

Обзорная статья / Review

УДК: 616.8-00, 616.8-08, 617.575, 616-08-031.84

DOI: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-34-41>

## Современные методы реабилитации пациентов после хирургического лечения синдрома карпального канала: обзор литературы

Гребень Т.Н.<sup>1,\*</sup>, Фесюн А.Д.<sup>1</sup>, Гребень А.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России, Москва, Россия

<sup>2</sup> ГБУЗ города Москвы «Городская клиническая больница № 29 им. Н.Э. Баумана» Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

### РЕЗЮМЕ

**ВВЕДЕНИЕ.** Синдром карпального канала (СКК) является одним из наиболее распространенных типов туннельных синдромов и занимает шестое место в реестре всех профессиональных заболеваний. Высокий интерес к изучению данной патологии и особенностям его послеоперационного ведения обусловлен широкой распространенностью заболевания, социальной значимостью, зачастую неудовлетворительными результатами хирургического лечения и длительным периодом восстановления функции кисти. Цель настоящей работы заключалась в изучении современных концепций послеоперационной реабилитации пациентов с СКК.

**МЕТОДОЛОГИЯ ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ.** При подготовке обзора использовались открытые электронные базы данных научной литературы: PubMed, ClinicalTrials.gov, eLibrary.ru. Поиск данных медицинской литературы произведен по следующим ключевым словам: «реабилитация», «синдром карпального канала», «синдром запястного канала», «срединный нерв», «компрессионная нейропатия». Критериями включения в анализ литературных источников являлись рандомизированные контролируемые клинические исследования, систематические обзоры и метаанализы. Предпочтение отдавалось публикациям за последние 5–10 лет.

**ОБСУЖДЕНИЕ.** Представлены наиболее часто применяющиеся методики в рамках послеоперационного ведения пациентов с СКК, обсуждены механизмы их действия и перспективы развития данной области. Рассмотрены следующие способы реабилитации: широкий спектр методов аппаратной физиотерапии, мануальная терапия, кинезиотейпирование, лимфодренажный массаж, а также возможности лечебной физкультуры и роботизированной механотерапии. Несмотря на высокий уровень развития медицины, важной проблемой остается длительный процесс реабилитации данных пациентов, при этом клиническая эффективность большего спектра предлагаемых методик по-прежнему остается малоизученной. Одними из наиболее перспективных методов реабилитации пациентов после оперативного лечения по поводу СКК являются методы роботизированной механотерапии и экстракорпоральной ударно-волновой терапии.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Для эффективного применения описанных техник в рамках послеоперационной реабилитации пациентов с СКК в клинической практике необходимы дальнейшие исследования и изучение их долгосрочных эффектов, а также сравнение их эффективности с целью наиболее полного и быстрого восстановления функции пораженной кисти.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** реабилитация, синдром карпального канала, срединный нерв, компрессионная нейропатия, травматология, ударно-волновая терапия, роботизированная механотерапия.

**Для цитирования / For citation:** Гребень Т.Н., Фесюн А.Д., Гребень А.И. Современные методы реабилитации пациентов после хирургического лечения синдрома карпального канала: обзор литературы. Вестник восстановительной медицины. 2024; 23(2):34-41. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-34-41> [Greiben T.N., Fesyun A.D., Greben A.I. Current Medical Rehabilitation Methods for Patients after Carpal Tunnel Syndrome Surgical Treatment: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(2):34-41. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-34-41> (In Russ.)]

\* Для корреспонденции: Гребень Татьяна Николаевна, E-mail: [grebentn@nmicrk.ru](mailto:grebentn@nmicrk.ru)

Статья получена: 19.02.2024  
Статья принята к печати: 11.04.2024  
Статья опубликована: 15.04.2024

© 2024, Гребень Т.Н., Фесюн А.Д., Гребень А.И.

Tatiana N. Greben, Anatoliy D. Fesyun, Anastasiya I. Greben

Эта статья открытого доступа по лицензии CC BY 4.0. Издательство: ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России.

This is an open article under the CC BY 4.0 license. Published by the National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

# Current Medical Rehabilitation Methods for Patients after Carpal Tunnel Syndrome Surgical Treatment: a Review

 Tatiana N. Greben<sup>1,\*</sup>,  Anatoliy D. Fesyun<sup>1</sup>,  Anastasiya I. Greben<sup>2</sup>

<sup>1</sup> National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russia

<sup>2</sup> City Clinical Hospital № 29 named N.E. Bauman, Moscow, Russia

## ABSTRACT

**INTRODUCTION.** Carpal tunnel syndrome is one of the most common tunnel syndromes types and ranks sixth in the all-occupational diseases' registry. The high interest in this pathology and its' postoperative management peculiarities study is due to the disease widespread prevalence, social significance, often unsatisfactory surgical treatment results and a long hand function restoration period. The purpose of this work was to study modern concepts of postoperative rehabilitation of patients with carpal tunnel syndrome.

**SOURCE SEARCH METHODOLOGY.** When preparing the review, open electronic databases of scientific literature were used: PubMed, ClinicalTrials.gov, eLibrary.ru. The search for medical literature data was carried out using the following keywords: "rehabilitation", "carpal tunnel syndrome", "carpal tunnel syndrome", "median nerve", "compressive neuropathy". The criteria for inclusion in the analysis of literature sources were: randomized controlled clinical trials, systematic reviews and meta-analyses. Preference was given to publications over the past 5–10 years.

**DISCUSSION.** The article presents the most commonly used techniques in the postoperative management of patients with carpal tunnel syndrome, discusses the mechanisms of their action and prospects for the development of this area. The review discussed the following rehabilitation methods: a wide range of methods of hardware physiotherapy, manual therapy, kinesiotaping, manual lymphatic drainage, as well as the possibilities of physical therapy and robotic mechanotherapy. Despite the high level of development of medicine, the long process of rehabilitation of these patients remains an important problem, while the clinical effectiveness of a wider range of proposed techniques still remains poorly understood. Some of the most promising methods of rehabilitation of patients after surgical treatment for carpal tunnel syndrome are methods of robotic mechanotherapy and extracorporeal shock wave therapy.

**CONCLUSION.** For the effective use of the described techniques as part of the postoperative rehabilitation of patients with carpal tunnel syndrome in clinical practice, further research and study of their long-term effects, as well as comparison of their effectiveness with the aim of the most complete and rapid restoration of the function of the affected hand, is necessary.

**KEYWORDS:** rehabilitation, carpal tunnel syndrome, median nerve, compression neuropathy, traumatology, shock wave therapy, robotic mechanotherapy.

**For citation:** Greben T.N., Fesyun A.D., Greben A.I. Current Medical Rehabilitation Methods for Patients after Carpal Tunnel Syndrome Surgical Treatment: a Review. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2024; 23(2):34-41. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2024-23-2-34-41> (In Russ.).

\* **For correspondence:** Tatiana N. Greben, E-mail: grebentn@nmicrk.ru

**Received:** 19.02.2024

**Accepted:** 11.04.2024

**Published:** 15.04.2024

## ВВЕДЕНИЕ

Синдром карпального канала (СКК) представляет собой компрессионную нейропатию срединного нерва на уровне карпального (запястного) канала кисти. Данная патология является наиболее часто встречающейся туннельной нейропатией (до 90 % всех случаев) и регистрируется как минимум у 3,8 % населения, при этом пик заболеваемости отмечается в возрасте от 45 до 65 лет [1–3]. В подавляющем большинстве случаев данный тип поражения срединного нерва характерен для женского пола, что в научном сообществе объясняется гормональной перестройкой в периоде постменопаузы, характером труда и особенностями анатомического строения карпального канала у женщин [4, 5]. К факторам риска возникновения СКК также относится наличие хронических эндокринных заболеваний и постоянная перегрузка лучезапястного сустава [6–14].

Основным вариантом лечения пациентов с СКК, несмотря на продемонстрированную эффективность консервативных методов терапии, остается оперативное вмешательство, что обусловлено поздним обращением пациентов за квалифицированной медицинской помощью и, как следствие, наличием тяжелой степени пора-

жения нерва [15–17]. Хирургическое лечение при этом заболевании заключается в декомпрессии срединного нерва, которая может быть выполнена путем открытого рассечения карпальной связки, а также современных малоинвазивных и эндоскопических техник [10, 11, 18].

На данный момент в общемировой и отечественной практике отсутствует консенсус в отношении тактики и методов реабилитации данной категории пациентов в послеоперационном периоде, в то время как несомненным является факт утраты их профессиональной трудоспособности, стойкое снижение качества жизни и зачастую неудовлетворенность результатами оперативного лечения, что в совокупности определяет важность и актуальность углубленного изучения новых подходов к реабилитации пациентов с СКК [15, 17, 18]. В связи с этим цель настоящей работы заключалась в изучении современных концепций послеоперационной реабилитации пациентов с СКК.

## МЕТОДОЛОГИЯ ПОИСКА ИСТОЧНИКОВ

При подготовке обзора использовались базы данных научной литературы PubMed, ClinicalTrials.gov, eLibrary.ru. Поиск данных медицинской литературы

производился по следующим ключевым словам: «реабилитация/rehabilitation»; «синдром карпального канала/синдром запястного канала/carpal tunnel syndrome»; «срединный нерв/median nerve»; «компрессионная нейропатия/compression neuropathy». Применялись следующие критерии включения в анализ литературных источников: рандомизированные контролируемые клинические исследования, систематические обзоры и метаанализы. В анализ не включались статьи без полнотекстовой версии и дублирующие публикации. Предпочтение отдавалось работам за последние 5–10 лет.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ литературных данных позволил выявить особенности функциональных нарушений у пациентов с СКК после оперативного вмешательства. Так, в случае адекватно проведенного хирургического лечения пациенты отмечают быстрое купирование болевого синдрома, в то время как восстановление двигательной активности кисти и чувствительности в зоне иннервации срединного нерва происходит постепенно, в течение нескольких месяцев с момента оперативного вмешательства [2, 14]. Уменьшение площади поперечного сечения поврежденного нерва, согласно данным медицинской литературы, наблюдается в течение последующих 2–18 месяцев, однако не всегда восстанавливается до его нормальных, среднестатистических размеров [2, 14, 19–29].

Для пациентов более старшей возрастной категории (старше 60 лет) характерно как более тяжелое течение самого заболевания, так и менее благоприятные результаты его хирургического лечения, что может быть объяснено снижением активности процессов регенерации, в частности, нервной ткани. Эффективность и оправданность оперативного вмешательства у них по-прежнему остается дискуссионной [30]. Частота неудовлетворительных результатов после произведения декомпрессии срединного нерва в случае отсутствия адекватной послеоперационной реабилитации может достигать по данным разных исследователей 25 % [31].

Основной целью послеоперационной реабилитации пациентов с СКК является максимально полное и быстрое восстановление утраченных вследствие заболевания функций кисти: чувствительности, силы мышц кисти, объема движений, а также предотвращение рецидива компрессии нерва и часто встречающимися осложнениями оперативного вмешательства, таких как наличие выраженного отека и рубцов [2]. Послеоперационная реабилитация при СКК является исключительно персонализированной и может включать в себя разнонаправленные и дополняющие друг друга методики: комплексы упражнений, мобилизацию мягких тканей, иммобилизацию лучезапястного сустава с помощью ортеза, уход за ранами, работу с отеками и формирующимися рубцами, применение физиотерапевтических методов лечения, десенсибилизацию и эргономическую модификацию рабочего места пациента [32].

Иммобилизация лучезапястного сустава при помощи различных представленных на рынке фиксаторов или индивидуальных ортезов из низкотемпературного пластика может быть использована с целью снижения интенсивности болевого синдрома в послеоперацион-

ном периоде, десенсибилизации раны, предотвращения динамического сдавления срединного нерва, а также для уменьшения натяжения сухожилий сгибателей кисти, проходящих в карпальном канале [33].

В программах реабилитации пациентов с СКК после проведенного оперативного лечения используют также методы аппаратной физиотерапии. Лазерную и ультразвуковую терапию в рамках послеоперационного ведения пациентов с СКК применяют с целью стимуляции процессов регенерации как кожных покровов, так и нервной ткани, уменьшения интенсивности болевого синдрома и воспаления, как в самом нервном стволе, так и в окружающих его сухожилиях сгибателей пальцев [33–35]. Электромиостимуляция, в свою очередь, препятствует дальнейшей атрофии мышц тенара и первых двух червеобразных мышц, обеспечивая экзогенную стимуляцию мышечной ткани в период восстановления срединного нерва, что в дальнейшем значительно влияет на функциональный результат [36].

Отсутствие громоздкой послеоперационной повязки также является важным принципом реабилитации, так как создаются оптимальные условия для самостоятельной ранней мобилизации, за счет чего происходит продольное скольжение срединного нерва и сухожилий, что препятствует образованию спаек между ними [37].

Воздействие на отек, заключающееся в поддержании возвышенного положения верхней конечности в первые дни после оперативного вмешательства, местного применения холода, кинезиотейпирования, методик лимфодренажного массажа и комплекса упражнений, уменьшает риски формирования рубцов и последующего ограничения подвижности суставов [32].

Работа с рубцами включает в себя применение мануальных техник, электрофонофореза с лидазой, кинезиотейпирования и экстракорпоральной ударно-волновой терапии (УВТ), которые минимизируют риски развития рубцово-спаечного процесса в области хирургического доступа и образования периневральных рубцов, приводящих к рецидиву заболевания [37]. Причина развития данного наиболее часто встречающегося осложнения, по поводу которого проводится от 23 до 100 % ревизионных оперативных вмешательств, может заключаться как в особенностях репаративного процесса самого пациента, так и в осуществлении неоправданного невролиза в ходе операции [31, 38]. В рамках реабилитационных программ пациентов с СКК также активно применяются прогрессирующие упражнения с целью восстановления объема движений и увеличения силы хвата пораженной кисти [32].

Клинически значимое снижение интенсивности болевого синдрома и улучшение функции кисти продемонстрировала мобилизация мягких тканей в области карпального канала и послеоперационного рубца [32, 39]. Отмечаемые положительные эффекты ее применения могут быть объяснены улучшением вязкоупругих свойств опорно-двигательного аппарата, восстановлением дисфункциональных моделей активности проприоцепторов и ноцицепторов как в центральной, так и в периферической нервной системе, а также ремоделированием субсиновиальной соединительной ткани. Использование миофасциальной мобилизации в после-

операционном периоде характеризуется уменьшением выраженности рубцово-спаечного процесса между соединительной тканью и срединным нервом, что позволяет нервному стволу свободно скользить по нижележащей фасции, а также способствует биомеханической реструктуризации, как локально, так и на расстоянии, стимуляции пролиферации фибробластов и последующему увеличению синтеза нормального коллагена. Таким образом, миофасциальная мобилизация может выступать в качестве адъювантной терапии в послеоперационном периоде при СКК [40–44].

Экстракорпоральная УВТ — эффективный и безопасный неинвазивный метод, основанный на воздействии ударных волн на различные ткани человека в результате прямого или косвенного контакта, который зарекомендовал себя в лечении и реабилитации пациентов с различными заболеваниями опорно-двигательного аппарата [45–49]. Механизм действия УВТ изучен не полностью, однако на данный момент известно, что используемая при УВТ механическая энергия вызывает ряд изменений в цитоскелете, приводит к активации ядра клетки (например, высвобождение мРНК) и других клеточных структур, таких как митохондрии, эндоплазматический ретикулум, внутриклеточные везикулы и т. д., что индуцирует, в свою очередь, процессы заживления, увеличение производства эндогенного оксида азота и снижение активации NF-κB, что оказывает выраженный противовоспалительный эффект [50, 51].

В недавних работах было показано, что УВТ также оказывает стимулирующее действие на процессы нейро- и ангиогенеза, что обуславливает его применение в лечении компрессионных нейропатий [52]. В послеоперационном периоде у пациентов с СКК может быть использована УВТ с целью улучшения процессов регенерации, уменьшения активности воспалительного процесса и механического воздействия на послеоперационные рубцы [53]. Редукция воспаления в карпальном канале способствует уменьшению давления на срединный нерв, увеличению пролиферации шванновских клеток, что, в свою очередь, улучшает процессы регенерации аксонов нервной ткани и, как следствие, уменьшает симптомы заболевания [54, 55]. В работах иностранных авторов неоднократно было показано, что применение УВТ при СКК в рамках послеоперационной реабилитации приводит к уменьшению интенсивности болевого синдрома, отека и симптомов заболевания, улучшению функциональных показателей пораженной кисти, качества рубцовой ткани и электрофизиологических показателей (увеличение скорости сенсорной проводимости и уменьшение дистальной латентности) [56–68].

Перспективным в рамках послеоперационного ведения пациентов с СКК является применение современных роботехнических устройств, интегрирующих в свой дизайн новые полезные концепции, основанные на теориях обучения и моторного контроля. Применение роботизированной механотерапии крайне актуально в реабилитации заболеваний, сопровождающихся двигательными расстройствами, с целью оптимизации и улучшения конкретных двигательных навыков с помощью практики, основанной на интенсивных, повторяющихся, мотивирующих и высокочастотных упражнениях

[69–72]. Данные научной литературы демонстрируют, что данный вид физической терапии является безопасным, простым в использовании, регулируемым, надежным и действенным инструментом восстановления объема движений, захвата и улучшения кинетических и кинематических параметров, связанных со сгибанием и с разгибанием пальцев, что позволяет использовать его в сочетании с другими методами реабилитации [73, 74].

Использование механотерапии в реабилитации верхней конечности способно в перспективе улучшить функциональные показатели пораженной кисти, стимулируя конкретные двигательные навыки руки, увеличивая функцию и силу хвата, улучшая координацию и скорость выполнения задач, что может улучшить соматосенсорные функции, двигательный контроль, ощущение нахождения конечности в пространстве, и, таким образом, улучшить интеграцию пораженной кисти в повседневную активность [75]. Сочетание робототехники с другими методиками реабилитации может оптимизировать процесс моторного переобучения пациента конкретным навыкам, связанным с амплитудой и силой хвата, моторным секвенированием пальцев, независимым движением и контролем прилагаемой силы [76–79]. Использование роботизированных устройств в клинической практике позволяет также увеличить индивидуальную селективную активацию одних пальцев и уменьшить дисфункциональную коактивацию других, улучшая тем самым специфические навыки хвата [80, 81]. В результате применения механотерапии отмечается улучшение когнитивных качеств пациента, что особенно актуально при СКК, поражающем преимущественно лиц пожилого возраста [82].

В исследованиях также было показано положительное влияние мультимодальной, комбинированной реабилитационной программы с точки зрения силы хвата, интенсивности болевого синдрома и сроков восстановления трудоспособности, что говорит о целесообразности применения различных разнонаправленных средств реабилитации в послеоперационном периоде [32, 83, 84]. В ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России был разработан новый метод реабилитации пациентов после оперативного лечения по поводу СКК (авторы: Гребень Т.Н., Фесюн А.Д.) на основе комплексного воздействия тренировок на роботизированном тренажере «Amadeo» (10 занятий на курс) и процедур экстракорпоральной УВТ (3 процедуры на курс), которые применяются на фоне стандартного комплекса традиционных методов реабилитации (ультрафонофорез, воздействие низкоинтенсивным лазерным излучением инфракрасным лазером, местные лечебные ручные ванны, групповые занятия лечебной гимнастикой и массаж оперированной верхней конечности). Опыт применения данного комплексного метода реабилитации показал, что использование комплексного воздействия роботизированных систем механотерапии и экстракорпоральной УВТ в послеоперационном периоде медицинской реабилитации пациентов с СКК способствует сокращению периода восстановления объема движений и силы кисти и восстановлению утраченной мелкой моторики дистальных отделов верхней конечности, с чем не всегда справляются традиционные методы медицинской реабилитации.

Согласно данным медицинских исследований, соблюдение реабилитационной программы в послеоперационном периоде — важнейший прогностический фактор раннего возвращения к привычному образу жизни и рабочим обязанностям [32, 83]. Ранняя оценка функционального состояния пациента с СКК, формирование конкретных для данного пациента целей и задач реабилитации в совокупности с междисциплинарным лечением способствуют ускорению функционального восстановления и улучшению качества жизни в послеоперационном периоде.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СКК является важной социальной проблемой, что объясняется проявлением симптомов данного заболевания, значительно ухудшающих функцию всей верхней конечности, в основном у лиц трудоспособного возраста, а также пожилых людей, как в России, так и во всем мире. Несмотря на высокий уровень развития восстановительной медицины,

важной проблемой остается длительное восстановление пациентов и неудовлетворенность результатами проведенного лечения, клиническая эффективность большего спектра предлагаемых методик по-прежнему остается малоизученной. На данный момент отсутствуют общепринятый стандарт и алгоритм послеоперационных реабилитационных мероприятий после осуществления хирургического лечения данной патологии. Поэтому для эффективного применения описанных техник в рамках послеоперационной реабилитации пациентов с СКК в клинической практике необходимы дальнейшие исследования и изучение их долгосрочных эффектов, а также сравнение их эффективности с целью наиболее полного и быстрого восстановления функции пораженной кисти. В этом аспекте одними из наиболее перспективных методов реабилитации пациентов после оперативного лечения по поводу СКК являются методы роботизированной механотерапии и экстракорпоральной УВТ.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Гребень Татьяна Николаевна**, заместитель директора по лечебной части, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

E-mail: grebentn@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6001-0804>

**Фесюн Анатолий Дмитриевич**, доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры организации здравоохранения и санаторно-курортного дела, и.о. директора, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3097-8889>

**Гребень Анастасия Игоревна**, врач-травматолог-ортопед, ГБУЗ города Москвы «Городская клиническая больница № 29 им. Н.Э. Баумана» Департамента здравоохранения города Москвы.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2423-523X>

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают свое авторство в соответствии с международными критериями

ICMJE (все авторы внесли значительный вклад в концепцию, дизайн исследования и подготовку статьи, прочитали и одобрили окончательный вариант до публикации). Наибольший вклад распределен следующим образом: Гребень Т.Н. — методология, проведение исследования, анализ данных, написание черновика рукописи; Фесюн А.Д. — проверка и редактирование рукописи, курирование проекта, руководство проектом; Гребень А.И. — анализ данных, написание черновика рукописи.

**Источники финансирования.** Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

**Конфликт интересов.** Фесюн А.Д. — главный редактор журнала «Вестник восстановительной медицины». Остальные авторы заявляют об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**Доступ к данным.** Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по обоснованному запросу у корреспондирующего автора.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Tatiana N. Greben**, Deputy Director for Medical Affairs, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

E-mail: grebentn@nmicrk.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6001-0804>

**Anatoliy D. Fesyun**, Dr. Sci. (Med.), Professor, Department of Healthcare Organization and Health Resorts, Acting Director, National Medical Research Center for Rehabilitation and Balneology.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3097-8889>

**Anastasiya I. Greben**, Orthopedic Traumatologist, Bauman City Clinical Hospital No. 29.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2423-523X>

**Author Contributions.** All authors confirm their authorship according to the international 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 contributions: Greben T.N. — methodology, research, data analysis, writing the draft manuscript; Fesyun A.D. — checking and editing the manuscript, project supervision, project management; Greben A.I. — data analysis, writing the draft manuscript.

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

**Disclosure.** Fesyun A.D. — Editor-in-Chief of the journal “Bulletin of Rehabilitation Medicine”. The other authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

**Data Access Statement.** The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

## Список литературы / References

1. Малецкий Э.Ю., Короткевич М.М., Бутова А.В. и др. Измерение периферических нервов: сопоставление ультразвуковых, магнитно-резонансных и интраоперационных данных. Медицинская визуализация. 2015; (2): 78–86. [Maletskiy E.Yu., Korotkevich M.M., Butova A.V., et al. Measurements of Peripheral Nerves: Comparison of Ultrasound, MRI and Direct Intraoperative Data. Medical Visualization. 2015; (2): 78–86 (In Russ.).]
2. Эрстов А.Н., Щукина Т.В., Федоров В.Н. и др. Анализ хирургического лечения с применением открытого доступа в зависимости от длительности заболеваний и сопутствующих нозологий. Здоровоохранение Чувашии. 2023; (2): 52–62. <https://doi.org/10.25589/GIDUV.2023.53.44.003> [Eristov A.N., Shchukina T.V., Fedorov V.N., et al. Analysis of open-access surgical treatment depending on the duration of disease and concomitant nosologies. Healthcare of Chuvashia. 2023; (2): 52–62. <https://doi.org/10.25589/GIDUV.2023.53.44.003> (In Russ.).]
3. Gerger H., Macri E.M., Jackson J.A., et al. Physical and psychosocial work-related exposures and the incidence of carpal tunnel syndrome: A systematic review of prospective studies. Applied ergonomics. 2024; (117): 104211. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2023.104211>
4. Самарцев И.Н., Рашидов Н.А., Живолупов С.А., Воробьева М.Н. Современная стратегия дифференциальной диагностики и лечения компрессионно-ишемической невропатии срединного нерва на уровне карпального канала (клиническое исследование). Consilium Medicum. 2017; (19) (2.2. Неврология и Ревматология): 58–66. [Samartsev I.N., Rashidov N.A., Zhivolupov S.A., Vorobieva M.N. Contemporary strategy of differential diagnosis and treatment of carpal tunnel syndrome (clinical study). Consilium Medicum. 2017; (19) (2.2. Neurology and Rheumatology): 58–66 (In Russ.).]
5. Zhang L., Yang T., Pang L., et al. Effects of Extracorporeal Shock Wave Therapy in Patients with Mild-to-Moderate Carpal Tunnel Syndrome: An Updated Systematic Review with Meta-Analysis. Journal of clinical medicine. 2023; 12(23): 7363. <https://doi.org/10.3390/jcm12237363>
6. Гильвер А.С., Парфенов В.А., Евзиков Г.Ю. Ближайшие и отдаленные результаты декомпрессии срединного нерва при синдроме запястного канала. Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика. 2018; 10(3): 79–85. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2018-3-79-85> [Gilvev A.S., Parfenov V.A., Evzikov G.Yu. Median nerve decompression in carpal tunnel syndrome: short- and long-term results. Neurology, neuropsychiatry, psychosomatics. 2018; 10(3): 79–85. <https://doi.org/10.14412/2074-2711-2018-3-79-85> (In Russ.).]
7. Lusa V., Karjalainen T.V., Pääkkönen M., et al. Surgical versus non-surgical treatment for carpal tunnel syndrome. The Cochrane database of systematic reviews. 2024; 1(1): CD001552. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001552.pub3>
8. Томова Ф.М., Долгова И.Н., Карпов С.М. Синдром запястного канала. Международный научно-исследовательский журнал. 2013; 12(19): 63–64. [Tomova F.M., Dolgova I.N., Karpov S.M. Carpal Tunnel Syndrome (CTS). International Research Journal. 2013; 12(19): 63–64 (In Russ.).]
9. Пизова Н.В. Туннельные синдромы запястного и кубитального каналов как наиболее распространенные варианты компрессионных невропатий верхних конечностей. Медицинский совет. 2020; (19): 52–60. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2020-19-52-60> [Pizova N.V. Carpal and cubital tunnel syndromes as the most common variants of upper extremity compression neuropathies. Meditsinskiy sovet = Medical Council. 2020; (19): 52–60. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2020-19-52-60> (In Russ.).]
10. Семенкин О.М., Измалков С.Н., Братийчук А.Н. и др. Результаты оперативного лечения пациентов с синдромом запястного канала в зависимости от степени выраженности заболевания. Гений ортопедии. 2021; 27(1): 24–31. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2021-27-1-24-31> [Semenkin O.M., Izmailkov S.N., Bratiichuk A.N., et al. Results of surgical treatment of patients with carpal tunnel syndrome depending on the severity of the disease. Genij Ortopedii. 2021; 27(1): 24–31. <https://doi.org/10.18019/1028-4427-2021-27-1-24-31> (In Russ.).]
11. Богов А.А. (мл.), Масгутов Р.Ф., Ханнанова И.Г. и др. Синдром запястного (карпального) канала. Практическая медицина. 2014; 80(4): 35–40. [Bogov A.A. (Jr.), Masgutov R.F., Khannanova I.G. Carpal canal syndrome. Practical medicine. 2014; 80(4): 35–40 (In Russ.).]
12. Заболотских Н.В., Брилева Е.С., Курзанов А.Н. и др. Современные методы диагностики синдрома запястного канала. Кубанский научный медицинский вестник. 2015; 154(5): 132–136. [Zabolotskih N.V., Brileva E.S., Kurzanov A.N., et al. Modern methods of diagnosis of carpal tunnel syndrome. Kuban Scientific Medical Bulletin. 2015; 154(5): 132–136 (In Russ.).]
13. Юсупова Д.Г., Супонева Н.А., Зимин А.А. и др. Валидация Бостонского опросника по оценке карпального туннельного синдрома (Boston Carpal Tunnel Questionnaire) в России. Нервно-мышечные болезни. 2018; 8(1): 38–45. <https://doi.org/10.17650/2222-8721-2018-8-1-38-45> [Yusupova D.G., Suponeva N.A., Zimin A.A., et al. Validation of the Boston Carpal Tunnel Questionnaire in Russia. Nervnomyshechnye bolezni = Neuromuscular Diseases. 2018; 8(1): 38–45. <https://doi.org/10.17650/2222-8721-2018-8-1-38-45> (In Russ.).]
14. Яриков А.В., Туткин А.В., Бояршинов А.А. и др. Карпальный туннельный синдром: клиника, диагностика и современные подходы к лечению (краткий обзор). Медицинский альманах. 2020; (3): 64. [Yarikov A.V., Tutkin A.V., Boyarshinov A.A., et al. Carpal tunnel syndrome: clinic, diagnosis and modern approaches to treatment (brief review). Medical almanac. 2020; (3): 64 (In Russ.).]
15. Genova A., Dix O., Saefan A., Thakur M., Hassan A. Carpal Tunnel Syndrome: a review of literature. Cureus. 2020; 12(3): e7333. <https://doi.org/10.7759/cureus.7333>
16. Williamson E.R., Vasquez Montes D., Melamed E. Multistate comparison of cost, trends, and complications in open versus endoscopic carpal tunnel release. Hand (New York, N.Y.). 2021; 16(1): 25–31. <https://doi.org/10.1177/1558944719837020>
17. Ходорковский М.А., Скорынин О.С., Старченков К.Н. и др. Синдром запястного канала: все ли проблемы решены? Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2018; 2(65): 27–33. [Khodorkovsky M.A., Skorynin O.S., Starchenkov K.N., et al. Carpal tunnel syndrome: are all problems solved? Issues of reconstructive and plastic surgery. 2018; 2(65): 27–33 (In Russ.).]
18. Байтингер А.В., Черданцев Д.В., Рыбаков В.Е. Сравнительный анализ эффективности открытой и эндоскопической декомпрессии срединного нерва при первичном синдроме карпального канала. Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. 2019; 22(2): 71–78. <https://doi.org/10.17223/1814147/69/09>. [Baytinger A.V., Cherdancev D.V., Rybakov V.E. Clinical anatomy of the carpal tunnel in primary compression of the median nerve (carpal syndrome). Issues of Reconstructive and Plastic Surgery. 2019; 22(2): 71–78. <https://doi.org/10.17223/1814147/69/09> (In Russ.).]
19. Малецкий Э.Ю., Александров Н.Ю., Розенгауз Е.В. и др. Каскадное утолщение нервов в многоуровневых туннелях. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2017; (1): 65–78. [Maletskiy E.Yu., Alexandrov N.Yu., Rozengauz E.V. Cascade Thickening of Nerves in Multilevel Tunnels. Ultrasound and Functional Diagnostics. 2017; (1): 65–78 (In Russ.).]
20. Asghar A., Naaz S., Ansari S., et al. The cross-sectional morphology of median nerve in carpal tunnel of healthy, adult population: A systematic review and meta-analysis. Morphologie. 2023; 107(356): 99–115. <https://doi.org/10.1016/j.morpho.2022.05.005>
21. Салтыкова В.Г., Митькова М. Д. Роль эхографии в исследовании периферических нервов конечностей. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2011; (3): 93–106. [Saltykova V.G., Mitkova M.D. Ultrasound Diagnostics in Examination of Extremities Peripheral Nerves. Ultrasound and Functional Diagnostics. 2011; (3): 93–106 (In Russ.).]

22. Gonzalez N.L., Hobson-Webb L.D. Neuromuscular ultrasound in clinical practice: a review. *Clinical neurophysiology practice*. 2019; (4): 148–163. <https://doi.org/10.1016/j.cnp.2019.04.006>
23. Carroll A.S., Simon N.G. Current and future applications of ultrasound imaging in peripheral nerve disorders. *World journal of radiology*. 2020; 12 (6): 101–129. <https://doi.org/10.4329/wjr.v12.i6.101>
24. Paluch L., Pietruski P., Walecki J., Noszczyk B.H. Wrist to forearm ratio as a median nerve shear wave elastography test in carpal tunnel syndrome diagnosis. *Journal of plastic, reconstructive & aesthetic surgery*. 2018; 71(8): 1146–1152. <https://doi.org/10.1016/j.bjps.2018.03.022>
25. Sonofuchi K., Hatta T., Goto H. Ultrasonographic measurement of the median nerve transverse diameter at the wrist for diagnosing carpal tunnel syndrome. *The journal of hand surgery Asian-Pacific volume*. 2021; 26(2): 223–228. <https://doi.org/10.1142/S2424835521500223>
26. Roomzadeh P., Eftekharsadat B., Abedini A., et al. Ultrasonographic assessment of carpal tunnel syndrome severity: a systematic review and meta-analysis. *American journal of physical medicine & rehabilitation*. 2019; 98(5): 373–381. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001104>
27. Azman D., Hrabac P., Demarin V. Use of multiple ultrasonographic parameters in confirmation of carpal tunnel syndrome. *Journal of ultrasound in medicine*. 2018; 37(4): 879–889. <https://doi.org/10.1002/jum.14417>
28. Yoshii Y., Tung W.L., Yuine H., Ishii T. Postoperative diagnostic potentials of median nerve strain and applied pressure measurement after carpal tunnel release. *BMC musculoskeletal disorders*. 2020; 21(1): 22. <https://doi.org/10.1186/s12891-019-3033-y>
29. Митьков В.В., Митькова М.Д., Салтыкова В.Г. Микроультразвуковое исследование — новые технологии, новые возможности. Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2021; (1): 89–99. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2021-1-89-99> [Mitkov V.V., Mitkova M.D., Saltykova V.G. Microultrasound — new technologies, new capabilities. *Ultrasound & Functional Diagnostics*. 2021; (1): 89–99. <https://doi.org/10.24835/1607-0771-2021-1-89-99> (In Russ.)]
30. Cass S.P. Ultrasound-Guided Nerve Hydrodissection: What Is it? A Review of the Literature. *Current sports medicine reports*. 2016; 15(1): 20–22. <https://doi.org/10.1249/JSR.0000000000000226>
31. Sousa L.H.A., de O Costa C., Novak E.M., Giostri G.S. Complex Regional Pain Syndrome after Carpal Tunnel Syndrome Surgery: A Systematic Review. *Neurology India*. 2022; 70(2): 491–503. <https://doi.org/10.4103/0028-3886.344616>
32. Савицкая Н.Г., Павлов Э.В., Щербакова Н.И., Янкевич Д.С. Электронейромиография в диагностике запястного туннельного синдрома. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2011; 5(2): 40–45. [Savitskaya N.G., Pavlov E.V., Shcherbakova N.I., Yankevich D.S. *Electroneuromyography in the diagnosis of carpal tunnel syndrome*. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2011; 5(2): 40–45 (In Russ.)]
33. Alves M.P.T., Araujo G.C.S. Low-level laser therapy after carpal tunnel release. *Revista Brasileira de Ortopedia* 2011; 46(6): 697–701. [https://doi.org/10.1016/S2255-4971\(15\)30327-X](https://doi.org/10.1016/S2255-4971(15)30327-X)
34. Alam M., Khan M., Ahmed S.I., et al. Effectiveness of neural mobilization and ultrasound therapy on pain severity in carpal tunnel syndrome. *Biomedical Research and Therapy*. 2018; 5(4): 2187–2193. <https://doi.org/10.15419/bmrat.v5i4.432>
35. Rayegani S.M., Moradi-Joo M., Raeissadat S.A., et al. Effectiveness of low-level laser therapy compared to ultrasound in patients with carpal tunnel syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Journal of lasers in medical sciences*. 2019; 10(1): 82. <https://doi.org/10.15171/jlms.2019.515>
36. Gordon T., Amirjani N., Edwards D.C., Chan K.M. Brief post-surgical electrical stimulation accelerates axon regeneration and muscle reinnervation without affecting the functional measures in carpal tunnel syndrome patients. *Experimental Neurology*. 2010; 223(1): 192–202. <https://doi.org/10.1016/j.expneurol.2009.09.020>
37. Powell F. Desensitisation techniques: do they reduce scar sensitivity following carpal tunnel release? (A pilot study). Unpublished Masters Thesis. 2003.
38. Ayache A., Unglaub F., Tsolakidis S., et al. Revisionseingriffe beim Karpal- und Kubitaltunnelsyndrom revision surgery for carpal and cubital tunnel syndrome. *Der Orthopade*. 2020; 49(9): 751–761. <https://doi.org/10.1007/s00132-020-03969-7>
39. Burke J., Buchberger D.J., Carey-Loghmani M.T., et al. A pilot study comparing two manual therapy interventions for carpal tunnel syndrome. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*. 2007; 30(1): 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2006.11.014>
40. Georgeto S.M., Andraus R.A.C., de Oliveira Júnior E., et al. Bilateral Idiopathic Carpal Tunnel Syndrome: Clinical-Functional Characterization and Efficacy of Two Combined Postoperative Physiotherape. *Orthopaedic surgery*. 2023; 15(6): 1654–1663. <https://doi.org/10.1111/os.13705>
41. Schleip R., Mechsner F., Zorn A., Klingler W. The bodywide fascial network as a sensory organ for haptic perception. *Journal of motor behavior*. 2014; 46(3): 191–193. <https://doi.org/10.1080/00222895.2014.880306>
42. Bhojan K., Shanmugam N. Fascial manipulation in the management of carpal tunnel syndrome *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2018; 22(4): 862. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2018.09.047>
43. Kannabiran B., Manimegalai R., Nagarani R. Effectiveness of fascial manipulation on pain, grip strength, and functional performance in chronic lateral epicondylitis patients. *Orthopedic & Muscular System: Current Research*. 2017; (6): 230. <https://doi.org/10.4172/2161-0533.1000230>
44. Kim J., Sung D.J., Lee J. Therapeutic effectiveness of instrument-assisted soft tissue mobilization for soft tissue injury: mechanisms and practical application. *Journal of exercise rehabilitation*. 2017; 13(1): 12–22. <https://doi.org/10.12965/jer.1732824.412>
45. Furia J.P. High-energy extracorporeal shock wave therapy as a treatment for chronic noninsertional Achilles tendinopathy. *The American journal of sports medicine*. 2008; (36): 502–508. <https://doi.org/10.1177/0363546507309674>
46. Gerdsmeyer L., Frey C., Vester J., et al. Radial extracorporeal shock wave therapy is safe and effective in the treatment of chronic recalcitrant plantar fasciitis: results of a confirmatory randomized placebo-controlled multicenter study. *The American journal of sports medicine*. 2008; (36): 2100–2109. <https://doi.org/10.1177/0363546508324176>
47. Sabeti-Aschraf M., Dorotka R., Goll A., Trieb K. Extracorporeal shock wave therapy in the treatment of calcific tendinitis of the rotator cuff. *The American journal of sports medicine*. 2005; (33): 1365–1368. <https://doi.org/10.1177/0363546504273052>
48. Ramon S., Gleitz M., Hernandez L., Romero L.D. Update on the efficacy of extracorporeal shockwave treatment for myofascial pain syndrome and fibromyalgia. *International journal of surgery*. 2015; (24): 201–206. <https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2015.08.083>
49. Habibzadeh A., Mousavi-Khatir R., Saadat P., Javadian Y. The effect of radial shockwave on the median nerve pathway in patients with mild-to-moderate carpal tunnel syndrome: a randomized clinical trial. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*. 2022; 17(1): 46. <https://doi.org/10.1186/s13018-022-02941-9>
50. Auersperg V., Trieb K. Extracorporeal shock wave therapy: an update. *EFORT open reviews*. 2020; 5(10): 584–592. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.5.190067>
51. Mariotto S., de Prati A., Cavalieri E., et al. Extracorporeal shock wave therapy in inflammatory diseases: Molecular mechanism that triggers anti-inflammatory action. *Current medicinal chemistry*. 2009; (16): 2366–2372. <https://doi.org/10.2174/092986709788682119>
52. Wu Y.T., Ke M.J., Chou Y.C., et al. Effect of radial shock wave therapy for carpal tunnel syndrome: a prospective randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Journal of orthopaedic research*. 2016; 34(6): 977–984. <https://doi.org/10.1002/jor.23113>

53. Wang F.S., Wang C.J., Chen Y.J., et al. Ras induction of superoxide activates ERK-dependent angiogenic transcription factor HIF-1 and VEGF-A expression in shock wave-stimulated osteoblasts. *The Journal of biological chemistry*. 2004; (279): 10331–10337. <https://doi.org/10.1074/jbc.M308013200>
54. Kim J.C., Jung S.H., Lee S.U., Lee S.Y. Effect of extracorporeal shockwave therapy on carpal tunnel syndrome: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Medicine (Baltimore)*. 2019; 98(33): e16870. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000016870>
55. Park H.J., Hong J., Piao Y., et al. Extracorporeal shockwave therapy enhances peripheral nerve remyelination and gait function in a crush model. *Advances in clinical and experimental medicine*. 2020; 29(7): 819–824. <https://doi.org/10.17219/acem/122177>
56. Ke M.J., Chen L.C., Chou Y.C., et al. The dose-dependent efficiency of radial shock wave therapy for patients with carpal tunnel syndrome: A prospective, randomized, single-blind, placebo-controlled trial. *Scientific reports*. 2016; (6): 38344. <https://doi.org/10.1038/srep38344>
57. Notarnicola A., Maccagnano G., Tafuri S., et al. Comparison of shock wave therapy and nutraceutical composed of Echinacea angustifolia, alpha lipoic acid, conjugated linoleic acid and quercetin (perinerv) in patients with carpal tunnel syndrome. *International journal of immunopathology and pharmacology*. 2015; (28): 256–262. <https://doi.org/10.1177/0394632015584501>
58. Raissi G.R., Ghazaei F., Forogh B., et al. The effectiveness of radial extracorporeal shock waves for treatment of carpal tunnel syndrome: A randomized clinical trial. *Ultrasound in medicine & biology*. 2017; (43): 453–460. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2016.08.022>
59. Vahdatpour B., Kiyani A., Dehghan F. The Effectiveness of Radial Extracorporeal Shock Waves for Treatment of Carpal Tunnel Syndrome: A Randomized Clinical Trial. *Advanced biomedical research*. 2016; (5): 120. <https://doi.org/10.4103/2277-9175.186983>
60. Atthakomol P., Manosroi W., Phanphaisarn A., et al. Comparison of single-dose radial extracorporeal shock wave and local corticosteroid injection for treatment of carpal tunnel syndrome including mid-term efficacy: a prospective randomized controlled trial. *BMC musculoskeletal disorders*. 2018; 19(1): 32. <https://doi.org/10.1186/s12891-018-1948-3>
61. Gesslbauer C., Mickel M., Schuhfried O., et al. Effectiveness of focused extracorporeal shock wave therapy in the treatment of carpal tunnel syndrome: A randomized, placebo-controlled pilot study. *Wiener klinische Wochenschrift*. 2020; (133): 568–577. <https://doi.org/10.1007/s00508-020-01785-9>
62. Karataş Ö., Çatal S., Gökmen E.A., Samanci N. Treatment of carpal tunnel syndrome with eswt: A sham controlled double blinded randomised study *The Annals of Clinical and Analytical Medicine*. 2020; (11): 166–170.
63. Ulucaköy R.K., Yurdakul F.G., Bodur H. Extracorporeal shock wave therapy as a conservative treatment option for carpal tunnel syndrome: A double-blind, prospective, randomized, placebo-controlled study. *Turkish journal of physical medicine and rehabilitation*. 2020; (66): 388–397. <https://doi.org/10.5606/tftrd.2020.3956>
64. Menekseoglu A.K., Korkmaz M.D., Segmen H. Clinical and electrophysiological efficacy of extracorporeal shock-wave therapy in carpal tunnel syndrome: a placebo-controlled, double-blind clinical trial. *Revista da Associacao Medica Brasileira*. 2023; 69(1): 124–130. <https://doi.org/10.1590/1806-9282.20220943>
65. Xie Y., Zhang C., Liang B., et al. Effects of shock wave therapy in patients with carpal tunnel syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Disability and rehabilitation*. 2022; 44(2): 177–188. <https://doi.org/10.1080/09638288.2020.1762769>
66. Turgut M.C., Saglam G., Toy S. Efficacy of extracorporeal shock wave therapy for pillar pain after open carpal tunnel release: a double-blind, randomized, sham-controlled study. *The Korean journal of pain*. 2021; 34(3): 315–321. <https://doi.org/10.3344/kjp.2021.34.3.315>
67. Romeo P., d'Agostino M.C., Lazzarini A., Sansone V.C. Extracorporeal shock wave therapy in pillar pain after carpal tunnel release: a preliminary study. *Ultrasound in Medicine & Biology*. 2011; (37): 1603–1608. <https://doi.org/10.1016/j.ultrasmedbio.2011.07.002>
68. Haghghat S., Zarezadeh A., Khosrawi S., Oreizi A. Extracorporeal shockwave therapy in pillar pain after carpal tunnel release: a prospective randomized controlled trial. *Advanced biomedical research*. 2019; (8): 31. [https://doi.org/10.4103/abr.abr\\_86\\_18](https://doi.org/10.4103/abr.abr_86_18)
69. Takahashi C.D., Der-Yeghiaian L., Le V., Motiwala R.R., Cramer S.C. Robot-Based Hand Motor Therapy after Stroke. *Brain*. 2008; (131): 425–437. <https://doi.org/10.1093/brain/awm311>
70. Jamin P., Duret C., Hutin E., et al. Using Robot-Based Variables during Upper Limb Robot-Assisted Training in Subacute Stroke Patients to Quantify Treatment Dose. *Sensors*. 2022; (22): 2989. <https://doi.org/10.3390/s22082989>
71. Falzarano V., Marini F., Morasso P., Zenzeri J. Devices and Protocols for Upper Limb Robot-Assisted Rehabilitation of Children with Neuromotor Disorders. *Applied Sciences*. 2019; (9): 2689. <https://doi.org/10.3390/app9132689>
72. Held J.P.O., Van Duinen J., Luft A.R., Veerbeek J.M. Eligibility screening for an early upper limb stroke rehabilitation study. *Frontiers in neurology*. 2019; (10): 683. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00683>
73. Aggogeri F., Mikolajczyk T., O'Kane J. Robotics for rehabilitation of hand movement in stroke survivors. *Advances in Mechanical Engineering*. 2019; 11(4). <https://doi.org/10.1177/1687814019841921>
74. Mehrholz J., Pohl M., Platz T., et al. Electromechanical and robot-assisted arm training for improving activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2018; 9(9): CD006876. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006876.pub5>
75. Zhang B., Kan L., Dong A., et al. The effects of action observation training on improving upper limb motor functions in people with stroke: A systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE*. 2019; (14): e0221166. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221166>
76. Liu C., Lu J., Yang H., Guo K. Current State of Robotics in Hand Rehabilitation after Stroke: A Systematic Review. *Applied Sciences*. 2022; (12): 4540. <https://doi.org/10.3390/app12094540>
77. Khalid S., Alnajjar F., Gochoo M., Shimoda S. Robotic assistive and rehabilitation devices leading to motor recovery in upper limb: a systematic review. *Disability and rehabilitation. Assistive technology*. 2023; 18(5): 658–672. <https://doi.org/10.1080/17483107.2021.1906960>
78. Emerson J.R., Binks J.A., Scott M.W., et al. Combined action observation and motor imagery therapy: A novel method for post-stroke motor rehabilitation. *AIMS neuroscience*. 2018; (5): 236–252. <https://doi.org/10.3934/Neuroscience.2018.4.236>
79. Errante A., Saviola D., Cantoni M., et al. Effectiveness of action observation therapy based on virtual reality technology in the motor rehabilitation of paretic stroke patients: A randomized clinical trial. *BMC neurology*. 2022; (22): 109. <https://doi.org/10.1186/s12883-022-02640-2>
80. Jakob I., Kollreider A., Germanotta M., et al. Robotic and Sensor Technology for Upper Limb Rehabilitation. *PM&R*. 2018; (10): S189–S197. <https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2018.07.011>
81. Aprile I., Cruciani A., Germanotta M., et al. Upper limb robotics in rehabilitation: An approach to select the devices, based on rehabilitation aims, and their evaluation in a feasibility study. *Applied Sciences*. 2019; (9): 3920. <https://doi.org/10.3390/app9183920>
82. Serrano-López Terradas P.A., Criado Ferrer T., Jakob I., Calvo-Arenillas J.I. Quo Vadis, Amadeo Hand Robot? A Randomized Study with a Hand Recovery Predictive Model in Subacute Stroke. *International journal of environmental research and public health*. 2023; 20(1): 690. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010690>
83. Skirven T.M., Osterman A.L., Fedorczyk J.P.T., Amadio P.C. *Rehabilitation of the Hand and Upper Extremity*, 2-volume set. 6th ed. Mosby. Expert Consult; 2011: 300–500, 450–500, 900–990, 1140–1205.
84. Pomerance J., Fine I. Outcomes of carpal tunnel surgery with and without supervised postoperative therapy. *Journal of Hand Surgery. American Volume*. 2007; 32(8): 1159–1165. <https://doi.org/10.1016/j.jhsa.2007.05.001>