



Применение импульсного низкочастотного электростатического поля при повреждениях капсульно-связочного аппарата коленного сустава у детей: проспективное открытое рандомизированное сравнительное исследование

Вахова Е.Л.^{*1,2}, Выборнов Д.Ю.^{3,6}, Турова Е.А.^{1,2}, Корчажкина Н.Б.^{4,5}, Исаев И.Н.³, Почкин Е.О.¹

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

²Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России, Москва, Россия

³Детская городская клиническая больница им. Н.Ф. Филатова Департамента здравоохранения Москвы, Москва, Россия

⁴Российский научный центр хирургии им. академика Б.В. Петровского, Москва, Россия

⁵Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова Минздрава России, Москва, Россия

⁶Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Актуальность проблемы реабилитации детей с повреждениями коленных суставов обусловлена высокой распространенностью травм данной локализации, приводящих к утрате функции конечности и нередко требующих оперативного лечения и интенсивной реабилитации.

ЦЕЛЬ. Научное обоснование применения импульсного низкочастотного электростатического поля изолированно и в комплексе с роботизированной механотерапией при повреждениях капсульно-связочного аппарата коленного сустава у детей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ. В клиническое исследование включены 60 детей в возрасте от 13 до 18 лет с повреждением капсульно-связочного аппарата коленного сустава. Из них основную группу представили 30 детей, получивших комплексное воздействие импульсного низкочастотного электростатического поля и роботизированной механотерапии: группу сравнения – 30 детей, получивших воздействие импульсного низкочастотного электростатического поля. Медицинская реабилитация началась после артроскопических операций, в раннем постиммобилизационном периоде. Для определения эффективности применения технологий медицинской реабилитации использовалась оценка ортопедического статуса, субъективное определение степени выраженности болевого синдрома по ВАШ, клиническая оценка двигательного дефицита, лазерная доплеровская флоуметрия, ультразвуковое исследование коленных суставов, инфракрасная термография, психологическое тестирование по шкале Спилберга-Ханина.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Проведенное проспективное открытое рандомизированное сравнительное исследование позволило установить более выраженный регресс болевого синдрома, более раннее восстановление амплитуды движений в поврежденном суставе и купирование признаков посттравматического синовита при комплексном применении двух физических факторов у детей с повреждением капсульно-связочного аппарата коленного сустава. Полученные клинико-функциональные результаты имеют большое значение при повреждениях коленного сустава с риском формирования контрактур в послеоперационном периоде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Высокая терапевтическая эффективность, хорошая переносимость процедур, отсутствие побочных реакций обосновывает целесообразность внедрения импульсного низкочастотного электростатического поля в комплексе с роботизированной механотерапией при повреждениях капсульно-связочного аппарата коленного сустава у детей в практику работы детских лечебно-профилактических медицинских организаций.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: дети, травма, коленный сустав, медицинская реабилитация, импульсное низкочастотное электростатическое поле, роботизированная механотерапия

Для цитирования: Vakhova E.L., Vybornov D.Y., Turova E.A., Korchazhkina N.B., Isaev I.N., Pochkin E.O. Pulse Low-Frequency Electrostatic Field Application for Injuries of Knee Joint Capsular Ligament Apparatus in Children: a Prospective Randomized Comparative Study. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022; 21 (4): 71-78. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-4-71-78>

***Для корреспонденции:** Вахова Екатерина Леонидовна, e-mail: vel_1202@mail.ru

Статья получена: 05.05.2022

Поступила после рецензирования: 16.06.2022

Статья принята к печати: 23.06.2022

Pulse Low-Frequency Electrostatic Field Application for Injuries of Knee Joint Capsular Ligament Apparatus in Children: a Prospective Randomized Comparative Study

Ekaterina L. Vakhova*^{1,2}, Dmitry Y. Vybornov^{3,6}, Elena A. Turova^{1,2}, Natalya B. Korchazhkina^{4,5}, Ivan N. Isaev³, Evgeniy O. Pochkin¹

¹Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow, Russian Federation

²Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

³Filatov Children's City Hospital, Moscow, Russian Federation

⁴Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russian Federation

⁵Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russian Federation

⁶Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

INTRODUCTION. Rehabilitation of children with knee joint injuries is very relevant due to a high prevalence of such a localization of injuries leading to loss of limb function and often requiring surgical treatment and intensive rehabilitation.

AIM. To establish scientifically the isolated use of low-frequency pulsed electrostatic field and in combination with robotic mechanotherapy in treatment of the knee joint capsular ligamentous apparatus injuries in children.

MATERIAL AND METHODS. 60 children aged 13 to 18 years with damage to the capsular ligamentous apparatus of the knee joint were included in the clinical study. The study group was represented by 30 children receiving a combined effect of the low-frequency pulsed electrostatic field and robotic mechanotherapy. A comparison group of 30 children was exposed to the low-frequency pulsed electrostatic field. Medical rehabilitation was prescribed in the early post-immobilization period after arthroscopic operations. To determine the effectiveness of medical rehabilitation techniques, we used orthopedic status assessment, a subjacent determination of the severity of pain syndrome according to the VAS, clinical assessment of motor deficit, laser Doppler flowmetry, ultrasound examination of knee joints, infrared thermography, and psychological testing using the Spielberg-Hanin scale.

RESULTS AND DISCUSSION. A prospective open randomized comparative study revealed a more pronounced regression of pain syndrome, earlier restoration of the motions in the injured joint, and relief of posttraumatic synovitis signs when using two physical factors in children with damage to the capsule-ligament apparatus of the knee joint in combination. The clinical and functional results obtained are of great importance in injuries of the knee joint with the risk of contracture formation in the postoperative period.

CONCLUSION. High therapeutic efficacy, good tolerability of procedures, and the absence of adverse reactions substantiate expediency of the low frequency pulsed electrostatic field introduction in combination with robotic mechanotherapy for injuries of the capsular ligamentous apparatus of the knee joint in children into the practice of children's medical and preventive medical organizations.

KEYWORDS: children, trauma, knee joint, medical rehabilitation, low-frequency pulsed electrostatic field, robotic mechanotherapy

For citation: Vakhova E.L., Vybornov D.Y., Turova E.A., Korchazhkina N.B., Isaev I.N., Pochkin E.O. Pulse Low-Frequency Electrostatic Field Application for Injuries of Knee Joint Capsular Ligament Apparatus in Children: a Prospective Randomized Comparative Study. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022; 21 (4): 71-78. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-4-71-78>

***For correspondence:** Ekaterina L. Vakhova, e-mail: vel_1202@mail.ru

Received: May 05, 2022

Revised: Jun 16, 2022

Accepted: Jun 23, 2022

ВВЕДЕНИЕ

Патология коленного сустава у детей является актуальной проблемой в детской травматологии, ортопедии и педиатрии. Частота повреждений коленного сустава определяется сложностью его строения, особенностями биомеханики с высокой вероятностью перегрузки. При этом внутрисуставные повреждения у детей и подростков, составляя до 7% в структуре стационарной патологии, являются причиной выраженных функциональных нарушений нижней конечности, риска развития посттравматического остеоартроза [1-4]. В настоящее время установлено, что любая травма внутрисуставных структур коленного сустава вызывает воспалительную реакцию со стороны синовиальной оболочки.

Повреждения коленных суставов у детей требуют тщательного персонализированного подхода как

к диагностике, так и к выбору тактики ведения пациента ввиду многообразия видов травм, особенностей клинических проявлений у детей.

В последние годы существенно возрос уровень травматолого-ортопедической помощи детям. Широкое применение артроскопии значительно повышает качество и эффективность как диагностического процесса, так и оперативного лечения. Но как бы виртуозно не была проведена операция, полное восстановление функции поврежденной конечности возможно лишь при проведении этапной медицинской реабилитации.

Каскад биомеханических нарушений, психологические изменения после травмы, высокий риск развития хронических и рецидивирующих синовитов определяют необходимость оптимизации программ медицинской реабилитации детей с травмой коленного сустава, с учетом комплексной реакции сустава на

травматическое воздействие, результатов оценки функционального состояния конечности в целом с применением специального обследования [2, 5-7].

В настоящее время разработан широкий спектр немедикаментозных технологий медицинской реабилитации в педиатрии, которые находят свое применение и в медицинской реабилитации детей с травмой коленного сустава. Изучены дифференцированные подходы к назначению физиотерапии в раннем послеоперационном периоде у детей с повреждением капсульно-связочного аппарата коленного сустава. Вместе с тем, недостаточно научно обоснованных рекомендаций по медицинской реабилитации таких детей в постиммобилизационном периоде.

Развитие микроциркуляторных нарушений в ответ на любую травму коленного сустава, высокий риск развития хронических посттравматических синовитов является патогенетическим основанием для разработки новых эффективных технологий медицинской реабилитации в послеоперационном периоде [5, 8, 9].

Новой для педиатрии технологией является импульсное низкочастотное электростатическое поле (ИНЭСП), биологические эффекты которого способны оказывать положительное воздействие на течение посттравматического процесса. В настоящее время применение ИНЭСП изучено при различных патологических состояниях у взрослых пациентов, в т.ч. при травмах. Возможность применения импульсного низкочастотного электростатического поля при повреждениях капсульно-связочного аппарата коленного сустава у детей не изучалась.

Импульсное низкочастотное электростатическое поле возникает между рукой специалиста по физиотерапии (или ручным аппликатором) и поверхностью тела пациента, что приводит к возникновению вибраций в тканях различной интенсивности и степени распространения вглубь тканей. Колебательные процессы в тканях или «глубокая осцилляция тканей» происходят, преимущественно, в сагиттальном направлении и регулируются аппаратом по интенсивности импульсов (от 0 до 430 В) и соотношению длительности импульса к продолжительности паузы (мс, от 1:3 до 3:1). Оптимизация воздействия возможна за счет применения минимального значения интенсивности, способного вызвать вибрацию в тканях, а также постепенного увеличения соотношения длительности импульса к продолжительности паузы. Ритмичные колебания тканей осуществляются с определенной частотой, в зависимости от которой достигаются различные терапевтические эффекты. Так, с высоких частот (80-200 Гц), как правило, начинают процедуру, что вызывает активацию гемо-лимфодинамики, купирование болевого синдрома, устранение уплотнений в тканях. На средних частотах (25-80 Гц) продолжают процедуру, что приводит к выраженному снижению тонуса мышц, улучшению трофики тканей. Низкими частотами (5-25 Гц) завершают процедуру, мобилизуя ткани, способствуя расширению сосудов, активации венозного и лимфатического оттока, снижению тонуса дыхательной мускулатуры.

Перспективным направлением современной физиотерапии является разработка сочетанных и комплексных воздействий различных физических факторов,

с целью оптимизации программ реабилитации, повышения эффективности лечения. Данные об эффективности применения высокотехнологического оборудования для роботизированной механотерапии (РМТ) при переломах костей у детей (раннее восстановление амплитуды движений в суставах поврежденной конечности, противоотечное, дефибрирующее, трофическое действие) послужили основанием для ее комплексного применения с импульсным низкочастотным электростатическим полем при повреждениях капсульно-связочного аппарата коленного сустава у детей.

СРМ-терапия (Continuous Passive Motion) – современная кинезиотерапевтическая технология, в основе которой лежит принцип «непрерывных пассивных движений», реализуемый с использованием специальных моторизированных аппаратов-роботов с целью восстановления амплитуды движений в суставах поврежденной конечности.

Травматический процесс запускает механизмы моторной денервации, функциональные и морфологические изменения в мышцах и суставах иммобилизованной конечности. В основе этих изменений лежит и локальное влияние самой травмы, непосредственно повреждающей мышечную и сухожильную ткани, нарушающей функцию рецептивных полей конечности.

Основным действующим фактором роботизированной механотерапии является улучшение кровоснабжения в зоне патологически измененных тканей. Действие роботизированной кинезиотерапии направлено, прежде всего, на активацию обменно-трофических процессов в зоне травмы; восстановление амплитуды движений в суставах больного сегмента; восстановление мышечной массы и тонуса мышц поврежденной конечности. Многократные пассивные движения в суставе в условиях мышечной релаксации, деликатного растяжения параартикулярных тканей способствуют более раннему восстановлению функции поврежденной конечности.

Преимуществами СРМ-терапии, определяющими перспективность ее применения в педиатрии являются безболезненность осуществляемых механических воздействий, возможность проведения систематических и длительных процедур. Сокращение сроков медицинской реабилитации под воздействием СРМ-терапии способствует раннему восстановлению функциональных резервов детского организма, улучшению психологического статуса ребенка [8, 13, 14].

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научное обоснование применения импульсного низкочастотного электростатического поля изолированно и в комплексе с роботизированной механотерапией при повреждениях капсульно-связочного аппарата коленного сустава у детей.

Задачи исследования:

1. Изучение влияния импульсного низкочастотного электростатического поля изолированно и в комплексе с роботизированной механотерапией на показатели ортопедического статуса у детей с повреждениями капсульно-связочного аппарата коленного сустава.

2. Изучение влияния импульсного низкочастотного электростатического поля изолированно и в комплексе с роботизированной механотерапией на показатели ультразвукового исследования, инфракрасной термографии, на состояние микроциркуляции у детей с повреждениями капсульно-связочного аппарата коленного сустава.

3. Определение терапевтической эффективности импульсного низкочастотного электростатического поля изолированно и в комплексе с роботизированной механотерапией при повреждениях капсульно-связочного аппарата коленного сустава у детей.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Проведено открытое рандомизированное проспективное сравнительное клиническое исследование. В исследование были включены 60 детей в возрасте от 13 до 17 лет – с повреждениями капсульно-связочного аппарата коленного сустава, которые были разделены при случайной выборке методом простой рандомизации на основную группу и группу сравнения. 1 группа (основная) – 30 детей получили комплексное воздействие импульсного низкочастотного электростатического поля и роботизированной механотерапии; 2 группа (сравнения) – 30 детей получили воздействие импульсного низкочастотного электростатического поля. Дети 1 и 2 группы получали комплекс лечебной гимнастики.

Критерии включения в исследование:

- наличие у ребенка повреждения капсульно-связочного аппарата коленного сустава;
- состояние ребенка на этапе после артроскопического вмешательства, ранний постиммобилизационный период;
- клиническое состояние, требующее уменьшения проявлений воспаления, боли и ликвидации нарушений функции коленного сустава.

Критерии невключения в исследование:

- наличие противопоказаний к лечению;
- невозможность выполнения исследования.

Для оценки эффективности курса реабилитации и состояния моторной функции кисти были использованы следующие методики:

- определение ортопедического статуса (гониометрия, длина окружности поврежденной конечности);
- субъективное определение степени выраженности болевого синдрома по данным визуальной аналоговой шкалы (ВАШ);
- клиническая оценка двигательного дефицита (Medical Research Council Scale, 1984);
- лазерная доплеровская флоуметрия (ЛДФ), аппарат «ЛАКК-ОП»;
- ультразвуковое исследование (УЗИ) коленных суставов, аппарат «Logic S8 General Electric»;
- инфракрасная термография, термограф «Иртис-2000»;
- психологическое тестирование по шкале Спилберга-Ханина.

Результаты исследований (анализируемые параметры) подвергнуты статистической обработке с использованием стандартных компьютерных программ STATISTIKA 7.0 и SPSS 15.0 и клинической интерпретации.

Описание медицинского вмешательства

Медицинская реабилитация назначалась детям после проведения артроскопических операций, в раннем постиммобилизационном периоде в амбулаторно-поликлинических условиях. Индивидуальная программа медицинской реабилитации проводилась при участии мультидисциплинарной реабилитационной команды, основными участниками которой являются врач травматолог-ортопед, врач физиотерапевт, врач ЛФК, инструктор ЛФК, медсестра по физиотерапии.

Комплексное применение физических факторов заключалось в последовательном применении ИНЭСП на область нижней конечности, роботизированной механотерапии и ЛФК.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

После завершения исследования был проведен анализ результатов курса медицинской реабилитации. При рассмотрении полученных результатов было выявлено, что в структуре повреждений коленного сустава у детей преимущественно отмечался травматический вывих надколенника в сочетании с повреждением медиальной пателлофemorальной связки (50%); в меньшей степени – повреждение передней крестообразной связки в сочетании с повреждением менисков (33,3%), изолированное повреждение передней крестообразной связки (5%), повреждение менисков (8,3%), медиальной пателлофemorальной связки (3,3%). Средний возраст детей составил $16,87 \pm 1,24$ лет, в соотношении полов 1:1 (по 30 детей). Из анамнеза известно о преобладании уличного травматизма – 55,0% (n=33).

На основании проведенных исследований установлена положительная динамика клинических симптомов уже после второй-третьей процедуры в виде улучшения общего состояния за счет уменьшения боли в 1 и 2 группах (с $1,98 \pm 0,01$ до $1,56 \pm 0,1$ и с $1,84 \pm 0,02$ до $1,65 \pm 0,21$, баллы, $p > 0,05$), мышечной релаксации в области травмы, улучшения настроения и сна.

К концу курса зарегистрировано достоверно более выраженное снижение интенсивности боли у пациентов 1 группы (основная) под влиянием комплексного применения ИНЭСП и РМТ (с $1,82 \pm 0,02$ до $0,04 \pm 0,002$, баллы, $p < 0,05$) по сравнению со 2 группой (сравнения), получавшей ИНЭСП (с $1,98 \pm 0,01$ до $0,25 \pm 0,001$, баллы, $p < 0,05$).

Результаты динамической гониометрии свидетельствовали о достоверно более значимом увеличении амплитуды движений в коленном суставе у детей под влиянием комплексного применения физических факторов. Уменьшение дефицита мышечной массы бедра отмечалось в обеих группах, без существенной разницы в показателях.

Ранний регресс болевого синдрома, восстановление амплитуды движения в поврежденном суставе способствовали постепенному увеличению показателя мышечной силы (Medical Research Council Scale, 1984), характеризующегося изменением в 1 и 2 группах соответственно – с $2,1 \pm 0,12$ до $4,1 \pm 0,23$, баллы ($p < 0,05$) и с $2,1 \pm 0,13$ до $2,6 \pm 0,93$, баллы ($p > 0,05$).

Результаты исследования капиллярного кровотока методом ЛДФ позволили установить улучшение

кровотока в капиллярах, характеризующееся достоверной положительной динамикой показателя перфузии тканей кровью у детей в группе детей, получивших комплексное применение ИНЭСП и РМТ (с $6,3 \pm 0,42$ до $8,5 \pm 0,22$ пф.ед., $p < 0,05$).

Кроме того, у детей основной группы отмечалось улучшение кровотока в капиллярах в виде увеличения нормированного показателя колебаний миогенного диапазона (АМ/3 $\sigma \times 100\%$) с $11,21 \pm 0,56$ до $17,84 \pm 0,37$ пф.ед., $p < 0,05$, колебаний сердечного ритма (АС/3 $\sigma \times 100\%$) с $9,51 \pm 0,36$ до $13,81 \pm 0,34$ пф.ед., $p < 0,05$ и уменьшением вклада дыхательных флуксуций (АД/3 $\sigma \times 100\%$) с $12,44 \pm 0,13$ до $2,8 \pm 0,13$ пф.ед., $p < 0,05$, что свидетельствовало об улучшении тонуса сосудов микроциркуляторного русла и венозного возврата. В группе сравнения динамика показателей не была статистически значимой.

Важным методом оценки посттравматических воспалительных изменений мягких тканей сустава, эффективности проводимых реабилитационных мероприятий является УЗИ коленных суставов, данные которого свидетельствовали о нивелировании признаков воспаления в области коленного сустава у детей, более выраженные в группе детей получивших комплексное применение физических факторов. Так, в основной группе после курса лечения наличие жидкости в полости сустава отмечалось только у 13,3% детей. При этом отечность мягких тканей, утолщение синовиальной оболочки; неоднородность структуры, нечеткость контуров менисков регистрировалось лишь в 6,6% случаев. В группе сравнения отмечалась менее выраженная положительная динамика.

Противовоспалительный эффект комплексного применения ИНЭСП и РМТ подтверждался и данными термографии с использованием термографа с компьютерной диагностической системой, показатели которой свидетельствовали об устранении термоасимметрии параатрикулярных тканей поврежденного и симметричного суставов за счет снижения температуры в области повреждения.

Регресс болевого синдрома, улучшение функционального состояния организма ребенка сопровождались улучшением психо-эмоционального состояния детей в виде достоверного снижения уровня ситуативной тревожности в обеих группах: с $49,5 \pm 1,33$ до $29,1 \pm 0,12$ баллов ($p < 0,05$) и с $49,8 \pm 1,04$ до $30,3 \pm 0,14$ баллов ($p < 0,05$), соответственно в 1 группе (основная) и 2 (сравнения).

Совокупная оценка результатов лечения позволила установить более выраженный статистически значимый терапевтический эффект при комплексном применении двух физических факторов – ИНЭСП и РМТ (96,7%), чем при изолированном воздействии ИНЭСП (76,7%), $\chi^2 = 5,192$, $p = 0,02$.

Результаты исследований позволили установить целесообразность и высокую эффективность комплексного применения ИНЭСП и РМТ у детей с повреждением капсульно-связочного аппарата коленного сустава.

По результатам работы изучен механизм формирования лечебного действия ИНЭСП, установлено обезболивающее, противовоспалительное и трофикорегенераторное действие этого физического фактора. Доказан более выраженный терапевтический эффект

при комплексном применении двух физических факторов – ИНЭСП и роботизированной механотерапии в медицинской реабилитации детей с травмой коленного сустава.

Травма нижней конечности, продолжительный период иммобилизации запускают процесс посттравматического синовита, а также каскад биомеханических нарушений, сопровождающийся выраженной гипотрофией мышц поврежденной конечности, регрессом мышечной силы.

Несмотря на умеренный отек в области повреждения, незначительный болевой синдром в послеоперационном периоде данные исследований свидетельствовали о наличии выраженного посттравматического синовита в области коленного сустава. При этом данные эхографической картины коррелировали с изменениями показателей инфракрасной термографии. Купирование воспалительной реакции, наиболее выраженное при комплексном применении физических факторов, способствует предупреждению хронизации процесса, развития дистрофических изменений в суставе. Об активации трофико-регенераторных процессов в области повреждения под влиянием комплексного применения физических факторов свидетельствовала положительная динамика показателей ЛДФ.

Нивелирование воспалительной реакции в суставе, регресс болевого синдрома, увеличение амплитуды движений в коленном суставе сопровождались уменьшением степени гипотрофии, увеличением мышечной силы поврежденной конечности, что является базисом для своевременного восстановления ее функционального состояния.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, комплексная оценка результатов проведенных исследований позволила установить целесообразность и высокую эффективность применения импульсного низкочастотного электростатического поля изолированно и в комплексе с роботизированной механотерапией при повреждениях капсульно-связочного аппарата коленного сустава, после артроскопических операций, в раннем постиммобилизационном периоде.

Отмечен более выраженный регресс болевого синдрома, более раннее восстановление амплитуды движений в поврежденном суставе и купирование признаков посттравматического синовита при комплексном применении двух физических факторов – ИНЭСП и РМТ, чем при изолированном применении ИНЭСП у детей с повреждением капсульно-связочного аппарата коленного сустава.

Полученные клинико-функциональные результаты имеют большое значение при повреждениях коленного сустава с риском формирования контрактур в послеоперационном периоде.

Высокая терапевтическая эффективность, хорошая переносимость процедур, отсутствие побочных реакций обосновывает целесообразность внедрения импульсного низкочастотного электростатического поля в комплексе с роботизированной механотерапией при повреждении капсульно-связочного аппарата коленного сустава у детей в практику работы детских лечебно-профилактических медицинских организаций.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО**Информация об авторах:**

Вахова Екатерина Леонидовна, кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела медицинской реабилитации детей и подростков, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения Москвы; доцент кафедры восстановительной медицины, реабилитации и курортологии, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России.

E-mail: vel_1202@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4509-7120>

Выборнов Дмитрий Юрьевич, доктор медицинских наук, профессор, главный внештатный детский специалист травматолог-ортопед Департамента здравоохранения города Москвы; заместитель главного врача по медицинской части, Детская городская клиническая больница им. Н.Ф. Филатова Департамента здравоохранения Москвы; профессор кафедры детской хирургии, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова.

E-mail: dgkb13@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-8785-7725>

Турова Елена Арнольдовна, доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения Москвы; профессор кафедры восстановительной медицины, реабилитации и курортологии, Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России.

E-mail: aturova55@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4397-3270>

Корчажкина Наталья Борисовна, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный врач Российской Федерации, заместитель директора по научно-образовательной работе и реабилитации, Российский научный центр хирургии им. академика Б.В. Петровского; профессор кафедры восстановительной медицины и биомедицинских технологий, Московский государственный медико-стоматологический университет им. А.И. Евдокимова Минздрава России.

E-mail: n9857678103@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6913-8778>

Исаев Иван Николаевич, врач травматолог-ортопед отделения травматологии и ортопедии, Детская городская клиническая больница им. Н.Ф. Филатова Департамента здравоохранения Москвы.

E-mail: i.n.isaev@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7899-5800>

Почкин Евгений Олегович, врач травматолог-ортопед, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения Москвы.

E-mail: po4kin_eo@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9103-4155>

Вклад авторов:

Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом:

Вахова Е.Л. – обзор публикаций по теме статьи, дизайн работы, написание текста рукописи; Выборнов Д.Ю. – концепция и дизайн работы, научная редакция текста рукописи;

Турова Е.А. – проверка критически важного содержания, научная редакция текста рукописи; Корчажкина Н.Б. – проверка критически важного содержания, научная редакция текста рукописи;

Исаев И.Н. – проверка критически важного содержания, научная редакция текста рукописи; Почкин Е.О. – обзор публикаций по теме статьи, выполнение текстовой части работы.

Источник финансирования:

Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов:

Авторы декларируют отсутствие других явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи

Этическое утверждение:

Протокол № 1 заседания Локального этического комитета при ГАУЗ «Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины» Департамента здравоохранения г. Москвы от 06.02.2020 г. НИР проводилась в соответствии с протоколом исследования, с информированием пациента о проведении исследования и подписания информированного согласия, с ведением индивидуальной регистрационной карты, листа учета побочных явлений.

ADDITIONAL INFORMATION**Information about the authors:**

Ekaterina L. Vakhova, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine; Associate Professor of the Department of Restorative Medicine, Rehabilitation and Balneology, Sechenov First Moscow State Medical University.

E-mail: vel_1202@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4509-7120>

Dmitry Y. Vybornov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Chief Freelance Pediatric Traumatologist-Orthopedist of the Moscow City Health Department; Deputy Chief Physician for Medical Affairs, Filatov Children's City Clinical Hospital; Professor of the Department of Pediatric Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University.

E-mail: dgkb13@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-8785-7725>

Elena A. Turova, Dr. Sci. (Med.), Professor, Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine; Professor of the Department of Restorative Medicine, Rehabilitation and Balneology, Sechenov First Moscow State Medical University.

E-mail: aturova55@yandex.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-4397-3270>

Nataliya B. Korchazhkina, Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Doctor of the Russian Federation, Deputy Director of Scientific and Educational Work and Rehabilitation, Petrovsky National Research Centre of Surgery; Professor of the Department of Restorative Medicine and Biomedical Technologies, Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry.

E-mail: n9857678103@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-6913-8778>

Ivan N. Isaev, Traumatologist Orthopedist, Filatov Children's City Hospital.

E-mail: i.n.isaev@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0001-7899-5800>

Evgeny O. Pochkin, Traumatologist Orthopedist, Moscow Scientific and Practical Center for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine.

E-mail: po4kin_eo@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9103-4155>

Authors' contributions:

All authors confirm their authorship according to the ICMJE criteria (all authors contributed significantly to the conception, study design and preparation of the article, read and approved the final version before publication).

Special contribution:

Vakhova E.L. – review of publications on the topic of the article, design of the work, writing the text of the manuscript; Vybornov D.Y. – concept and design of the work, scientific editing of the text of the manuscript; Turova E.A. – verification of critical content, scientific editing of the text of the manuscript; Korchazhkina N.B. – verification of critical content, scientific editing of the text of the manuscript; Isaev I.N. – verification of critical content, scientific editing of the text of the manuscript;

Pochkin E.O. – review of publications on the topic of the article, doing the written part of the work.

Funding Source:

This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure:

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

Ethics Approval:

Research Protocol No.1 of the Local Ethics Committee of the Moscow Scientific and Practical Centre for Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, dated Feb 06, 2020.

This research was conducted in accordance with the protocol, with informing the patient about the research and signing of the informed consent, with the maintenance of an individual registration card, a list of side effects.

Список литературы/References

1. Соловьева К.С., Залетина А.В. Травматизм детского населения Санкт-Петербурга. Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2017; 5(3): 43-49. <https://doi.org/10.17816/PTORS5343-49> [Solov'eva K.S., Zaletina A.V. Injury rate in the pediatric population of Saint Petersburg. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery*. 2017; 5(3): 43-48. <https://doi.org/10.17816/PTORS5343-49> (In Russ.).]
2. Хан М.А., Вахова Е.Л., Кульчицкая Д.Б., Крестьяшин И.В., Почкин Е.О., Румянцева М.В. Физические факторы при травматической артропатии у детей. Вестник восстановительной медицины. 2019; 4(92): 8-11. [Khan M.A., Vakhova E.L., Kulchitskaya D.B., Krestyashin I.V., Pochkin E.O., Rummyantseva M.B. The Use of Physical Factors in Knee Injuries in Children. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2019; 4(92): 8-11 (In Russ.).]
3. Ardern C.L., Ekås G., Grindem H., Moksnes H., Anderson A., Chotel F., Cohen M., Forssblad M., Ganley T.J., Feller J.A., Karlsson J., Kocher M.S., LaPrade R.F., McNamee M., Mandelbaum B., Micheli L., Mohtadi N., Reider B., Roe J., Seil R., Siebold R., Silvers-Granelli H.J., Soligard T., Witvrouw E., Engebretsen L. International Olympic Committee consensus statement on prevention, diagnosis and management of paediatric anterior cruciate ligament (ACL) injuries. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2018; 26(4): 989-1010. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-4865-y>
4. Wellsandt E., Khandha A., Capin J., Buchanan T.S., Snyder-Mackler L. Operative and nonoperative management of anterior cruciate ligament injury: Differences in gait biomechanics at 5 years. *Journal of Orthopaedic Research*. 2020; 38(12): 2675-2684. <https://doi.org/10.1002/jor.24652>

5. Хан М.А., Вахова Е.Л., Крестьяшин И.В. Современные технологии физиотерапии при травмах коленного сустава у детей. Физиотерапевт. 2018; (6): 52-58. [Khan M.A., Vakhova E.L., Krestyashin I.V. The use of physical factors in knee injuries in children. *Physiotherapist*. 2018; (6): 52-58 (In Russ.)]
6. Vutescu E.S., Orman S., Garcia-Lopez E., Lau J., Gage A., Cruz A.I. Jr. Psychological and Social Components of Recovery Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Young Athletes: A Narrative Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021; 18(17): 9267 p. <https://doi.org/10.3390/ijerph18179267>
7. Ekås G.R., Moksnes H., Grindem H., Risberg M.A., Engebretsen L. Coping with Anterior Cruciate Ligament Injury from Childhood to Maturation: A Prospective Case Series of 44 Patients with Mean 8 Years' Follow-up. *American Journal of Sports Medicine*. 2019; 47(1): 22-30. <https://doi.org/10.1177/0363546518810750>
8. Пономаренко Г.Н. Физическая и реабилитационная медицина. Национальное руководство. Москва. ГЭОТАР-Медиа 2017: 512 с. [Ponomarenko G.N. Physical and Rehabilitation Medicine. Moscow. GEOTAR-Media. 2017: 512 p. (In Russ.)]
9. Khan M.A., Krestyashin V.M., Krestyashin I.V., Zimina O.Y. The use of physical therapy for knee injuries in children. *Archiv-EuroMedica*. 2019; (1): 116 p.
10. Разумов А.Н., Погонченкова И.В., Хан М.А., Лян Н.А., Вахова Е.Л., Микитченко Н.А. Применение импульсного низкочастотного электростатического поля в педиатрии. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2019; 96(1): 55-62. <https://doi.org/10.17116/kurort20199601155> [Razumov A.N., Pogonchenkova I.V., Khan M.A., Lian N.A., Vakhova E.L., Mikitchenko N.A. The application of the pulsed low-frequency electrostatic field in pediatrics. *Voprosy kurortologii, fizioterapii, i lechebnoi fizicheskoi kultury*. 2019; 96(1): 55-62. <https://doi.org/10.17116/kurort20199601155> (In Russ.)]
11. Хан М.А., Разумов А.Н., Погонченкова И.В., Лян Н.А., Вахова Е.Л. Методы электролечения в педиатрии. Учебное пособие. Москва. 2021: 80 с. [Khan M.A., Razumov A.N., Pogonchenkova I.V., Lyan N.A., Vahova E.L. Methods of electrotherapy in pediatrics. Textbook. Moscow. 2021: 80 p. (In Russ.)]
12. Куликов А.Г., Ярустовская О.В., Кузовлева Е.В., Зайцева Т.Н., Кульчицкая Д.Б., Кончугова Т.В. Применение низкочастотного электростатического поля в клинической практике. Учебное пособие. Москва. 2015: 126 с. [Kulikov A.G., Yarustovskaya O.V., Kuzovleva E.V., Zajceva T.N., Kul'chickaya D.B., Konchugova T.V. Application of low-frequency electrostatic field in clinical practice. Textbook. Moscow. 2015: 126 p. (In Russ.)]
13. Шимарова О.В., Ачкасов Е.Е., Тимашкова Г.В. Эффективность и целесообразность различных подходов к реабилитации после эндопротезирования коленного сустава. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2019; 96(3):64-69. <https://doi.org/10.17116/kurort20199603164> [Shimarova O.V., Achkasov E.E., Timashkova G.V. The efficiency and expediency of different rehabilitation approaches after knee replacement. *Voprosy kurortologii, fizioterapii, i lechebnoi fizicheskoi kultury*. 2019; 96(3): 64-69. <https://doi.org/10.17116/kurort20199603164> (In Russ.)]
14. Епифанов В.А., Глазкова И.И., Епифанов А.В. Основы реабилитации. Москва. ГЭОТАР-Медиа. 2020: 640 с. [Epifanov V.A., Glazkova I.I., Epifanov A.V. Fundamentals of Rehabilitation. Textbook. 2020: 640 p. (In Russ.)]

