действия роботизированной механотерапии и обосновать необходимость включения ее в программу медицинской реабилитации детей с травмами конечностей после проведения оперативного лечения. Разработанная технология предназначена для специалистов по медицинской реабилитации, лечебной физкультуре, физиотерапевтов, травматологов, педиатров и врачей других специальностей.

Ключевые слова: дети, травма, реабилитация, СРМ-терапия, лазерная доплеровская флоуметрия.

After-Surgery Rehabilitation Options for Pediatric Patients with Limb Injuries

O. V. Podgornaya¹, M. A. Khan¹, N. I. Tarasov², N. G. Trusova², Yu. I. Lozovaya², I. S. Kirillova²

¹ Moscow Center for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow Department of Healthcare

² N. F. Filatov Pediatric City Clinical Hospital No. 13

Study Objective: To provide a scientific rationale for using robot-assisted mechanotherapy in the medical rehabilitation of pediatric patients after surgical treatment for limb injuries.

Materials and Methods: The study included 60 pediatric patients, aged 6 to 18. The following examinations and assessments were performed to evaluate and monitor the efficacy of rehabilitation: an orthopedic examination, laser Doppler flowmetry, electromyoneurography, and psychological testing.

Study Results: The study showed that robot-assisted mechanotherapy improves musculoskeletal function, microcirculatory parameters, and mental and emotional health.

Conclusion: The analysis of the study results helped clarify the mechanisms that explain the beneficial effects of robot-assisted mechanotherapy. It also helped justify the inclusion of these measures in medical rehabilitation programs for pediatric patients who have undergone surgery for limb injuries. This technique was developed to be used by specialists in medical rehabilitation, exercise therapy, physical therapy, and trauma surgery. It can also be useful for pediatricians and other specialists.

Keywords: children, injury, rehabilitation, continuous passive motion, laser Doppler flowmetry.

Необходимость проведения медицинской реабилитации детей с травмами конечностей и их последствиями обусловлена высокой частотой переломов костей (от 11,5% до 30% от общего числа закрытых повреждений), риском развития осложнений, а также снижением посещаемости учебных заведений и успеваемости школьников. К наиболее часто регистрируемым травмам конечностей относятся переломы длинных трубчатых костей, повреждения костных структур и капсульно-связочного аппарата локтевого и коленного суставов. Лечение детей с травмами конечности направлено на анатомическое и функ-

циональное восстановление кости, суставов, окружающих тканей в зоне повреждения и функции конечности в целом [8, 11, 12].

Важной составляющей медицинской реабилитации детей с травмами конечностей является кинезитерапия, которая способствует восстановлению подвижности суставов, увеличению силы мышц, повышению специальной и общей физической работоспособности. Одним из современных видов кинезитерапии является роботизированная механотерапия, позволяющая воспроизводить выбранное движение с точной дозировкой нагрузки, что облегчает выполнение какого-ли-

Кириллова Ирина Сергеевна — врач ЛФК центра медицинской реабилитации ГБУЗ «ДГКБ № 13 им. Н. Ф. Филатова» ДЗМ. 103001, г. Москва, ул. Садовая-Кудринская, д. 15. E-mail: 6057016@mail.ru

Лозовая Юлия Ивановна — к. м. н., врач травматолог-ортопед отделения травматологии и ортопедии ГБУЗ «ДГКБ № 13 им. Н. Ф. Филатова» ДЗМ. 103001, г. Москва, ул. Садовая-Кудринская, д. 15. E-mail: tarasov_doctor@mail.ru

Подгорная Ольга Владимировна — к. м. н., старший научный сотрудник отдела медицинской реабилитации детей и подростков ГАУЗ МНПЦ МРВСМ ДЗМ. 105120, г. Москва, ул. Земляной Вал, д. 53. E-mail: 6057016@mail.ru

Тарасов Николай Иванович — к. м. н., заведующий отделением травматологии и ортопедии ГБУЗ «ДГКБ № 13 им. Н. Ф. Филатова» ДЗМ. 103001, г. Москва, ул. Садовая-Кудринская, д. 15. E-mail: tarasov_doctor@mail.ru

Трусова Наталья Геннадьевна — к. м. н., врач травматолог-ортопед отделения травматологии и ортопедии ГБУЗ «ДГКБ № 13 им. Н. Ф. Филатова» ДЗМ. 103001, г. Москва, ул. Садовая-Кудринская, д. 15. E-mail: tarasov_doctor@mail.ru

Хан Майя Алексеевна — д. м. н., профессор, руководитель отдела медицинской реабилитации детей и подростков ГАУЗ МНПЦ МРВСМ ДЗМ. 105120, г. Москва, ул. Земляной Вал, д. 53. E-mail: 6057016@mail.ru

бо движения пациентом или медицинским специалистом [4, 13, 15].

Роботизированная механотерапия заключается в воспроизведении биомеханически одинаковых пассивных движений на моторизованных аппаратах, например серий ARTROMOT (ORMED GmbH, Германия; DJO Global, США) и Kinetec (Франция). Программное обеспечение этих аппаратов позволяет задавать индивидуальные биомеханические параметры разработки сустава (углы сгибания/разгибания, отведения/приведения и ротации, усилие для преодоления сопротивления мягких тканей в зоне повреждения), контролировать продолжительность процедуры, а также выбрать функционально выгодное исходное положение пациента [5, 10].

С помощью роботизированной механотерапии достигается восстановление подвижности поврежденного сустава и параартикулярных структур. Это происходит за счет дозированного растяжения окружающих тканей при участии заинтересованных в движении мышц в малотравматичном режиме изотонической и изокинетической активности в условиях их произвольного расслабления. Указанный метод широко распространен во взрослой практике после хирургического артроскопического вмешательства на суставах конечностей, а также у пациентов с заболеваниями нервной системы и опорно-двигательного аппарата с остаточными нарушениями двигательных функций (тугоподвижность, контрактуры, фиброзный анкилоз и др.) [1–3, 6]. Однако до настоящего времени отсутствуют публикации о возможности применения роботизированной механотерапии на аппаратах серии ARTROMOT в детской практике, что явилось основанием для проведения настоящего исследования.

Цель исследования: научное обоснование применения роботизированной механотерапии в медицинской реабилитации детей с травмами конечностей после проведения оперативного лечения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследование вошли 60 детей в возрасте от 6 до 18 лет, находившихся на амбулаторно-поликлиническом этапе медицинской реабилитации в ГБУЗ «Детская городская клиническая больница № 13 им. Н. Ф. Филатова» после проведенного хирургического лечения (репозиция перелома, артроскопия). Критерием включения в исследование была недавно возникшая контрактура в суставе (длительностью не более 2 месяцев). Критерий исключения: наличие чувствительных нарушений в области травмы. Группы были сформированы методом рандомизации с учетом локализации травмы. *Основную группу* составили 34 ребенка, *контрольную* — 26 детей. При этом детей с травмой верхней конечности было 52,0%, с травмой нижней конечности — 48,0%. У 13,0% детей на момент проведения роботизированной механотерапии в полости сустава временно располагались металлоконструкции. Группы были сопоставимы по всем клиническим и функциональным данным.

На этапе медицинской реабилитации все дети получали комплексное лечение, направленное на восстановление функциональной активности поврежденной конечности (ортопедическая коррекция, ЛФК). Дополнительно детям основной группы был проведен курс роботизированной механотерапии на аппаратах ARTROMOT E для локтевого и ARTROMOT K для коленного сустава. Время одной процедуры составляло 20–30 минут, курс включал 15 ежедневных процедур. Дети контрольной группы роботизированную механотерапию не получали.

Эффективность медицинской реабилитации оценивали по следующим показателям:

- выраженность клинических симптомов заболевания;
- оценка ортопедического статуса путем сравнения одноименных суставов травмированной и контрлатеральной конечностей;
- данные гониометрии (определение амплитуды движений в суставе с помощью угломера). Нейтральным, 0-положением для локтевого и коленного суставов считали полное разгибание в суставе до 180°; отсчет при ограничении движений в локтевом и коленном суставах проводили в направлении уменьшения полного разгибания;
- состояние микроциркуляции, которое оценивали методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) с помощью отечественного лазерного анализатора капиллярного кровотока ЛАКК-02. ЛДФ позволяет понять общий уровень периферической перфузии, выявить особенности кровотока и его регуляции в микроциркуляторном русле, что особенно важно при дифференцированном подборе терапии и оценке результатов лечения в динамике [7, 9, 14];
- объективная оценка состояния нервно-мышечной системы по данным электронейромиографии (электромиограф Viking Select, Nicolet, США);
- оценка субъективных ощущений с помощью сенсорной аналоговой шкалы (САШ). Оценивали самочувствие, настроение, выраженность болевого синдрома, степень ограничения подвижности сустава, тонус мышц конечности и утомляемость. Динамику субъективных ощущений отслеживали путем ежедневного опроса ребенка с дальнейшим документированием показателей по САШ. Максимальные жалобы соответствовали 10 баллам.

Статистический анализ полученных данных проводился с помощью пакета прикладных программ SPSS 19.0 с использованием статистических методов, включавших параметрические и непараметрические тесты. Для оценки значимости различий выборок с нормальным распределением использовали критерий Стьюдента. Анализ качественных показателей проводили с применением критерия хи-квадрат. Статистически значимыми считали различия при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Основные жалобы детей в раннем послеоперационном периоде были связаны с артралгией в области травмы, ограничением подвижности сустава, нарушением функции конечности и быстрой утомляемостью. При этом умеренные болевые ощущения (3–4 балла) в области локтевого сустава отмечались у 50,0% детей с травмой верхней конечности, а в области коленного сустава — в 75,0% случаев травмы нижней конечности. На момент начала курса роботизированной механотерапии на аппаратах серии ARTROMOT у всех детей определялись сглаженность контуров сустава и значительное уменьшение его подвижности (по данным гониометрии). Уменьшение амплитуды движений в суставах верхней конечности в виде ограничения угла сгибания составило более 90°, разгибания — более 50°; для нижней конечности — более 80° и 10° соответственно. У большинства (80,0%) детей была выявлена мышечная гипотрофия травмированной конечности. Дефицит объема окружности верхней конечности на уровне середины плеча достигал в среднем $1,22 \pm 0,4$ см, дефицит объема окружности ниж-

ней конечности на уровне границы средней и нижней трети бедра — $1,83 \pm 0,6$ см.

Как известно, посттравматические процессы сопровождаются значительными нарушениями микроциркуляции в поврежденном сегменте конечности. Различную степень изменений микроциркуляции отражают амплитудно-частотные спектры кривой ЛДФ. Они информативны и наглядны, так как имеют характерную форму, хорошо запоминаемую визуально и удобную при сравнительной оценке результатов. На основании анализа периферического кровообращения с помощью ЛДФ, проведенной в начале исследования, определили принадлежность детей обследуемых групп к разным типам микроциркуляции.

- Гиперемически-застойный тип регистрировался у 45,0% детей. При этом среднее значение показателя микроциркуляции (М) составляло более 24 пф. ед. В общем уровне флуксуций преобладали пульсовые ритмические колебания, наблюдались увеличение объема крови в артериолах и застойные явления в капиллярном и веноулярном звеньях микроциркуляторного русла. Указанные изменения являются предикторами подавления механизма активной модуляции тканевого кровотока и сопровождаются компенсаторным возрастанием роли пассивной модуляции.
- Спастический тип (33,3% случаев): значение показателя микроциркуляции ниже 24 пф. ед., отмечались застойные явления в веноулярном звене микроциркуляторного русла и увеличение тонуса артериол. Анализ гистограммы выявил преобладание высокочастотных колебаний, что свидетельствует о сохранении способности микрососудов к активному сокращению.
- Нормоциркуляторный тип (21,7% случаев): все показатели ЛДФ были близки к нормальным значениям.

Таким образом, по данным ЛДФ, более чем в 78,0% случаев отмечались изменения микроциркуляции в поврежденных сегментах конечности с преобладанием у 45,0% пациентов патогенетически неблагоприятной реакции адаптации микроциркуляции.

По данным электронейромиографии, исходно у всех детей установлено статистически значимое снижение значений М-ответа, скорости проведения импульса по эфферентным волокнам (СПИЭФФ) моторных нервов и амплитуды электромиографической (ЭМГ) кривой.

Динамическая оценка ортопедического статуса позволила установить улучшение основных исследуемых показателей у детей, получивших курс роботизированной механотерапии на аппаратах серии ARTROMOT. У 85,0% детей основной группы отмечено восстановление контуров суставов, в контрольной группе к концу курса реабилитации параартикулярный отек сохранялся у 80,0% детей. Проводившаяся в динамике гониометрия регистрировала значительное восстановление объема пассивных и активных движений в пораженных суставах конечностей вплоть до нормативных значений у 85,3% детей основной группы вследствие повышения эластичности мышечно-связочного аппарата суставов. Тенденция развития указанной благоприятной динамики отмечалась уже после 2-й процедуры, при этом средние значения прироста углов сгибания/разгибания за одну процедуру составили в основной группе $8^\circ \pm 2^\circ$, а в контрольной группе — несколько меньше ($4^\circ \pm 2^\circ$). Выявленная благоприятная динамика рассматриваемых показателей, вероятно, связана с активизацией обменно-трофических процессов и ускорением кровотока в зоне прямого воздействия, что позволяет нормализовать

функциональное состояние мышечного аппарата, сократить сроки функционального восстановления заинтересованного сустава и конечности в целом. В контрольной группе динамика исследуемых показателей была менее выраженной.

Нормализация окраски кожных покровов над областью пораженных суставов у детей основной группы отмечалась в более ранние сроки: в среднем через $10 \pm 1,3$ дня, тогда как в контрольной группе указанные проявления сохранялись и после курса терапии. Это свидетельствует об улучшении состояния периферического кровообращения на фоне курса СРМ-терапии.

После курса роботизированной механотерапии у детей с травмами верхних и нижних конечностей, по данным ЛДФ, установлена статистически значимая положительная динамика показателей микроциркуляции ($p < 0,05$) как результат улучшения активных и пассивных механизмов модуляции кровотока. Так, при гиперемически-застойном типе микроциркуляции в динамике установлено повышение миогенного тонуса артериол с $1,76 \pm 0,4$ до $2,29 \pm 0,21$ пф. ед. ($p < 0,01$), что указывает на улучшение кровотока в капиллярах. В веноулярном звене зарегистрировано уменьшение застойных явлений, о чем свидетельствует снижение показателя веноулярной активности с $11,7 \pm 0,7\%$ до $9,4 \pm 0,5\%$ ($p < 0,05$). Среднее значение уровня перфузии приблизилось к норме, снизившись с $32,8 \pm 0,8$ до $24,3 \pm 0,6$ пф. ед. ($p < 0,01$). При спастическом типе микроциркуляции на фоне курса СРМ-терапии отмечалась благоприятная динамика показателей миогенного тонуса артериол (с $4,37 \pm 0,6$ пф. ед. в начале курса до $2,6 \pm 0,5$ пф. ед. к концу, $p > 0,05$) и веноулярной активности (изменение этого показателя не достигло статистической значимости, $p > 0,05$). При нормоциркуляторном типе микроциркуляции отрицательной динамики рассматриваемых показателей после лечения не наблюдалось. Анализ результатов ЛДФ в целом свидетельствует о более выраженной реакции микроциркуляторного русла в ответ на курсовое воздействие роботизированной механотерапии после оперативного лечения травмы нижней конечности у детей, на это указывает благоприятная динамика рассматриваемых показателей при всех типах нарушений микроциркуляции. К концу курса СРМ-терапии в основной группе отмечалось более чем трехкратное увеличение числа детей с нормальным типом микроциркуляции. Полученные результаты связаны с коррекцией активных и пассивных механизмов модуляции кровотока в зоне травмированного сегмента конечности на фоне роботизированной механотерапии. В контрольной группе положительные изменения показателей ЛДФ были выражены в меньшей степени.

К концу курса роботизированной механотерапии отмечено улучшение показателей электронейромиографии. Так, у детей с травмой верхней конечности выявлены увеличение амплитуды М-ответа с $2,2 \pm 0,7$ до $4,0 \pm 0,8$ mV ($p > 0,05$), увеличение СПИЭФФ по локтевому нерву с $46,7 \pm 2,4$ до $56,0 \pm 2,3$ ms ($p > 0,05$), а также восстановление показателя амплитуды ЭМГ кривой до значений контрлатеральной конечности. У детей с травмой нижней конечности отмечалась аналогичная динамика. Амплитуда М-ответа большеберцового нерва увеличилась с $1,1 \pm 0,5$ до $2,6 \pm 0,2$ mV ($p < 0,05$), СПИЭФФ — с $43,0 \pm 0,2$ до $47,0 \pm 0,1$ ms ($p < 0,05$), показатель амплитуды ЭМГ кривой восстановился до значений контрлатеральной конечности.

По данным САШ, у 79,4% детей основной группы на фоне СРМ-терапии к 7–8-му дню лечения отмечались уменьшение болевых ощущений на $2,61 \pm 0,7$ балла ($p > 0,1$) в области поврежденного сустава, восстановление подвижности суста-

ва, увеличение амплитуды движений в суставе у всех детей. На фоне уменьшения степени выраженности клинических симптомов со стороны поврежденной конечности у большинства детей (95,0%) основной группы улучшалось общее самочувствие, восстанавливалась двигательная активность в более ранние послеоперационные сроки в сравнении с группой контроля, где изменение указанных показателей было менее выраженным в течение всего периода наблюдения.


Терапевтическая эффективность оценивалась интегрально с учетом динамики клинических симптомов, данных гониометрии, ЛДФ, электронейромиографии и оказалась статистически значимо выше у детей основной группы (93,0%), чем в контрольной группе (77,0%, $p < 0,05$).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенного исследования свидетельствуют о целесообразности включения роботизированной меха-

нотерапии в комплексную реабилитацию детей с травмами конечностей. Благоприятное влияние роботизированной механотерапии на клинико-функциональное состояние костно-мышечной системы подтверждается данными лазерной доплеровской флоуметрии, электронейромиографии и результатами психологического тестирования. Систематические длительные и безболезненные воздействия на суставы в рамках СРМ-терапии снижают эмоциональное напряжение ребенка, увеличивают его стремление к занятиям, а также расширяют возможности медицинской реабилитации в педиатрии. Комплексное лечение детей с травмами конечностей с включением в программу медицинской реабилитации роботизированной механотерапии позволяет в более ранние сроки восстановить функциональную подвижность заинтересованного сустава, о чем свидетельствует более высокая терапевтическая эффективность в основной группе детей в сравнении с контрольной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдулхабирова М. А., Мирошниченко А. П., Дедюрин А. А., Мурашина И. В. и др. Реабилитация пациентов после остеосинтеза переломов лодыжек современными металлоконструкциями с помощью аппаратов АРТРОМОТ(R) // *Современные научные исследования и инновации*. 2012. № 10.
2. Бодрова Р. А., Долгополов А. С., Хабибуллина Л. Р. Оценка эффективности применения СРМ-терапии в реабилитации пациентов после тотального эндопротезирования коленного сустава // *Материалы III Всерос. конгресса «Медицина для спорта — 2013»*. М., 2013. 345 с.
3. Гаркавенко Ю. Е., Поздеев А. П. Аппаратная коррекция приобретенных деформаций нижних конечностей у детей // *Материалы науч.-практ. конференции детских травматологов-ортопедов России «Актуальные вопросы детской травматологии и ортопедии»*. Воронеж, 2004. С. 334–335.
4. Епифанов В. А. Медицинская реабилитация. М.: МЕДпресс-информ. 2005. 328 с.
5. Желтов Р. В., Щеткин В. А., Косолапов Д. А. Применение ранней механотерапии у пострадавших с сочетанной и множественной травмой в условиях реанимационного отделения стационара скорой помощи // *Труды науч.-практ. конференции «Реабилитация при патологии опорно-двигательного аппарата» к 95-летию со дня рождения А. Ф. Каптелина*. М., 2011. 126 с.
6. Канкулова Е. А. Влияние роботизированной механотерапии на улучшение двигательных функций в раннем восстановительном периоде ишемического инсульта: Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М., 2011. 20 с.
7. Козлов В. И., Азизов Г. А., Гурова О. А., Литвин Ф. Б. Лазерная доплеровская флоуметрия в оценке состояния и расстройств микроциркуляции крови. Метод. пособие для врачей. М.: изд-во РУДН ГНЦ лазерной медицины, 2011. 32 с.
8. Корнилов Н. В. Травматология и ортопедия. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. 592 с.
9. Кульчицкая Д. Б., Кончужова Т. В., Миненков А. А., Колбая Л. И. Технологии восстановительной медицины в коррекции микроциркуляторных нарушений у больных гонартрозом // *Вопр. курортологии, физиотерапии и лечеб. физ. культуры*. 2012. Т. 89. № 1. С. 14–16.
10. Ломтатидзе Е. Ш., Маркин В. А., Сараев А. В., Мирошниченко А. П. и др. Применение СРМ-терапии у пациентов после травм и ортопедических операций в амбулаторной практике // *Вестн. последиплом. мед. образования*. 2012. № 2. С. 31–33.
11. Меркулов В. Н., Дорохин А. И., Стужина В. Т., Ельцин А. Г. и др. Лечение переломов области локтевого сустава у детей и подростков // *Вестн. травматологии и ортопедии им. Н. Н. Приорова*. 2011. № 2. С. 38–45.
12. Немсадзе В. П., Тарасов Н. И. Тактика лечения поврежденных костей, образующих локтевой сустав, у детей // *Оптимальные технологии диагностики и лечения в детской травматологии и ортопедии, ошибки и осложнения. Материалы симпозиума детских травматологов-ортопедов России*. Волгоград, 2003. С. 142–143.
13. Подгорная О. В., Выборнов Д. Ю., Прохорова Е. С., Орус-оол В. К. и др. Применение гальваногрязелечения в комплексной реабилитации детей с хроническим посттравматическим синовитом коленного сустава // *Доктор.ру. Аппаратная реабилитация*. 2012. № 10. С. 79–82.
14. Старосветская О. А., Кульчицкая Д. Б., Нагорнев С. Н., Пузырева Г. А. Влияние курсового применения импульсного электростатического поля на показатели микроциркуляции у больных нейроциркуляторной дистонией по гипертоническому типу // *Вестн. восстанов. медицины*. 2013. № 1. С. 10–13.
15. Труды Научно-практической конференции «Реабилитация при патологии опорно-двигательного аппарата» к 95-летию со дня рождения Алексея Фёдоровича Каптелина / Под ред. С. П. Миронова, Г. Е. Ивановой, Б. А. Поляковой, М. Б. Цыкуновой. М., 2011. 126 с. 

Библиографическая ссылка:

Подгорная О. В., Хан М. А., Тарасов Н. И., Трусова Н. Г. и др. Возможности реабилитации детей с травмами конечностей после оперативного лечения // *Доктор.Ру. Анестезиология и реаниматология. Медицинская реабилитация*. 2015. № 15 (116) — № 16 (117). С. 77–80.