

Обзорная статья / Review article

УДК: 615.831+615.837+615.825+615.847+617-089.844

DOI: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-4-72-81>

Современные технологии медицинской реабилитации детей с посттравматическими нейропатиями верхних конечностей

Хан М.А.^{1,2}, Вахова Е.Л.^{1,3}, Александров А.В.², Турова Е.А.^{1,3}, Гусакова Е.В.⁴, Смирнов А.А.⁵¹Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия²Детская городская клиническая больница имени Н.Ф. Филатова Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия³Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Минздрава России, Москва, Россия⁴Центральная государственная медицинская академия Управления делами Президента Российской Федерации, Москва, Россия⁵Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова Минздрава России, Москва, Россия

Резюме

Удельный вес травм верхних конечностей, сопровождающихся повреждением нервов, составляет от 1,5 до 10%. Повреждения периферических нервов верхней конечности у детей в 10-12% случаев связаны с переломами длинных трубчатых костей. Высокая частота повреждений периферических нервов верхней конечности, риск развития нарушений или утраты функции, инвалидизации пациента зачастую требует не только активного консервативного лечения, но и нередко хирургического вмешательства.

Цель. Анализ данных литературы и обобщение результатов собственных исследований для определения оптимальных технологий медицинской реабилитации детей с посттравматическими нейропатиями верхних конечностей. Успех как консервативного, так и хирургического лечения травм нервов во многом определяется объемом и качеством проведенной диагностики. Целью хирургического или консервативного лечения поврежденных периферических нервов является восстановление проводимости нервных стволов с максимально высоким функциональным результатом. Физические факторы занимают одно из ведущих мест в системе медицинской реабилитации детей с посттравматическими нейропатиями. Программа медицинской реабилитации включает в себя применение аппаратной физиотерапии, роботизированной механотерапии, прикладной кинезотерапии, массажа, мягких мануальных техник, ортезирования, кинезиотейпирования. Ведущими технологиями являются методы двигательной реабилитации. Эффекты кинезотерапевтических воздействий потенцируются нейромодулирующими методами аппаратной физиотерапии (магнитостимуляция, электростимуляция).

Заключение. Повреждения периферических нервов верхних конечностей у детей, в большинстве случаев, требуют проведения длительной этапной медицинской реабилитации. Вместе с тем, до настоящего времени отсутствуют четкие рекомендации по ведению и реабилитации детей с повреждением периферических нервов в послеоперационном периоде, отсутствует единый алгоритм реабилитационных мероприятий. Технологии двигательной реабилитации являются ключевыми в программах медицинской реабилитации детей с посттравматической нейропатией. Своевременное начало реабилитационных мероприятий, дифференцированное назначение физических факторов с учетом периода травмы обеспечивает сохранение результата хирургического лечения, способствует раннему восстановлению функции поврежденной конечности.

Ключевые слова: посттравматическая нейропатия, дети, медицинская реабилитация, физиотерапия, лечебная физкультура

Источник финансирования: Авторы заявляют об отсутствии финансирования при проведении исследования.

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

Для цитирования: Хан М.А., Вахова Е.Л., Александров А.В., Турова Е.А., Гусакова Е.В., Смирнов А.А. Современные технологии медицинской реабилитации детей с посттравматическими нейропатиями верхних конечностей. *Вестник восстановительной медицины*. 2021; 20 (4): 72-81. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-4-72-81>

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

Статья получена: 10.05.2021

Статья принята к печати: 23.07.2021

Modern Technologies of Medical Rehabilitation of Children with Post-traumatic Neuropathies of the Upper Extremities

Maya A. Khan^{1,2}, Ekaterina L. Vakhova^{1,3}, Aleksander V. Aleksandrov², Elena A. Turova^{1,3}, Elena V. Gusakova⁴, Aleksander A. Smirnov⁵

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

²Filatov Children's City Clinical Hospital, Moscow, Russian Federation

³Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russian Federation

⁴Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation

⁵Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The proportion of injuries to the upper limbs, accompanied by nerve damage, ranges from 1.5 to 10%. Damage of the peripheral nerves of the upper limb in children is associated with fractures of the long bones in 10-12% of cases. The high incidence of damage to the peripheral nerves of the upper limb, the risk of impairment or loss of function, disability of the patient often requires not only active conservative treatment, but also often surgical intervention.

Aim. To analyze literature data and generalize the results of our own research to determine the optimal technologies for medical rehabilitation of children with post-traumatic neuropathies of the upper extremities. The success of both conservative and surgical treatment of nerve injuries is largely determined by the volume and quality of the diagnostics performed. The goal of surgical or conservative treatment of peripheral nerve damage is to restore the conduction of the nerve trunks with the highest possible functional result. Physical factors occupy one of the leading places in the system of medical rehabilitation of children with post-traumatic neuropathies. The medical rehabilitation program includes the use of apparatus physiotherapy, robotic mechanotherapy, applied kinesitherapy, massage, soft manual techniques, orthosis, and kinesiotaping. The leading technologies are the methods of motor rehabilitation. The effects of kinesitherapeutic influences are potentiated by neuromodulatory methods of hardware physiotherapy (magnetostimulation, electrical stimulation).

Conclusion. Injuries to the peripheral nerves of the upper extremities in children requires long-term staged medical rehabilitation in most cases. At the same time, to date, there are no clear recommendations for rehabilitation of children with damage to peripheral nerves in the postoperative period, there is no unified algorithm for rehabilitation measures. Motor rehabilitation technologies are key in medical rehabilitation programs for children with post-traumatic neuropathy. The timely start of rehabilitation measures and differentiated prescription of physical factors adjusted to the period of injury ensure the preservation of the result of surgical treatment, contribute to the early restoration of the function of the injured limb.

Keywords: post-traumatic neuropathy, children, medical rehabilitation, physiotherapy, physiotherapy exercises

Acknowledgments: The study had no sponsorship.

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

For citation: M.A. Khan, E.L. Vakhova, A.V. Aleksandrov, E.A. Turova, E.V. Gusakova, A.A. Smirnov Modern Technologies of Medical Rehabilitation of Children with Post-traumatic Neuropathies of the Upper Extremities. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2021; 20 (4): 72-81. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2021-20-4-72-81>

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

Received: May 10, 2021

Accepted: Jul 23, 2021

Введение

Травматизм у детей остаётся одной из ведущих медико-социальных проблем вследствие высокой распространённости травм и их влияния на уровень смертности и инвалидности детского населения. Посттравматическая нейропатия является одним из наиболее часто регистрируемых заболеваний периферических нервов [1, 2], около 200 тысяч ежегодно.

В Канаде, США, Австралии травмы периферических нервов среди общего травматизма составляют 2-3% [3]. В нашей стране на долю травм верхних конечностей с повреждением периферических нервов приходится от 1,5 до 10%, при этом инвалидизация регистрируется до 60% случаев [4, 5].

У детей повреждение нервов верхней конечности в 10-12% случаев возникает вследствие переломов длинных трубчатых костей. Как правило, это транзиторные состояния, не требующие оперативного вмешательства, связанные с тракцией нервного ствола при смещении

отломков кости. При повреждениях такого типа возможно полное спонтанное восстановление нерва в течение нескольких месяцев. Последнее время отмечается значительный рост ятрогенных повреждений нервов, это связано с увеличением числа применения малоинвазивного металлоостеосинтеза при переломах длинных трубчатых костей у детей.

Повреждение периферических нервов нередко сопровождается травмой сосудов, сухожилий; на тяжесть травмы и ее прогноз влияет повреждение нескольких нервов, что отмечается в 31-57% случаев [6-8].

В структуре всех повреждений периферических нервов чаще всего встречаются повреждения на уровне плечевого сустава (26,35%), нижней трети предплечья (14,52%) и в меньшей степени – в области средней и нижней трети плеча (8,47%), локтевого сустава и средней трети предплечья (4,65%) [9, 10].

Цель. Анализ данных литературы и обобщение результатов собственных исследований для определения

оптимальных технологий медицинской реабилитации детей с посттравматическими нейропатиями верхних конечностей.

Результаты

Существуют различные подходы к классификации патологических процессов, вовлекающих структуры периферической нервной системы. Наиболее часто используется классификация по Seddon-Sunderland, отражающая морфо-функциональные характеристики поврежденных нервных стволов.

Классификация повреждений нервов:

1. Нейропраксия. При данном типе происходит повреждение миелиновой оболочки, при этом все остальные структуры нервного ствола не повреждаются. Двигательные волокна наиболее подвержены повреждению, поэтому двигательные выпадения полные, чувствительные – как правило, лишь частичные. Причиной обычно является тракция, компрессия.
2. Аксонотмезис. Происходит повреждение аксона, эндо- и периневрия и в зависимости от этого данную степень делят на 3 типа. Двигательные и чувствительные выпадения полные. Восстановление возможно спонтанное, но зависит от дистанции, которую необходимо преодолеть регенерирующим волокнам. Причиной обычно является компрессия, тракция, ишемия (переломы, интраневральные инъекции, обморожение).
3. Нейротмезис. При данном типе повреждения происходит полное нарушение целостности всех вышеперечисленных структур и эпиневирия, то есть происходит полный перерыв нервного ствола. Спонтанное восстановление невозможно, необходимо хирургическое лечение. Причиной являются ранения, переломы, ятрогенные повреждения, прорастание злокачественными опухолями. Процесс восстановления нервных стволов зависит от условий крово- и лимфообращения как в самих нервах, так и в окружающих их тканях, а также от функционального состояния заинтересованных мышц. Так, даже при легкой степени повреждения нерва восстановление может отсутствовать или быть минимальным, что связано с наличием в области повреждения гематом, рубцов или спаек. В данном случае хирургическое лечение – единственный способ для устранения неврологического дефицита [10-12].

Высокая частота повреждений периферических нервов верхней конечности, риск развития нарушений или утраты функции, инвалидизации пациента требует не только активного консервативного лечения, но и нередко хирургического вмешательства [9, 13].

Безусловно, успех как консервативного, так и хирургического лечения травм нервов во многом определяется объемом и качеством проведенной диагностики.

Вместе с тем, не всегда больные получают своевременную и квалифицированную медицинскую помощь ввиду отсутствия в общехирургических, травматологических стационарах возможности проведения дополнительного обследования и специального технического оснащения для проведения оперативного вмешательства на поврежденном нерве. [4, 14-16].

Электрофизиологическое исследование способствует уточнению локализации повреждения нерва, степени

тяжести повреждения периферических нервов. В настоящее время применяются два основных метода электрофизиологической диагностики: стимуляционная электромиография (ЭНМГ), оценивающая проведение импульсов по нерву в ответ на их стимуляцию, и игольчатая, позволяющая исследовать биоэлектрическую активность мышц [17, 18]. Однако, минусом является невозможность точной топической диагностики, необходимой для проведения оперативного вмешательства, а также нельзя судить об анатомическом строении поврежденного нерва.

Ультразвуковое исследование (УЗИ) нервов хорошо дополняет ЭНМГ, которое позволяет оценить целостность, внутривольную структуру нерва, а также взаиморасположение нерва с окружающими структурами. Согласно данным литературы современные УЗИ-аппараты позволяют анализировать анатомические структуры размерами 1 мм [19, 20].

Велика роль УЗИ при невозможности проведения ЭНМГ, а также при множественных повреждениях нервов. По данным литературы, использование пред- и интраоперационной ультрасонографии способствует улучшению ориентирования в операционном поле. Однако существенным минусом УЗИ является оператор-зависимость этого метода [4, 21-23].

Магнитно-резонансная томография в комплексной диагностике повреждений нервных стволов позволяет определить топикку, степень поражения и распространенность структурных изменений нерва, а также наличие рубцово-спаечного процесса. Вместе с тем, недостатком метода является невозможность изучения внутривольной структуры нерва и регистрации невыраженных повреждений (частичный перерыв, повреждение эпиневирия) [24, 25]. Сложностью для проведения МРТ является нелинейный ход нервных стволов, а также незначительная дифференциация между периферическим нервом и окружающими структурами.

Компьютерная томография может быть использована для комплексной оценки костных структур в зоне поражения периферических нервов.

Целью хирургического или консервативного лечения повреждений периферических нервов является восстановление проводимости нервных стволов с максимально высоким функциональным результатом. Эффективное оперативное лечение травмы нерва невозможно без квалифицированных специалистов, специального технического оснащения стационара и хирургических материалов. Уже в самом начале лечебного процесса необходимо представление этапности лечения и медицинской реабилитации детей с повреждениями периферических нервов. Большое значение имеет наличие у специалистов навыков и знаний в области реконструктивной микрохирургии, нейрохирургии и медицинской реабилитации.

- Ранний период течения травмы длится от трех недель до трех месяцев после повреждения и характеризуется самой высокой регенеративной активностью поврежденных тканей нерва. В раннем периоде можно точно установить степень, вид, уровень и протяженность повреждения и определиться с лечебной тактикой (консервативная или оперативная).
- Подострый, или промежуточный, период – 3-6 месяцев от травмы. Происходит снижение скорости регенерации нерва и увеличение диастаза концов поврежденного нерва.
- Оперативное лечение возможно, но требует применения более сложных реконструктивных техник.

- Поздний период – от шести месяцев до полутора лет после травмы нерва. Хирургическое лечение в этот период приводит к существенно меньшему функциональному результату.
- Отдаленный период – через полтора года после повреждения. Функциональное восстановление нерва не представляется возможным. Для улучшения функции поврежденной конечности возможно проведение сложных реконструктивных операций (сухожильно-мышечные хирургические вмешательства) [4, 26].

Вид травмы, сочетание с другими повреждениями, сроки, прошедшие после травмы, определяют показания к оперативному лечению.

Наиболее часто хирургическое лечение проводится при чистых резаных и колотых ранах, сопровождающихся повреждением нервных стволов. При этом выполняется первичная хирургическая обработка, шов нерва. В случае закрытых повреждений нервов, а также при сочетании с переломами длинных трубчатых костей, при сохранении целостности невралных оболочек, хирургическое вмешательство проводится при отсутствии восстановления или минимальном восстановлении проводимости нерва через 3–5 месяцев. За это время возможно самостоятельное восстановление функции нерва.

Тактика оперативного лечения определяется видом травмы с учетом результатов комплексной диагностики области повреждения. С целью устранения структурных повреждений нерва применяют следующие виды оперативных вмешательств: невролиз, эндоневролиз, нейрорафия и нейротрансплантация. При полном перерыве нерва, при иссечении невромы и незначительном диастазе выполняется первичный шов нерва, что приводит и к лучшим результатам. Отсроченные операции зачастую не позволяют выполнить первичный шов и требуется аутоневральная пластика, что дает несколько худшие результаты [27, 28].

За последние годы достигнуты большие успехи хирургического лечения детей травматологического профиля. Но как бы виртуозно не была выполнена операция, полное восстановление функции поврежденной конечности определяется и своевременно начатыми реабилитационными мероприятиями.

Травмы нервных стволов конечностей в большинстве случаев требуют проведения длительной этапной медицинской реабилитации.

Вместе с тем, до настоящего времени отсутствуют четкие рекомендации по ведению и реабилитации детей с повреждением периферических нервов в послеоперационном периоде, отсутствует единый алгоритм реабилитационных мероприятий.

Инновационные технологии медицинских исследований сделали возможным изучение морфофункциональных процессов в нормальной и патологически измененной нервной системе. Восстановление проводимости нерва при его повреждении происходит путем регенерации (спрутинг) прерванных аксонов и их последующей ремиелинизации. Несмотря на выраженные регенераторные свойства периферической нервной системы, не всегда регистрируется удовлетворительный результат после повреждения нерва и его шва. Сенсорный и/или моторный дефицит может быть значительным, часто зависящим от типа и локализации травмы. При этом травматические neuropathии при сохранности целостности невралных оболочек имеют лучший прогноз, в то время как повреждения по типу невротомезиса, могут характеризоваться постоянным дефицитом функций [9, 10, 27, 29]. В основе

полноценной компенсации нарушенных функций при травматических neuropathиях лежит комплекс нейропластических процессов (регенераторный, коллатеральный спрутинг), протекающих под спинальным контролем и интегрирующим влиянием сенсомоторной коры.

Актуальность оптимизации подходов к применению технологий активации процессов нейропластичности не вызывает сомнений.

Физические факторы занимают одно из ведущих мест в системе медицинской реабилитации больных с посттравматической neuropathией. В настоящее время достаточно сведений о методах медицинской реабилитации взрослых пациентов, в то же время недостаточно публикаций о применении физических факторов у детей с посттравматической neuropathией [30, 31].

Медицинская реабилитация таких детей проводится мультидисциплинарной командой, основными участниками которой являются реконструктивный микрохирург, детский невролог, специалист-нейрофизиолог, врач ультразвуковой диагностики, физиотерапевт, врач лечебной физкультуры, медсестра по физиотерапии, инструктор ЛФК, медсестра по массажу, рефлексотерапевт. Результатом совместной работы является определение реабилитационного диагноза, реабилитационного потенциала и прогноза, составление и реализация индивидуальной программы медицинской реабилитации с определением ее эффективности.

Целью медицинской реабилитации является восстановление нарушенных функций, предупреждение и снижение степени возможной инвалидности.

Задачами медицинской реабилитации детей с посттравматическими neuropathиями являются профилактика рубцово-спаечного процесса в периневральных тканях, сохранение функции денервированных мышц, уменьшение выраженности вегетативных и трофических расстройств, улучшение двигательных возможностей.

Программа медицинской реабилитации включает в себя применение аппаратной физиотерапии, роботизированной механотерапии, прикладной кинезотерапии, массажа, мягких мануальных техник, ортезирования, кинезиотейпирования.

Программа медицинской реабилитации реализуется уже на самом раннем этапе, в период иммобилизации.

Нашли свое применение способы лечения последствий травм периферических нервов с применением ультрафиолетового излучения, электрического поля УВЧ, лекарственного электрофореза, ультразвуковой терапии, синусоидальных модулированных токов в сочетании с массажем, лечебной гимнастикой, гидро-бальнеотерапией [31–34]. Большое значение сегодня уделяется развиту и внедрению инновационных технологий медицинской реабилитации в практику работы детских медицинских организаций.

Возможность регенерации аксонов нервных клеток определяет возможности для реиннервации денервированных мышц с восстановлением их функции. Методы нейромодуляции, включающие, в том числе, различные варианты нервно-мышечной стимуляции, поддерживают денервированную мышцу, предупреждая развитие дегенеративно-дистрофических процессов в ней, способствуя восстановлению функции поврежденной конечности. Нервно-мышечная стимуляция, компенсируя дефицит афферентной импульсации, предотвращает развитие атрофии мышц.

В экспериментальных исследованиях А.Б. Антоновым (1990) показано, что при лечении сильным импульсным магнитным полем в области соединительнотканного руб-

ца наблюдается более направленный рост поврежденных нервных волокон от центра к периферии, спирали. Значительно реже отмечается хаотический рост нервных волокон в различных направлениях, а также более ранняя невротизация мышечной ткани и восстановление функций нервно-мышечного аппарата.

Магнитная стимуляция нервно-мышечного аппарата, по данным миографических исследований, эффективнее электрической стимуляции. Это связано с тем, что при больших амплитудных значениях импульса магнитного поля (1000-1500 мТл) возбуждаемый им индукционный ток имеет большую плотность непосредственно у мембран нервных волокон, в то время как при электрической стимуляции ток проходит по структурам с хорошей электропроводностью и плохо проникает в ствол нерва, так как нервные волокна покрыты миелиновой оболочкой, имеющей очень высокое электрическое сопротивление. В результате действия высокоинтенсивной импульсной магнитной стимуляции изменяются свойства клеточных мембран и внутриклеточных структур: ускоряются диффузные и осмотические процессы, коллоидное состояние тканей, повышается проницаемость мембран, уровень метаболических процессов, окислительно-восстановительных реакций и свободно-радикального окисления [35, 36].

При травматических повреждениях периферических нервов назначают высокоинтенсивную импульсную магнитотерапию через повязку на область оперативного вмешательства, двигательные точки поврежденного нерва и иннервируемых им мышц – с первых дней после операции (шов нерва, невролиз и др.). Методика контактная, стабильная. В течение года применяют многократные курсы магнитостимуляции.

В тех случаях, когда нервно-мышечный аппарат не дает ответной реакции сокращения мышц на магнитный импульс максимальной интенсивности, применяется электростимуляция мышц в режиме одиночных однополярных импульсов тока. Курсы проводят до полного восстановления иннервации (появление активных сокращений). Технология проведения электродиагностики у детей позволяет проводить электростимуляцию мышц с более оптимальными параметрами воздействия и значительно повысить эффективность медицинской реабилитации детей с травмой конечностей. Под воздействием электростимуляции ускоряются репаративно-регенеративные процессы в поврежденных нервных стволах, что способствует более раннему купированию двигательных, вегетативно-трофических и чувствительных нарушений [31-36].

Функциональная электростимуляция предполагает активацию сократительной функции мышц путем сочетанного воздействия двигательного тренинга и электростимуляции, что способствует регрессу посттравматических функциональных нарушений поврежденной конечности.

Методы нейромодуляции хорошо сочетаются с лазеротерапией, спецификой действия которой является стимуляция репаративных и обменных процессов в различных тканях, активация процесса аксональной регенерации и ремиелинизации в поврежденных нервах. Лазеротерапия инфракрасного диапазона включается в программу медицинской реабилитации уже в раннем послеоперационном периоде.

Воздействие низкоинтенсивным лазерным излучением проводится на послеоперационную область, рефлекторно-сегментарную зону, биологически активные точки.

Применение ультразвука паравертебрально, на уров-

не шейного отдела позвоночника, по ходу нерва, на область послеоперационных рубцов способствует увеличению скорости импульса по нерву, рассасыванию спаек и послеоперационной гематомы. Ультрафонофорез лекарственных препаратов, улучшая обменно-трофические процессы в периневральных тканях, способствуя уменьшению отека в них, обеспечивает активное проникновение лекарств с последующим накоплением в тканях, находящихся в области воздействия [30, 31].

Процесс восстановления нервов зависит от гемодинамики, состояния микроциркуляции в поврежденных тканях и функционального состояния заинтересованных мышц. Сроки регенерации связаны с типом повреждения нерва и степенью удаления уровня повреждения до иннервируемых мышц. Скорость роста молодых волокон в среднем равна 1 мм в сутки. С учетом длительности процесса роста молодых аксонов, их миелинизации необходимо сохранить денервированные мышцы, как рабочую единицу для регенерирующего нерва. С целью предупреждения необратимых изменений в мышечной ткани необходимо раннее начало реабилитационных мероприятий. Поэтому технологии двигательной реабилитации играют ведущую роль в программах медицинской реабилитации детей с посттравматической невропатией.

Лечебная физкультура способствует восстановлению нервно-мышечного аппарата, развитию компенсаторных функций, динамической перестройке нервной системы путем улучшения микроциркуляторных процессов в поврежденных тканях; активации нервно-мышечной проводимости, механизмов модуляции нейропластичности [32, 34].

Из методов лечебной физической культуры большое внимание уделяется лечебной гимнастике. Применяются различные виды физических упражнений: динамические, упражнения на координацию и равновесие, пассивные, идеомоторные, упражнения с помощью, активные с сопротивлением, в том числе на фоне ортезирования для предупреждения и устранения контрактур и растяжения сухожильно-связочного аппарата.

Постепенный регресс двигательных нарушений является прогностически благоприятным признаком в процессе медицинской реабилитации.

Вместе с тем, технологией выбора в раннем послеоперационном периоде является роботизированная механотерапия, обеспечивающая повторяемые, однотипные движения в изокинетическом режиме, сочетающая функцию динамического ортеза с тренировкой кардиореспираторной системы. Аппараты являются базовыми для сохранения подвижности суставов и мобилизации мягких тканей; способствуют стимуляции двигательного стереотипа, увеличению мышечной силы, адаптации к физическим нагрузкам [37, 38].

Все более широкое применение получает метод биологической обратной связи у детей с посттравматической невропатией, в раннем и позднем послеоперационном периоде. Физические упражнения, основанные на играх, считаются одними из самых эффективных, так как стимулируют ребенка к многократному повторению упражнения, существенно повышая мотивацию ребенка к занятию. Принцип обратной связи опирается на фундаментальный закон кибернетики, согласно которому эффективное функционирование любой управляемой системы зависит от возврата информации о результатах работы этой системы управляющему органу. Применение реабилитационного комплекса с биологической обратной связью позволяет осуществлять визуальный контроль за выполнением движений и достижением по-

ставленной цели во время тренировки в сопровождении различных вариантов игровых демонстраций. Наличие многочисленных параметров настроек упражнений позволяет назначать дифференцированный уровень сложности игры, темп выполнения упражнений в зависимости от функциональных возможностей пациента, что способствует мотивации ребенка к занятию, кооперации с ним, восстановлению правильного двигательного стереотипа и координации, развитию мышечной силы в поврежденной конечности [32, 39].

Одной из эффективных методик кинезотерапии при повреждении периферических нервов является зеркальная терапия. Методика заключается в выполнении ребенком определенных движений здоровой кистью с одновременным наблюдением за этим движением в отражении в зеркале; при этом поврежденная конечность находится вне поле зрения ребенка, за зеркалом. Пациент иллюзорно воспринимает движение в зеркале как движение поврежденной конечности, что возбуждает корковые центры и способствует восстановлению двигательной функции, усиливая сенсомоторную связь между мышцами и центральной нервной системой. Зеркальная терапия применяется у детей школьного возраста, так как необходимо участие ребенка. Упражнения выполняются пассивно-активно или активно, одной или двумя руками, в зависимости от функционального состояния [40]. Средствами, повышающими эффективность медицинской реабилитации детей с повреждением периферических нервов, являются ортезы различной конструкции.

PNF – Proprioceptive Neuromuscular Facilitation – проприоцептивная нейромышечная фасилитация, или методика проприоцептивного нейромышечного проторения, основанная на чувстве собственного тела. С помощью проприоцептивной нейромышечной фасилитации, используя определенные приемы, можно усиливать сигналы и стимулировать проприоцепторы и тем самым запустить или активировать ослабленные мышцы, увеличивать силу, объем движений, работать над координацией, равновесием, выносливостью, стабильностью, добиваясь более высокого уровня функционирования пациента. Методика PNF стимулирует выработку движений, которые пациент не может выполнить самостоятельно вследствие утраты функции.

В результате многократных повторений, афферентной стимуляции происходит и закрепление стереотипа движения в ЦНС, что способствует формированию правильного стереотипа движения, регрессу патологических компенсаций, увеличению двигательной активности [32].

В нашей стране создана уникальная научно-практическая база пелоидотерапии, не имеющая аналогов в мире. Воздействие на рефлекторно-сегментарную зону и пораженные конечности способствует улучшению гемодинамики, коррекции мышечной дисфункции, повышению двигательных возможностей. По данным экспериментальных и клинических исследований под влиянием грязевых аппликаций активизируются обменно-трофические процессы, процессы рассасывания фибрина, ин-

фильтратов, рубцов. Под влиянием грязевых аппликаций улучшаются электрофизиологические показатели, увеличивается максимальная произвольная сила мышц, силовая выносливость у детей с травмами опорно-двигательного аппарата. В последние годы наметилась тенденция перехода от классических методов грязелечения в сторону применения более экономичных, менее трудоемких процедур: электрогрязелечение, тонкослойные методики с минимальным расходом на процедуру.

В настоящее время получило распространение пакетированное грязелечение, лечение методом тонкослойных аппликаций в связи с развитием и внедрением внекурортного грязелечения. Это имеет особое важное значение для детей, перенесших травмы конечностей с повреждением нервов, сухожилий, когда в первые 6 месяцев после травмы исключено проведение тепловых процедур. В настоящее время в клинической практике для проведения тонкослойных грязевых аппликаций активно применяется препарат лечебной грязи с активными гуминовыми кислотами «Томед-аппликат», производимый только из специально подобранных экологически чистых торфов без применения химических материалов. Процедуры лечебной грязи детям с посттравматической невропатией проводятся на область послеоперационного шва, паретичные мышцы, по показаниям – на рефлекторно-сегментарную зону [32, 36, 37, 41].

Поэтому актуальность поиска и разработки новых эффективных технологий медицинской реабилитации детей с повреждением периферических нервов не вызывает сомнений.

Заключение

Таким образом, высокая частота повреждений периферических нервов у детей, риск развития нарушений или утраты функции конечности, инвалидизации пациента требует не только активного консервативного лечения, но и нередко хирургического вмешательства. Травмы нервных стволов конечностей в большинстве случаев требуют проведения длительной этапной медицинской реабилитации. Вместе с тем, до настоящего времени отсутствуют четкие рекомендации по ведению и реабилитации детей с повреждением периферических нервов в послеоперационном периоде, отсутствует единый алгоритм реабилитационных мероприятий. Программа медицинской реабилитации включает в себя применение аппаратной физиотерапии, роботизированной механотерапии, прикладной кинезотерапии, массажа, мягких мануальных техник, ортезирования, кинезиотейпирования. Технологии двигательной реабилитации являются ключевыми в программах медицинской реабилитации детей с посттравматической невропатией. Своевременное начало реабилитационных мероприятий, дифференцированное назначение физических факторов с учетом периода травмы обеспечивает сохранение результата хирургического лечения, способствует раннему восстановлению функции поврежденной конечности.

Список литературы

1. Меркулов М.В. Оптимизация восстановления иннервации тканей при повреждениях периферических нервов конечностей (экспериментально-клиническое исследование): дис. ... д.м.н. М. 2014: 364 с.
2. Одинак М.М. Заболевания и травмы периферической нервной системы (обобщение клинического и экспериментального опыта). СПб. СпецЛит. 2009: 367 с.
3. Золотов А.С., Пак О.И. К вопросу об истории хирургических операций при ранениях периферических нервов. Травматология и ортопедия России. 2013; Т.69(3): 162-166. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2013--3-162-166>
4. Бехтерев А.В., Ткаченко С.А., Машталов В.Д. Тактика при повреждении периферических нервов верхней конечности. Травматология. Нейрохирургия. 2017; 4(57): 28-32.
5. Унжаков В.В. Особенности повторных хирургических вмешательств на нервных стволах. СПб. СпецЛит. 2008: 162 с.
6. Говенько Ф.С. Хирургия повреждений периферических нервов. СПб. Феникс. 2010: 384 с.
7. Yeşil M., Ozcan O., Kaya O. Atypical injury of radial nerve after humeral shaft fracture. Eklem Hastalik Cerrahisi. 2017; (2): 132-136. <https://doi.org/10.5606/ehc.2017.55196>
8. Eser F. Etiological factors of traumatic peripheral nerve injuries. Neurology India. 2009; (4): 434-437. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.55614>
9. Романова М.Н., Зорин В.И., Жила Н.Г. Опыт ультразвуковой диагностики повреждений нервов верхней конечности у детей. Детская хирургия. 2012; (3): 34-37.
10. Живолупов С.А., Гневышев Е.Н., Рашидов Н.А., Самарцев И.Н. Клинические исследования. Нейропластические закономерности восстановления функций при травматических невропатиях и плексопатиях. Вестник Российской военно-медицинской академии. 2015; 1(49): 81-90.
11. Sulaiman O.A., Boyd J.R., Gordon T. Axonal regeneration in the peripheral nerve system. Oxford University Press. 2005: 454-466 p. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195152227.001.0001>
12. Клинические рекомендации по диагностике и хирургическому лечению повреждений и заболеваний периферической нервной системы. Ассоциация нейрохирургов России. М. 2015: 34 с.
13. Маргасов А.В. Актуальные проблемы травмы периферических нервов. Российский медицинский журнал. 2018; 12(1): 21-24.
14. Айтемиров Ш.М., Нинель В.Г., Коршунова Г.А., Щаницын И.Н. Высокорастворимая ультразвуковая диагностика и хирургии периферических нервов конечностей. Травматология и ортопедия России. 2015; (3): 116-125.
15. Chin B., Ramji M., Farrokhyar F. Efficient Imaging: Examining the Value of Ultrasound in the Diagnosis of Traumatic Adult Brachial Plexus Injuries. Neurosurgery. 2017: 217-224. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyx483>
16. Gasparotti R., Padua L., Briani C. New technologies for the assessment of neuropathies. Archives of Disease in Childhood: Fetal & Neonatal. 2017; (4): 203-216. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2017.31>
17. Jengojan S., Kovar F., Breitenseher J. Acute radial nerve entrapment at the spiral groove: detection by DTI-based neurography. European Radiology. 2015; V.25(6): 1678-1683. <https://doi.org/10.1007/s00330-014-3562-6>
18. Баринаова А.Н., Мументалер М., Штёр М., Мюллер-Фаль Г. Поражения периферических нервов и корешковые синдромы. М. Медпресс-информ. 2013: 616 с.
19. Domkundwar S., Autkar G., Khadilkar S.V., Virarkar M. Ultrasound and EMG–NCV study (electromyography and nerve conduction velocity) correlation in diagnosis of nerve pathologies. Journal of Ultrasound. 2017; V.20(2): 111–122. <https://doi.org/10.1007/s40477-016-0232-3>
20. Liu F., Zhu J., Wei M., Bao Y., Hu B. Preliminary evaluation of the sural nerve using 22-MHz ultrasound: A new approach for evaluation of diabetic cutaneous neuropathy. PLOS ONE. 2012; V.7(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032730>
21. Wilson T.J., Amrami K.K., Howe B.M., Spinner R.J. Clinical and Radiological Follow-up of Intraneural Perineuriomas. Neurosurgery. 2019; 85(6): 786-792. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyy476>
22. Дружинин Д.С., Дружинина Е.С., Новиков М.Л., Торно Т.Э., Карапетян А.С., Никитин С.С. Информативность УЗИ в диагностике интраневральной периневриомы. Вопросы нейрохирургии имени Н.Н. Бурденко. 2020; 84(5): 72-80.
23. Ray W.Z., Mahan M.A., Guo D., Kliot M. Erratum to: An update on addressing important peripheral nerve problems: challenges and potential solutions. Acta Neurochirurgica. 2017; V.159(9): 1775 p. <https://doi.org/10.1007/s00701-017-3232-y>
24. Чуловская И.Г. Ультразвуковая диагностика периферических нервов предплечья и кисти в норме и при патологии. Российский медицинский журнал. 2010; (3): 45-47.
25. Chung J.H., Jeong S.H., Dhong E.S., Han S.K. Surgical removal of intraneural perineurioma arising in the brachial plexus using an interfascicular dissection technique. Archives of Plastic Surgery. 2014; 41(3): 296-299. <https://doi.org/10.5999/aps.2014.41.3.296>
26. Meyera C., Stenberg L., Gonzalez-Perez F. Chitosan-film enhanced chitosan nerve guides for long-distance regeneration of peripheral nerves. Biomaterials Journal. 2016; V.76: 33-51. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2015.10.040>
27. Древаль О.Н., Оглезнев К.Я., Кузнецов А.В. Патология периферической нервной системы. Руководство по нейрохирургии. М. ГЭОТАР-Медиа. 2013; Т.2: 635-734.
28. Georgiou M., Golding J.P., Loughlin A.J. Engineered neural tissue with aligned, differentiated adipose-derived stem cells promotes peripheral nerve regeneration across a critical-sized defect in rat sciatic nerve. Biomaterials. 2015; V.37: 242-251. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2014.10.009>
29. Ххир Бек М., Алехин А.И., Голубев В.Г., Юлов В.В. Возможности современной реабилитации в комплексе лечения пациентов с травмами лучевого нерва. Вестник всероссийского общества специалистов по медико-социальной экспертизе, реабилитации и реабилитационной индустрии. 2012; (3): 102-109.
30. Пономаренко Г.Н. Физическая и реабилитационная медицина. Национальное руководство. М. ГЭОТАР-Медиа. 2017: 512 с.
31. Боголюбова В.М. Физиотерапия и курортология. М. Изд. Бином. 2008: 312 с.
32. Хан М.А., Разумов А.Н., Корчажкина Н.Б., Погонченкова И.В. Физическая и реабилитационная медицина в педиатрии. М. ГЭОТАР-Медиа. 2018: 408 с.
33. Подгорная О.В., Хромов А.Н. Возможности кинезиотерапии в медицинской реабилитации детей. Вестник восстановительной медицины. 2015; 6(70): 18-21.
34. Епифанов В.А. Лечебная физическая культура. Учебное пособие. М. ГЭОТАР-Медиа. 2012: 566 с.
35. Хан М.А., Кривцова Л.А., Демченко В.И. Физиотерапия в педиатрии. Москва–Омск. Издательско-полиграфический центр ОмГМА. 2014: 236 с.
36. Ушаков А.А. Практическая физиотерапия. М. ООО «Медицинское информационное агентство». 2009: 608 с.
37. Хан М.А., Подгорная О.В., Макарова М.Р., Тарасов Н.И., Даринская Л.Ю., Хромов А.Н., Исаев И.Н., Коротеев В.В., Кириллова И.С. Применение роботизированной механотерапии в реабилитации детей с последствиями травмы конечностей. Вестник восстановительной медицины. 2014; 4(62): 35-41.
38. Хан М.А., Выборнов Д.Ю., Тарасов Н.И., Почкин Е.О., Кириллова И.С. Современные технологии медицинской реабилитации при травме верхней конечности у детей. Вестник восстановительной медицины. 2020; 4(98): 42-47. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-98-4-42-47>
39. Вахова Е.Л., Хан М.А., Александров А.В. Современные технологии физио-кинезотерапии при повреждении периферических нервов у детей. Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. 2020; Т.97(6-2): 26 с.
40. Назарова М.А., Пирадов М.А., Черникова Л.А. Зрительная обратная связь – зеркальная терапия в нейрореабилитации. Технологии. 2012; Т.6(4): 36-40.
41. Герасименко М.Ю., Астахов П.В., Бадалов Н.Г., Крикорова С.А., Персиянова-Дуброва А.Л., Львова Н.В., Барашков Г.Н., Уянаева А.И. Пелоидотерапия в лечебно-реабилитационных и профилактических программах. Клинические рекомендации. Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. 2018; Т.17(1): 40-48.

References

- Merkulov M.V. *Optimizacija vosstanovleniya innervatsii tkanej pri povrezhdeniyah perifericheskikh nervov konechnostej (jeksperimental'noklinicheskoe issledovanie)*. Dokt. Diss. [Optimization of the restoration of tissue innervation in case of damage to the peripheral nerves of the extremities (experimental clinical study)]. Dokt. Diss. M. 2014: 364 p. (In Russ.)
- Odinak M.M. *Zabolevaniya i travmy perifericheskoy nervnoj sistemy (obobshchenie klinicheskogo i jeksperimental'nogo opyta)* [Diseases and injuries of the peripheral nervous system (generalization of clinical and experimental experience)]. SPb. SpecLit. 2009: 367 p. (In Russ.)
- Zolotov A.S., Pak O.I. *K voprosu ob istorii hirurgicheskikh operacij pri raneniyah perifericheskikh nervov* [On the history of surgical operations for peripheral nerve injuries]. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2013; V.69(3): 162-166. <https://doi.org/10.21823/2311-2905-2013--3-162-166> (In Russ.).
- Bekhterev A.V., Tkachenko S.A., Mashtalov V.D. *Taktika pri povrezhdenii perifericheskikh nervov verhnjej konechnosti* [Nerve injury management]. *Travmatologiya. Nejrohirurgiya*. 2017; 4(57): 28-32 (In Russ.).
- Unzhakov V.V. *Osobennosti povtornykh hirurgicheskikh vmeshatel'stv na nervnykh stvolah*. [Features of repeated surgical interventions on the nerve trunks]. SPb. SpecLit. 2008: 162 p. (In Russ.).
- Goven'ko F.S. *Hirurgija povrezhdenij perifericheskikh nervov* [Peripheral nerve injury surgery]. SPb. Feniks. 2010: 384 p. (In Russ.).
- Yeşil M., Ozcan O., Kaya O. *Atypical injury of radial nerve after humeral shaft fracture. Eklem Hastalik Cerrahisi*. 2017; (2): 132-136. <https://doi.org/10.5606/ehc.2017.55196>
- Eser F. *Etiological factors of traumatic peripheral nerve injuries. Neurology India*. 2009; (4): 434-437. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.55614>.
- Romanova M.N., Zorin V.I., Zhila N.G. *Opyt ul'trazvukovoj diagnostiki povrezhdenij nervov verhnjej konechnosti u detej* [Experience in ultrasound diagnostics of nerve injuries of the upper limb in children]. *Russian Journal of Pediatric Surgery*. 2012; (3): 34-37 (In Russ.).
- Zhivolupov S.A., Gnevyshev E.N., Rashidov N.A., Samarcev I.N. *Klinicheskie issledovaniya. Nejroplasticheskie zakonomernosti vosstanovleniya funkcyj pri travmaticheskikh nevropatijah i pleksopatijah* [Clinical researches. Neuroplastic patterns of restoration of functions in traumatic neuropathies and plexopathies]. *Bulletin of the Russian Military Medical Academy*. 2015; 1(49): 81-90 (In Russ.).
- Sulaiman O.A., Boyd J.R., Gordon T. *Axonal regeneration in the peripheral nerve system. Oxford University Press*. 2005: 454-466 p. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195152227.001.0001>
- Klinicheskie rekomendacii po diagnostike i hirurgicheskomu lecheniyu povrezhdenij i zabolevanij perifericheskoy nervnoj sistemy* [Clinical recommendations for the diagnosis and surgical treatment of injuries and diseases of the peripheral nervous system]. *Russian Association of Neurosurgeons*. M. 2015: 34 p. (In Russ.).
- Margasov A.V. *Aktual'nye problemy travmy perifericheskikh nervov* [Actual problems of peripheral nerve injury]. *Russian Medical Journal*. 2018; 12(1): 21-24 (In Russ.).
- Ajtemirov Sh.M., Ninel V.G., Korshunova G.A., Shchanitsyn I.N. *Vysokorazreshayushchaya ul'trasonografiya v diagnostike i hirurgii perifericheskikh nervov konechnostej* [High-resolution ultrasonography in the diagnosis and management of peripheral nerve lesions]. *Traumatology and Orthopedics of Russia*. 2015; (3): 116-125 (In Russ.).
- Chin B., Ramji M., Farrokhyar F. *Efficient Imaging: Examining the Value of Ultrasound in the Diagnosis of Traumatic Adult Brachial Plexus Injuries. Neurosurgery*. 2017: 217-224. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyx483>
- Gasparotti R., Padua L., Briani C. *New technologies for the assessment of neuropathies. Archives of Disease in Childhood: Fetal & Neonatal*. 2017; (4): 203-216. <https://doi.org/10.1038/nrneurol.2017.31>
- Jengojan S., Kovar F., Breitenseher J. *Acute radial nerve entrapment at the spiral groove: detection by DTI-based neurography. European Radiology*. 2015; V.25(6): 1678-1683. <https://doi.org/10.1007/s00330-014-3562-6>
- Barinova A.N., Mumentaler M., Shtyor M., Myuller-Fal' G. *Porazheniya perifericheskikh nervov i koreshkovye sindromy* [Läsionen Peripherer Nerven und Raadikelare Syndrome]. M. Medpress-inform. 2013: 616 p. (In Russ.).
- Domkundwar S., Autkar G., Khadiolkar S.V., Virarkar M. *Ultrasound and EMG-NCV study (electromyography and nerve conduction velocity) correlation in diagnosis of nerve pathologies. Journal of Ultrasound*. 2017; V.20(2): 111-122. <https://doi.org/10.1007/s40477-016-0232-3>
- Liu F., Zhu J., Wei M., Bao Y., Hu B. *Preliminary evaluation of the sural nerve using 22-MHz ultrasound: A new approach for evaluation of diabetic cutaneous neuropathy. PLOS ONE*. 2012; V.7(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0032730>
- Wilson T.J., Amrami K.K., Howe B.M., Spinner R.J. *Clinical and Radiological Follow-up of Intraneural Perineuriomas. Neurosurgery*. 2019; 85(6): 786-792. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyy476>
- Druzhinin D.S., Druzhinina E.S., Novikov M.L., Torno T.E., Karapetyan A.S., Nikitin S.S. *Informativnost' UZI v diagnostike intraneural'noj perinevriomy* [Informative value of ultrasound in the diagnosis of intraneural perineurioma]. *Zhurnal Voprosy Neurokhirurgii Imeni N.N. Burdenko*. 2020; 84(5): 72-80. <https://doi.org/10.17116/neiro20208405172> (In Russ.).
- Ray W.Z., Mahan M.A., Guo D., Kliot M. *Erratum to: An update on addressing important peripheral nerve problems: challenges and potential solutions. Acta Neurochirurgica*. 2017; V.159(9): 1775 p. <https://doi.org/10.1007/s00701-017-3232-y>
- Chulovskaya I.G. *Ul'trasonografiya perifericheskikh nervov predplech'ya i kisti v norme i pri patologii* [Ultrasonography of peripheral nerves of the forearm and hand in normal and pathological conditions]. *Russian Medical Journal*. 2010; (3): 45-47 (In Russ.).
- Chung J.H., Jeong S.H., Dhong E.S., Han S.K. *Surgical removal of intraneural perineurioma arising in the brachial plexus using an interfascicular dissection technique. Archives of Plastic Surgery*. 2014; 41(3): 296-299. <https://doi.org/10.5999/aps.2014.41.3.296>
- Meyera C., Stenberg L., Gonzalez-Perez F. *Chitosan-film enhanced chitosan nerve guides for long-distance regeneration of peripheral nerves. Biomaterials Journal*. 2016; V.76: 33-51. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2015.10.040>
- Dreval' O.N., Ogleznev K.Ya., Kuznecov A.V. *Patologiya perifericheskoy nervnoj sistemy. Rukovodstvo po nejrohirurgii* [Pathology of the Peripheral Nervous System. A Guide to Neurosurgery]. M. Geotar-media. 2013; V.2 635-734 p. (In Russ.).
- Georgiou M., Goding J.P., Loughlin A.J. *Engineered neural tissue with aligned, differentiated adipose-derived stem cells promotes peripheral nerve regeneration across a critical sized defect in rat sciatic nerve. Biomaterials*. 2015; V.37: 242-251. <https://doi.org/10.1016/j.biomaterials.2014.10.009>
- Kher Bek M., Alekhin A.I., Golubev V.G., Yulov V.V. *Vozmozhnosti sovremennoj reabilitacii v komplekse lecheniya pacientov s travmami lucheвого nerva* [The possibilities of modern rehabilitation in the complex treatment of patients with radial nerve injuries]. *Vestnik Vserossijskogo obshchestva specialistov po mediko-social'noj ekspertize, reabilitacii i reabilitacionnoj industrii*. 2012, №3:102-109 (In Russ.).
- Ponomarenko G.N. *Fizicheskaya i reabilitacionnaya medicina. Nacional'noe rukovodstvo* [Physical and rehabilitation medicine. National Guide]. M. GEOTAR-Media. 2017: 512 p. (In Russ.).
- Bogolyubova V.M. *Fizioterapiya i kurortologiya* [Physiotherapy and balneology]. M. Izd. Binom. 2008: 312 p. (In Russ.).
- Khan M.A., Razumov A.N., Korchazhkina N.B., Pogonchenkova I.V. *Fizicheskaya i reabilitacionnaya medicina v pediatrii* [Physical and rehabilitation medicine in pediatrics]. M. GEOTAR-Media. 2018: 408 p. (In Russ.).
- Podgornaya O.V., Hromov A.N. *Vozmozhnosti kineziotepirovaniya v medicinskoj reabilitacii detej* [Possibilities of Kinesiotaping in Medical Rehabilitation of Children]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2015; 6(70): 18-21 (In Russ.).
- Epifanov V.A. *Lecheniya fizicheskaya kul'tura. Uchebnoe posobie* [Healing Fitness. Tutorial]. M. GEOTAR-Media. 2012: 566 p. (In Russ.).
- Han M.A., Krivcova L.A., Demchenko V.I. *Fizioterapiya v pediatrii*. [Physical therapy in pediatrics]. Moscow-Omsk. Izdatel'sko-poligraficheskij centr OmG-MA. 2014: 236 p. (In Russ.).
- Ushakov A.A. *Prakticheskaya fizioterapiya* [Practical physical therapy]. M. OOO «Medicinskoe informacionnoe agentstvo». 2009: 608 p. (In Russ.).
- Chan M.A., Podgornaya O.V., Makarova M.R., Tarasov N.I., Darinskaya L.U., Khromov A.N., Isaev I.N., Koroteev V.V., Kirillova I.S. *Primenenie robotizirovannoj mekhanoterapii v reabilitacii detej s posledstviyami travmy konechnostej* [Application of robotic mechanotherapy in rehabilitation of children with consequences limb injuries]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2014; 4(62): 35-41 (In Russ.).
- Khan M.A., Vybornov D.Yu., Tarasov N.I., Pochkin E.O., Kirillova I.S. *Sovremennye tekhnologii medicinskoj reabilitacii pri travme verhnjej konechnosti u detej* [Modern technologies of medical rehabilitation of upper limb injury in children]. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2020; 4(98): 42-47. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-98-4-42-47> (In Russ.).

39. Vahova E.L., Han M.A., Aleksandrov A.V. Sovremennye tekhnologii fizio-kinezoterapii pri povrezhdenii perifericheskikh nervov u detej [Modern technologies of physio-kinesotherapy for peripheral nerve damage in children]. *Problems of Balneology, Physiotherapy and Exercise Therapy*. 2020; V.97(6-2): 26 p. (In Russ.).
40. Nazarova M.A., Piradov M.A., Chernikova L.A. Zritel'naya obratnaya svyaz' – zerkal'naya terapiya v nejroreabilitacii [Visual feedback is a mirror therapy in neurorehabilitation]. *Technologies*. 2012; V.6(4): 36-40 (In Russ.).
41. Gerasimenko M.Yu., Astahov P.V., Badalov N.G., Krikorova S.A., Persiyanova-Dubrova A.L., L'vova N.V., Barashkov G.N., Uyanaeva A.I. Peloidoterapiya v lechebno-reabilitacionnyh i profilakticheskikh programmah. Klinicheskie rekomendacii [Peloidotherapy in Medical Rehabilitation and Prevention Programs. Clinical Guidelines]. *Russian Journal of Physiotherapy, Balneology and Rehabilitation*. 2018; V.17(1): 40-48 (In Russ.).

Информация об авторах:

Хан Майя Алексеевна, доктор медицинских наук, профессор, заведующий Центром медицинской реабилитации, Детская городская клиническая больница имени Н.Ф. Филатова Департамента здравоохранения города Москвы; заведующий отделом медицинской реабилитации детей и подростков, Московский научно-практический центр медицинской реабилитации, восстановительной и спортивной медицины Департамента здравоохранения города Москвы; главный внештатный специалист по медицинской реабилитации (детский) Управления делами Президента Российской Федерации; профессор кафедры физической и реабилитационной медицины, Центральная государственная медицинская академия Управления делами Президента Российской Федерации.

E-mail: 6057016@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1081-1726>

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 города Москвы.

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

Александров Александр Владимирович, доктор медицинских наук, заведующий отделением реконструктивной микрохирургии, Детская городская клиническая больница имени Н.Ф. Филатова Департамента здравоохранения города Москвы.

E-mail: alexmicrosurg@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6110-2380>

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

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

Гусакова Елена Викторовна, доктор медицинских наук, профессор, начальник Центра реабилитации, Центральная клиническая больница с поликлиникой Управления делами Президента Российской Федерации; заведующий кафедрой физической и реабилитационной медицины с курсом клинической психологии и педагогики, Центральная государственная медицинская академия Управления делами Президента Российской Федерации.

E-mail: gusakova07@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9711-6178>

Смирнов Александр Андреевич, аспирант кафедры детской хирургии, Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова Минздрава России, Детская городская клиническая больница имени Н.Ф. Филатова Департамента здравоохранения города Москвы.

E-mail: smirnov_aan@bk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7274-8291>

Вклад авторов:

Хан М.А. – концепция и дизайн работы, научная редакция текста рукописи; Вахова Е.Л. – обзор публикаций по теме статьи, дизайн работы, написание текста рукописи; Александров А.В. – проверка критически важного содержания, научная редакция текста рукописи; Турова Е.А. – проверка критически важного содержания, научная редакция текста рукописи, Гусакова Е.В. – проверка критически важного содержания, научная редакция текста рукописи, Смирнов А.А. – обзор публикаций по теме статьи, выполнение текстовой части работы.

Information about the authors:

Maya A. Khan, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Medical Rehabilitation Center, Filatov Children's City Clinical Hospital, Head of the Department of Medical Rehabilitation of Children and Adolescents, Moscow Scientific Practical Center of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Moscow; Professor, Department of Physical and Rehabilitation Medicine with a Course in Clinical Psychology and Pedagogy, Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation.

E-mail: 6057016@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1081-1726>

Ekaterina L. Vakhova, Cand. Sci. (Med.), Leading Researcher, Moscow Scientific Practical Center of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine.

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

Alexander V. Alexandrov, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Reconstructive Microsurgery, Filatov Childrens City Clinical Hospital.

E-mail: alexmicrosurg@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-6110-2380>

Elena A. Turova, Dr. Sci. (Med.), Professor, Deputy Director for Scientific Work, Moscow Scientific Practical Center of Medical Rehabilitation, Restorative and Sports Medicine, Sechenov First Moscow State Medical University.

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

Elena V. Gusakova, Dr. Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Physical and Rehabilitation Medicine with a Course in Clinical Psychology and Pedagogy, Central State Medical Academy of the Presidential Administration of the Russian Federation.

E-mail: gusakova07@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-9711-6178>

Alexander A. Smirnov, Resident, Department of Pediatric Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University.
E-mail: smirnov_aan@bk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7274-8291>

Contribution:

Khan M.A. – concept and design of the work, scientific editing of the text of the manuscript; Vakhova E.L. – review of publications on the topic of the article, design of the work, writing the text of the manuscript; Alexandrov A.V. – review of critical content, scientific revision of the text of the manuscript; Turova E.A. – verification of critical content, scientific editing of the text of the manuscript; Guskova E.V. – verification of critical content, scientific editing of the text of the manuscript; Smirnov A.A. – review of publications on the topic of the article, execution of the text part of the work.

