

DOI: <http://doi.org/10.17816/625337>

Физические факторы в медицинской реабилитации детей с повреждением капсульно-связочного аппарата коленного сустава

Е.Л. Вахова^{1, 2}, М.А. Хан^{1, 3}, Д.Ю. Выборнов³, И.Н. Исаев³¹ Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины, Москва, Россия;² Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия;³ Детская городская клиническая больница имени Н.Ф. Филатова, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

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.

В настоящее время у детей с повреждением капсульно-связочного аппарата коленного сустава на различных этапах медицинской реабилитации широко применяются разнообразные физические факторы. Так, по результатам проведённых исследований установлена эффективность применения локальной воздушной криотерапии в раннем послеоперационном периоде, характеризующаяся выраженным противоотёчным и обезболивающим эффектом. Ранний регресс боли и устранение микроциркуляторных нарушений в области повреждения зарегистрированы при курсовом воздействии импульсной низкочастотной магнитотерапии. Установлено также благоприятное влияние импульсного низкочастотного электростатического поля на показатели ортопедического статуса, показатели термографии в области повреждения у детей с травмой коленного сустава. Получены данные о более выраженном регрессе болевого синдрома, более раннем восстановлении амплитуды движений в повреждённом суставе и купировании признаков посттравматического синовита при комплексном применении импульсного низкочастотного электростатического поля и роботизированной механотерапии у детей с повреждением капсульно-связочного аппарата коленного сустава. Полученные клинично-функциональные результаты имеют большое значение при повреждениях коленного сустава с риском формирования контрактур в послеоперационном периоде.

Ключевые слова: дети; травма; коленный сустав; медицинская реабилитация; криотерапия; импульсная низкочастотная магнитотерапия; импульсное низкочастотное электростатическое поле; роботизированная механотерапия.

Как цитировать:

Вахова Е.Л., Хан М.А., Выборнов Д.Ю., Исаев И.Н. Физические факторы в медицинской реабилитации детей с повреждением капсульно-связочного аппарата коленного сустава // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2023. Т. 22, № 3. С. 219–226. DOI: <http://doi.org/10.17816/625337>

DOI: <http://doi.org/10.17816/625337>

Physical factors in medical rehabilitation of children with damage to the capsular-ligating apparatus of the knee joint

Ekaterina L. Vakhova^{1, 2}, Maya A. Khan^{1, 3}, Dmitriy Yu. Vybornov³, Ivan N. Isaev³¹ Moscow Centre for Research and Practice in Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow, Russia;² The First Sechenov Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia;³ Filatov N.F. Children's City Hospital, Moscow, Russia

ABSTRACT

Pathology of the knee joint in children is a pressing problem in pediatric traumatology, orthopedics and pediatrics. The frequency of injuries to the knee joint is determined by the complexity of its structure, biomechanical features with a high probability of overload. At the same time, intra-articular injuries in children and adolescents, accounting for up to 7% in the structure of inpatient pathology, are the cause of pronounced functional disorders of the lower limb and the risk of developing post-traumatic osteoarthritis.

Currently, physical factors are widely used at various stages of medical rehabilitation of children with damage to the capsular-ligamentous apparatus of the knee joint. The conducted studies have established the effectiveness of using local air cryotherapy in the early postoperative period, characterized by a pronounced anti-edematous, analgesic effect. Early regression of pain and elimination of microcirculatory disorders in the area of injury as a result of a course of pulsed low-frequency magnetic therapy at various stages of medical rehabilitation of children with damage to the capsular-ligamentous apparatus of the knee joint have been recorded. The beneficial effect of a pulsed low-frequency electrostatic field on indicators of orthopedic status, and thermography indicators in the area of injury in children with knee joint injuries has been established. Data were obtained on more pronounced regression of pain, earlier restoration of range of motion in the damaged joint and relief of signs of post-traumatic synovitis with the complex use of a pulsed low-frequency electrostatic field and robotic mechanotherapy in children with damage to the capsular ligamentous apparatus of the knee joint. The obtained clinical and functional results are of great importance for injuries of the knee joint with the risk of contractures in the postoperative period.

Keywords: children; trauma; knee joint; medical rehabilitation; cryotherapy; pulsed low-frequency magnetotherapy; low-frequency pulsed electrostatic field; robotic mechanotherapy.

To cite this article:

Vakhova EL, Khan MA, Vybornov DYU, Isaev IN. Physical factors in medical rehabilitation of children with damage to the capsular-ligating apparatus of the knee joint. *Russian journal of the physical therapy, balneotherapy and rehabilitation*. 2023;22(3):219–226. DOI: <http://doi.org/10.17816/625337>

Received: 18.08.2023

Accepted: 11.01.2024

Published online: 26.02.2024

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. Внутрисуставные повреждения у детей и подростков, составляя до 7% в структуре стационарной патологии, являются причиной выраженных функциональных нарушений нижней конечности, а также риска развития посттравматического остеоартроза [1–4]. В настоящее время установлено, что любая травма внутрисуставных структур коленного сустава вызывает воспалительную реакцию со стороны синовиальной оболочки.

ТРАВМАТОЛОГО-ОРТОПЕДИЧЕСКАЯ ПОМОЩЬ: ПЕРСНИФИЦИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ДИАГНОСТИКЕ И ТАКТИКЕ ВЕДЕНИЯ ПАЦИЕНТА

Повреждения коленных суставов у детей требуют тщательного персонифицированного подхода как к диагностике, так и 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 ни была проведена операция, полное восстановление функции повреждённой 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 для детей с травмой коленного сустава с учётом 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 своё 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].

Криотерапия

Криотерапия является фактором выбора, когда в задачи медицинской реабилитации входят снятие боли, уменьшение воспалительного отёка и ликвидация мышечного спазма. Данные литературы свидетельствуют об антигипоксическом, гемостатическом и репаративном действии холода. Местное холодовое воздействие приводит к локальному замедлению обменных процессов в охлаждённых тканях, снижению потребности и потребления ими кислорода. Криотерапия способствует быстрому подавлению активности воспалительного процесса, одновременно стимулируя процессы регенерации. Противовоспалительное действие тесно связано с анальгетическим эффектом, развивающимся вследствие блокирования болевых рецепторов кожи и аксон-рефлексов, нормализации антидромной возбудимости нейронов спинного мозга, участия эндогенных опиоидов, а также улучшения сосудистого тонуса [10, 11].

Оборудование для локальной воздушной криотерапии генерирует поток холодного воздуха температурой от -30°C до -60°C , осушенного при помощи специальных фильтров. Сухой холодный воздух, в отличие от других хладагентов, позволяет избежать обморожений вследствие отсутствия давления на ткани, кратковременности воздействия; обладает более выраженным миорелаксирующим и анальгетическим эффектом; исключает повреждение и микротравмы кожи; позволяет воздействовать на участки с повреждением целостности кожных покровов, не доступные для других хладагентов.

Результаты ранее проведённых исследований свидетельствуют об эффективности применения локальной воздушной криотерапии (-30°C) при травмах коленного сустава у детей, характеризующейся купированием посттравматического отёка и болевого синдрома [11].

Импульсная низкочастотная магнитотерапия

Действие магнитных полей на организм человека изучено к настоящему времени достаточно подробно. В практической медицине используются биотропные и силовые свойства различных искусственных источников магнитного поля, применяемых для профилактики, лечения и реабилитации. Одной из последних разработок отечественного приборного завода является аппарат «Алмаг-», обеспечивающий воздействие низкочастотным низкоинтенсивным бегущим и неподвижным импульсным магнитным полем на тело пациента.

По результатам специальных исследований установлено, что под воздействием импульсной низкочастотной

магнитотерапии у детей с повреждением капсульно-связочного аппарата коленного сустава положительный эффект наблюдался уже после 2–3-й процедуры, что проявлялось улучшением общего состояния за счёт уменьшения боли и мышечной релаксации в области травмы, улучшением настроения и сна. При оценке болевого синдрома с использованием сенсорно-аналоговой шкалы интенсивность боли снизилась у пациентов основной группы с $4,38 \pm 0,05$ до $1,12 \pm 0,13$ ($p < 0,05$). В группе детей, получавших процедуры плацебо, динамика болевого синдрома была менее выраженной.

Исследование капиллярного кровотока методом лазерной доплеровской флоуметрии позволило установить более благоприятную динамику уровня перфузии тканей у детей, получивших курс низкочастотной импульсной магнитной терапии. Значение показателя микроциркуляции в динамике достоверно приближалось к нормальным значениям как при гиперемически-застойном ($18,6 \pm 1,14$ до $11,6 \pm 0,74$ пф.ед., где пф.ед. — перфузионная единица; $p < 0,05$), так и спастическом ($5,1 \pm 0,35$ до $8,4 \pm 1,12$ пф.ед.; $p < 0,05$) типе микроциркуляции, при этом частота регистрации нормоциркуляторного типа микроциркуляции увеличилась в 3,2 раза при одновременном сокращении частоты регистрации неблагоприятных типов микроциркуляции (в 2,5 и 2 раза при гиперемически-застойном и спастическом типе микроциркуляции соответственно). Значение показателя микроциркуляции (среднего потока крови в микроциркуляторном русле, М, пф.ед.) в динамике достоверно приближалось к нормальным значениям как при гиперемически-застойном, так и спастическом типе микроциркуляции. Анализ показателей микроциркуляции по данным лазерной доплеровской флоуметрии у детей группы сравнения выявил увеличение частоты регистрации нормоциркуляторного типа микроциркуляции лишь в 1,2 раза.

В раннем постиммобилизационном периоде перспективно применение импульсного низкочастотного электростатического поля, генерируемого с помощью аппарата «Элгос», обладающего спазмолитическим, лимфодренажным, трофико-регенерирующим действием и оказывающего благоприятное влияние на тонус мышц. Импульсное низкочастотное электростатическое поле широко применяется при различных травматических повреждениях у взрослых пациентов, при этом возможность его применения у детей с повреждением капсульно-связочного аппарата коленного сустава до настоящего времени не изучалась.

Генерируемое аппаратом и создаваемое между рукой медицинского работника и поверхностью тела пациента переменное электростатическое поле способствует появлению различной степени выраженности вибрации в тканях, распространяющейся на значительную глубину. При использовании низкочастотной электростатической терапии воздействие происходит как на кожу, подкожно-жировую клетчатку и соединительную ткань, так

и на сосудистую сеть и нервно-мышечные структуры. Указанные колебательные процессы в поверхностных и глубокорасположенных тканях оказывают обезболивающее, антиспастическое и противоотечное действие, улучшают трофику тканей и усиливают регенераторные процессы в них, что повышает эффективность приёмов ручного массажа, способствует усилению локальной гемодинамики и лимфообращения. Непосредственный механизм биологического действия данного метода заключается в возникновении возвратно-поступательных колебаний всей толщи подлежащих тканей тела пациента («глубокая осцилляция тканей»), находящихся под рукой медицинского работника (аппликатором), преимущественно в сагиттальном направлении. Эти ритмически возникающие колебания (смещения) тканей в зависимости от своей частоты, интенсивности и длительности способны оказывать влияние на нервно-рецепторный аппарат, локально расположенные кровеносные и лимфатические сосуды, регулировать тонус мышц [12–14].

Роботизированная механотерапия

Перспективным направлением современной физиотерапии является разработка сочетанных и комплексных воздействий различных физических факторов с целью оптимизации программ реабилитации и повышения эффективности лечения. Данные об эффективности применения высокотехнологического оборудования для роботизированной механотерапии при переломах костей у детей (раннее восстановление амплитуды движений в суставах повреждённой конечности, противоотечное, дефибрирующее, трофическое действие) послужили основанием для её комплексного применения с импульсным низкочастотным электростатическим полем при повреждениях капсульно-связочного аппарата коленного сустава у детей.

СРМ-терапия (от англ. Continuous Passive Motion) является современным методом лечения последствий травматического повреждения конечностей, относящимся к роботизированной кинезитерапии, представляющим собой метод непрерывных пассивных движений на моторизованных аппаратах, направленный на восстановление подвижности суставов после хирургического вмешательства.

В основе патогенетических механизмов последствий травм лежат главным образом нарушения афферентной импульсации от иммобилизованной конечности, запускающие процессы функциональной 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 ткань, нарушающей функцию рецептивных полей конечности.

Основным действующим фактором роботизированной механотерапии является улучшение кровоснабжения в зоне патологически изменённых тканей. Действие роботизированной кинезитерапии направлено, прежде всего,

на активацию обменно-трофических процессов в зоне травмы; восстановление амплитуды движений в суставах больного сегмента; восстановление мышечной массы и тонуса мышц повреждённой конечности. Восстановление подвижности изолированного сустава достигается за счёт дозированного растяжения окружающих сустав тканей в условиях мышечного расслабления.

Преимуществом СРМ-терапии, определяющим перспективность её применения в педиатрии, являются безболезненность осуществляемых механических воздействий и, соответственно, возможность проведения систематических и длительных процедур. Сокращение сроков медицинской реабилитации под воздействием СРМ-терапии способствует раннему восстановлению функциональных резервов детского организма, улучшению психологического статуса ребёнка [8, 15, 16].

В открытом рандомизированном проспективном сравнительном клиническом исследовании 60 детей в возрасте 13–17 лет с повреждением капсульно-связочного аппарата коленного сустава, получивших артроскопические операции в раннем постиммобилизационном периоде, были разделены на две группы по 30 человек: дети 1-й (основной) группы получали комплексное воздействие физических факторов (последовательное применение импульсного низкочастотного электростатического поля на область нижней конечности, роботизированной механотерапии и лечебной физкультуры); пациенты 2-й группы (сравнения) — воздействие импульсного низкочастотного электростатического поля. Дети обеих групп получали комплекс лечебной гимнастики. По результатам исследования в обеих группах установлена положительная динамика клинических симптомов уже после 2–3-й процедуры в виде улучшения общего состояния за счёт уменьшения боли (с $1,98 \pm 0,01$ до $1,56 \pm 0,1$ и с $1,84 \pm 0,02$ до $1,65 \pm 0,21$ балла в группах 1 и 2 соответственно; $p > 0,05$), мышечной релаксации в области травмы, улучшения настроения и сна. К концу курса зарегистрировано достоверно более выраженное снижение интенсивности боли у пациентов 1-й (основной) группы под влиянием комплексного применения импульсного низкочастотного электростатического поля и роботизированной механотерапии (с $1,82 \pm 0,02$ до $0,04 \pm 0,002$ балла; $p < 0,05$) по сравнению с группой сравнения, получавшей импульсное низкочастотное электростатическое поле (с $1,98 \pm 0,01$ до $0,25 \pm 0,001$ балла; $p < 0,05$). 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 повреждённом суставе способствовало постепенному увеличению показателя мышечной силы (Medical Research Council Scale, 1984) — с $2,1 \pm 0,12$ до $4,1 \pm 0,23$ балла

($p < 0,05$) и с $2,1 \pm 0,13$ до $2,6 \pm 0,93$ балла ($p > 0,05$) в группах 1 и 2 соответственно. Важным методом оценки посттравматических воспалительных изменений мягких тканей сустава, эффективности проводимых реабилитационных мероприятий является ультразвуковое исследование, данные которого свидетельствовали о нивелировании признаков воспаления в области коленного сустава у детей, более выраженные в группе комплексного применения физических факторов. Так, в основной группе после курса лечения наличие жидкости в полости сустава отмечалось только в 13,3% случаев, при этом отёчность мягких тканей, утолщение синовиальной оболочки; неоднородность структуры, нечёткость контуров менисков регистрировались лишь в 6,6% случаев. В группе сравнения отмечалась менее выраженная положительная динамика. Противовоспалительный эффект комплексного применения импульсного низкочастотного электростатического поля и роботизированной механотерапии подтверждался и данными термографии с использованием термографа с компьютерной диагностической системой, показатели которой свидетельствовали об устранении термоасимметрии параартикулярных тканей повреждённого и симметричного суставов за счёт снижения температуры в области повреждения. Регресс болевого синдрома, улучшение функционального состояния организма ребёнка сопровождалось улучшением психоэмоционального состояния детей в виде достоверного снижения уровня ситуативной тревожности в обеих группах (с $49,5 \pm 1,33$ до $29,1 \pm 0,12$ балла, $p < 0,05$; и с $49,8 \pm 1,04$ до $30,3 \pm 0,14$ балла, $p < 0,05$, в группах 1 и 2 соответственно). Совокупная оценка результатов лечения позволила установить более выраженный статистически значимый терапевтический эффект при комплексном применении двух физических факторов — импульсного низкочастотного электростатического поля и роботизированной механотерапии, чем при изолированном воздействии импульсного низкочастотного электростатического поля — 96,7 против 76,7% ($\chi^2=5,192$; $p=0,02$).

Результаты исследований позволили установить целесообразность и высокую эффективность комплексного применения импульсного низкочастотного электростатического поля и роботизированной механотерапии у детей с повреждением капсульно-связочного аппарата коленного сустава. По результатам работы изучен механизм формирования лечебного действия импульсного низкочастотного электростатического поля, установлено его обезболивающее, противовоспалительное и трофическое действие. Доказан более выраженный терапевтический эффект при комплексном применении двух физических факторов — импульсного низкочастотного электростатического поля 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 повреждённой конечности, регрессом мышечной силы. Несмотря на умеренный отёк 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 как хронизации процесса, так и развития дистрофических изменений в суставе. Об активации трофико-регенераторных процессов в области повреждения под влиянием комплексного применения физических факторов свидетельствовала положительная динамика показателей лазерной доплеровской флоуметрии. Нивелирование воспалительной реакции в суставе, регресс болевого синдрома, увеличение амплитуды движений в коленном суставе сопровождалось уменьшением степени гипотрофии, увеличением мышечной силы повреждённой конечности, что является базисом для своевременного восстановления её функционального состояния.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, на основании проведённых исследований установлена возможность и 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.

Отмечены более выраженный регресс болевого синдрома, более раннее восстановление амплитуды движений в повреждённом суставе и купирование признаков посттравматического синовита при комплексном применении двух физических факторов — импульсного

низкочастотного электростатического поля и роботизированной механотерапии, чем при изолированном применении импульсного низкочастотного электростатического поля, у детей с повреждением капсульно-связочного аппарата коленного сустава. Полученные клинично-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 обосновывают 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.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при подготовке статьи.

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

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source. This work was not supported by any external sources of funding.

Competing interests. The authors declare that they have no competing interests.

Authors' contribution. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соловьева К.С., Залетина А.В. Травматизм детского населения Санкт-Петербурга // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. 2017. Т. 5, № 3. С. 43–49. EDN: ZHVDFR doi: 10.17816/PTORS5343-49
2. Вахова Е.Л., Хан М.А., Корчажкина Н.Б., и др. Физические факторы при травматической артропатии у детей // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2022. Т. 21, № 1. С. 65–72. EDN: EQSCXE doi: 10.17816/rjpb109415
3. Ardern C.L., Ekås G., Grindem H., et al. 2018 International olympic committee consensus statement on prevention, diagnosis and management of paediatric anterior cruciate ligament (ACL) injuries // Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2018. Vol. 26, N 4. P. 989–1010. doi: 10.1007/s00167-018-4865-y
4. Wellsandt E., Khandha A., Capin J., et al. Operative and nonoperative management of anterior cruciate ligament injury: Differences in gait biomechanics at 5 years // J Orthop Res. 2020. Vol. 38, N 12. P. 2675–2684. doi: 10.1002/jor.24652
5. Вахова Е.Л., Хан М.А., Крестьяшин И.В. Современные технологии физиотерапии при травмах коленного сустава у детей // Физиотерапевт. 2018. № 6. С. 52–58. EDN: YRMXOX
6. Vutescu E.S., Orman S., Garcia-Lopez E., et al. Psychological and social components of recovery following anterior cruciate ligament reconstruction in young athletes: A narrative review // Int J Environ Res Public Health. 2021. Vol. 18, N 17. P. 9267. doi: 10.3390/ijerph18179267

7. Ekås G.R., Moksnes H., Grindem H., et al. Coping with anterior cruciate ligament injury from childhood to maturation: A prospective case series of 44 patients with mean 8 years' follow-up // *Am J Sports Med.* 2019. Vol. 47, N 1. P. 22-30. doi: 10.1177/0363546518810750
8. *Физическая и реабилитационная медицина.* Национальное руководство / под ред. Г.Н. Пономаренко. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2017. 512 с. EDN: ZGYBRL
9. Khan M.A., Krestyashin V.M., Vakhova E.L., et al. The use of physical therapy for knee injuries in children // *Archiv Euromedica.* 2019. Vol. 9, N 1. P. 116. EDN: WKXNON
10. Вахова Е.Л., Хан М.А., Крестьяшин И.В. Санаторно-курортное лечение детей с последствиями травм костно-мышечной системы // *Курортные ведомости.* 2018. № 1. С. 24-25.
11. Хан М.А., Конова О.М., Выборнов Д. Ю. Воздушная локальная криотерапия при травматических повреждениях у детей // *Физиотерапевт.* 2008. № 3. С. 54-57. EDN: TGTODX
12. Разумов А.Н., Погонченкова И.В., Хан М.А., и др. Применение импульсного низкочастотного электростатического поля в педиатрии // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* 2019. Т. 96, № 1. С. 55-62. EDN: YWJKLR doi: 10.17116/kurort20199601155
13. Хан М.А., Разумов А.Н., Погонченкова И.В., и др. *Методы электролечения в педиатрии.* Учебное пособие. Москва: Наш мир, 2021. 125 с.
14. Куликов А.Г., Ярустовская О.В., Кузовлева Е.В., и др. *Применение низкочастотного электростатического поля в клинической практике.* Учебное пособие. Москва, 2015. 44 с. EDN: VYOUTL
15. 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. Т. 96, № 3. С. 64-69. EDN: ZPMVPW doi: 10.17116/kurort20199603164
16. Епифанов В.А. *Основы реабилитации* / под ред. В.А. Епифанова, А.В. Епифанова. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. 640 с. doi: 10.33029/9704-5395-7-2020-OR2-1-640

REFERENCES

1. Solov'eva KS, Zaletina AV. Injury rate in the pediatric population of saint petersburg. *Pediatric Traumatol, Orthopaedics Reconstructive Surg.* 2017;5(3):43-48. EDN: ZHVDVR doi: 10.17816/PTORS5343-49
2. Vakhova EL, Khan MA, Korchazhkina NB, et al. Physical factors in traumatic arthropathy in children. *Russ J Phys Therapy Balneotherapy Rehab.* 2022;21(1):65-72. EDN: EQSCXE doi: 10.17816/rjpb109415
3. Ardern CL, Ekås G, Grindem H, et al. 2018 International olympic committee consensus statement on prevention, diagnosis and management of paediatric anterior cruciate ligament (ACL) injuries. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2018;26(4):989-1010. doi: 10.1007/s00167-018-4865-y
4. Wellsandt E, Khandha A, Capin J, et al. Operative and nonoperative management of anterior cruciate ligament injury: Differences in gait biomechanics at 5 years. *J Orthop Res.* 2020;38(12):2675-2684. doi: 10.1002/jor.24652
5. Vakhova EL, Khan MA, Krest'yashin IV. Modern technologies of physiotherapy for knee joint injuries in children. *Physiotherapist.* 2018;(6):52-58. (In Russ). EDN: YRMXOX
6. Vutescu ES, Orman S, Garcia-Lopez E, et al. Psychological and social components of recovery following anterior cruciate ligament reconstruction in young athletes: A narrative review. *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(17):9267. doi: 10.3390/ijerph18179267
7. Ekås GR, Moksnes H, Grindem H, et al. Coping with anterior cruciate ligament injury from childhood to maturation: A prospective case series of 44 patients with mean 8 years' follow-up. *Am J Sports Med.* 2019;47(1):22-30. doi: 10.1177/0363546518810750
8. *Physical and rehabilitation medicine.* National guide. Ed. by G.N. Ponomarenko. Moscow: GEOTAR-Media; 2017. 512 p. (In Russ). EDN: ZGYBRL
9. Khan MA, Krestyashin VM, Vakhova EL, et al. The use of physical therapy for knee injuries in children. *Archiv Euromedica.* 2019;9(1):116. EDN: WKXNON
10. Vakhova EL, Khan MA, Krestyashin IV. Sanatorium-resort treatment of children with the consequences of injuries of the musculoskeletal system. *Kurortnye vedomosti.* 2018;(1):24-25. (In Russ).
11. Khan MA, Konova OM, Vybornov DYU. Air local cryotherapy in traumatic injuries in children. *Physiotherapist.* 2008;(3):54-57. (In Russ). EDN: TGTODX
12. Razumov AN, Pogonchenkova IV, Han MA, et al. The application of the pulsed low-frequency electrostatic field in pediatrics. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoi fizicheskoi kultury.* 2019;96(1):55-62. EDN: YWJKLR doi: 10.17116/kurort20199601155
13. Khan MA, Razumov AN, Pogonchenkova IV, et al. *Methods of electrotherapy in paediatrics.* Study guide. Moscow: Nash Mir; 2021. 125 p. (In Russ).
14. Kulikov AG, Yarustovskaya OV, Kuzovleva EV, et al. *Application of low-frequency electrostatic field in clinical practice.* Study guide. Moscow; 2015. 44 p. (In Russ). EDN: VYOUTL
15. Shimarova OV, Achkasov EE, Timashkova GV. The efficiency and expediency of different rehabilitation approaches after knee replacement. *Voprosy kurortologii, fizioterapii i lechebnoi fizicheskoi kultury.* 2019;96(3):64-69. EDN: ZPMVPW doi: 10.17116/kurort20199603164
16. Epifanov VA. *Fundamentals of rehabilitation.* Ed. by V.A. Epifanov, A.V. Epifanov. 2nd ed., revised and updated. Moscow: GEOTAR-Media; 2020. 640 p. (In Russ). doi: 10.33029/9704-5395-7-2020-OR2-1-640

ОБ АВТОРАХ

*** Вахова Екатерина Леонидовна**, канд. мед. наук;
адрес: Россия, 105120, Москва, Земляной вал, д. 53;
ORCID: 0000-0002-4509-7120;
eLibrary SPIN: 2124-9679;
e-mail: vel_1202@mail.ru

Хан Майя Алексеевна, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0002-1081-1726;
eLibrary SPIN: 1070-2800;
e-mail: 6057016@mail.ru

Выборнов Дмитрий Юрьевич, д-р мед. наук, профессор;
ORCID: 0000-0001-8785-7725;
eLibrary SPIN: 2660-5048;
e-mail: dgkb13@gmail.com

Исаев Иван Николаевич;
ORCID: 0000-0001-7899-5800;
e-mail: i.n.isaev@gmail.com

AUTHORS' INFO

*** Ekaterina L. Vakhova**, MD, Cand. Sci. (Medicine);
address: 53 Zemlyanoy Val, 105120 Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0002-4509-7120;
eLibrary SPIN: 2124-9679;
e-mail: vel_1202@mail.ru

Maya A. Khan, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0002-1081-1726;
eLibrary SPIN: 1070-2800;
e-mail: 6057016@mail.ru

Dmitriy Yu. Vybornov, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;
ORCID: 0000-0001-8785-7725;
eLibrary SPIN: 2660-5048;
e-mail: dgkb13@gmail.com

Ivan N. Isaev;
ORCID: 0000-0001-7899-5800;
e-mail: i.n.isaev@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author