

## ВОЗМОЖНОСТИ МЕТОДА ИЗОКИНЕТИЧЕСКОЙ ДИНАМОМЕТРИИ В ДИАГНОСТИКЕ И РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С НАРУШЕНИЕМ ДВИГАТЕЛЬНОЙ СФЕРЫ (ОБЗОР)

**А. А. Шатохин** — ФГБОУ ВО «Ставропольский ГМУ» Минздрава России, ассистент кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики; **И. А. Вышлова** — ФГБОУ ВО «Ставропольский ГМУ» Минздрава России, доцент кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики, кандидат медицинских наук; **С. П. Бажанов** — ФГБОУ ВО «Саратовский ГМУ им. В. И. Разумовского» Минздрава России, НИИ травматологии, ортопедии и нейрохирургии, начальник отдела инновационных проектов в нейрохирургии и вертебрологии, доктор медицинских наук; **А. В. Кузюбердин** — ФГБОУ ВО «Ставропольский ГМУ» Минздрава России, аспирант кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики; **С. М. Карпов** — ФГБОУ ВО «Ставропольский ГМУ» Минздрава России, заведующий кафедрой неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики, профессор, доктор медицинских наук.

## ISOKINETIC DYNAMOMETRY IN THE DIAGNOSIS AND REHABILITATION OF PATIENTS WITH MOTOR DISORDERS (REVIEW)

**A. A. Shatokhin** — Stavropol State Medical University, Assistant of Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics; **I. A. Vyshlova** — Stavropol State Medical University, Associate Professor of Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics, PhD; **S. P. Bazhanov** — Saratov State Medical University n. a. V. I. Razumovsky, Research Institute of Traumatology, Orthopedics and Neurosurgery, Head of Department of Innovative Projects in Neurosurgery and Vertebrology, DSc; **A. V. Kuzyuberdin** — Stavropol State Medical University, Postgraduate Student of Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics; **S. M. Karpov** — Stavropol State Medical University, Head of Department of Neurology, Neurosurgery and Medical Genetics, Professor, DSc.

Дата поступления — 24.02.2021 г.

Дата принятия в печать — 26.05.2021 г.

**Шатохин А. А., Вышлова И. А., Бажанов С. П., Кузюбердин А. В., Карпов С. М.** Возможности метода изокинетической динамометрии в диагностике и реабилитации пациентов с нарушением двигательной сферы (обзор). Саратовский научно-медицинский журнал 2021; 17 (2): 177–182.

Представлен обзор литературных сведений за последние 40 лет (с 1984 по 2020 г.), посвященный исследованию возможностей применения метода изокинетической динамометрии в диагностике и реабилитации пациентов с нарушениями двигательной сферы при различных заболеваниях и патологических состояниях (31 источник). Для поиска информации использованы интернет-ресурсы eLibrary и PubMed и научная литература библиотеки Ставропольского государственного медицинского университета. В статье освещены возможности метода изокинетической динамометрии для объективной оценки функционального состояния скелетных мышц в норме и при патологии. Дана характеристика реабилитационных мероприятий с помощью аппаратов изокинетической динамометрии у пациентов с патологией коленных и тазобедренных суставов. Представлены сведения об эффективности, безопасности и возможностях применения данной методики в различных областях медицины. На основании проведенного обзора сделан вывод о перспективе использования метода изокинетической динамометрии в комплексной диагностике и восстановительном лечении пациентов с компрессионной радикулопатией.

**Ключевые слова:** изокинетическая динамометрия, реабилитация, двигательные нарушения.

**Shatokhin AA, Vyshlova IA, Bazhanov SP, Kuzyuberdin AV, Karpov SM.** Isokinetic dynamometry in the diagnosis and rehabilitation of patients with motor disorders (review). Saratov Journal of Medical Scientific Research 2021; 17 (2): 177–182.

An overview of the literature data for the last 40 years (from 1984 to 2020) is presented, dedicated to the study of possibilities of using the isokinetic dynamometry method in the diagnosis and rehabilitation of patients with motor disorders in various diseases and pathological conditions (31 sources). To search for information, the Internet resources eLibrary and PubMed and scientific literature of the library of the Stavropol State Medical University were used. The article highlights the possibilities of the isokinetic dynamometry method for an objective assessment of the functional state of skeletal muscles in health and disease. The characteristics of rehabilitation measures using isokinetic dynamometry devices in patients with pathology of the knee and hip joints are given. Information on the effectiveness, safety and application possibilities of this technique in various fields of medicine is presented. Based on the review, it was concluded that it is rational to use the isokinetic dynamometry method in the complex of diagnostic and rehabilitation treatment for patients with compression radiculopathy.

**Keywords:** isokinetic dynamometry, rehabilitation, movement disorders.

**Введение.** Оценка мышечной силы является важным клиническим аспектом для пациентов с неврологическими заболеваниями, скелетно-мышечными нарушениями, патологией опорно-двигательного аппарата [1]. Оценка мышечной силы обычно проводится до и после лечения для количественной оценки эффективности проведенной терапии [2], с этой целью используют различные приборы и методики.

**Цель** — проанализировать имеющиеся возможности метода изокинетической динамометрии в диагностике и реабилитации пациентов с нарушением двигательной сферы при различных заболеваниях и патологических состояниях. На основании полученных данных сделать вывод о возможности применения данного метода в диагностике и реабилитации пациентов с компрессионной радикулопатией. Для указанной цели использовались международные медицинские интернет-ресурсы и научная литература библиотеки Ставропольского государственного медицинского университета. Выполнен поиск в электронных базах данных eLibrary и PubMed, охватывающий исследования без языковых ограничений, в которых сообщалось о возможностях метода изокинетической динамометрии в диагностике и реабилитации пациентов с нарушением двигательной сферы. Для поиска мы использовали ключевые слова и их сочетания: «изокинетическая динамометрия», «диагностика», «реабилитация», «двигательные нарушения». Дополнительно анализировали соответствующие обзоры литературы, списки литературы включенных исследований.

**Общая характеристика метода изокинетической динамометрии.** Изокинетическая динамометрия считается надежным инструментом для оценки мышечной силы, признана воспроизводимым, объективным методом и часто используется в качестве эталонного стандарта [3, 4]. Изокинетический динамометр позволяет оценивать функцию мышц с аккомодационным сопротивлением при постоянной угловой скорости, тем самым обеспечивая максимальное мышечное усилие во всем заданном диапазоне движения [5–7].

Преимуществом данного метода обследования является получение объективных числовых параметров, которые используются для оценки результатов процесса реабилитации. Значимым оцениваемым параметром является пиковый вращающий момент (ПВМ) ( $H \cdot m$ ) — производное таких факторов, как уровень мышечной активации, мышечной динамики, геометрии сустава, веса конечности, скорости движения, а также мотивации пациента. Он свидетельствует о максимальной силе обследуемой мышечной группы. Соотношение пикового вращающего момента с массой тела (МТ) — ПВМ/МТ (%) позволяет проводить сравнение с эталонными среднепопуляционными показателями. Показатель ПВМ/МТ (%) на угловой скорости  $60^\circ/c$  свидетельствует о максимальной силе изучаемой мышцы, показатель ПВМ/МТ (%) на средней и высокой угловых скоростях —  $180, 300^\circ/c$  — в большей степени характеризует локальную силовую выносливость мышцы. Другим важным параметром является средняя мощность — показатель мышечной работы, который зависит от силы, скорости и технического мастерства и определяется количеством работы, выполненной

за единицу времени. Он характеризует возможности поддержания уровня силы в единицу времени. Показатель времени ускорения определяется как суммарное время достижения изокинетической скорости в зависимости от угловой скорости и характеризует нейромышечные возможности данной мышечной группы пациента [8]. Помимо того, для оценки сократительной способности исследуемой мышцы используют параметры угла, соответствующего пиковому вращающему моменту и времени достижения пикового вращающего момента. Данные параметры характеризуют способность мышцы рекрутировать мышечные волокна и вовлеченность в сократительный процесс мышц-синергистов. Эти характеристики важны при оценке динамики восстановления мышцы и выбора тактики реабилитационного процесса. Учитывая способность изокинетической динамометрии измерять динамическую силу и баланс мышц при изолированном движении в суставе, а также наличие доказанных взаимосвязей между показателями тестирования и спортивных достижений, данный метод используется для оценки функционального состояния пациентов с нарушениями двигательной сферы при различных заболеваниях и патологических состояниях.

**Диагностические возможности метода изокинетической динамометрии для объективной оценки функционального состояния скелетных мышц.** Ежедневная активность, такая как подъем со стула, ходьба с соответствующей скоростью, а также подъем и спуск по лестнице, связана с силой мышц нижних конечностей. Современные данные свидетельствуют о том, что потеря мышечной силы является важным показателем подвижности человека, инвалидизации и смертности. Для оценки мышечной силы отдельных мышц и групп мышц используется 6-балльная шкала — от 5 до 0. Проводится сравнительная оценка больной и здоровой сторон. Баллом 5 оценивается отсутствие пареза. Парез определяется как легкий при соответствии силы 4 баллам, умеренный — 3 баллам, выраженный — 2 баллам, грубый — 1 баллу и при параличе — 0 баллов. Однако в ряде случаев полученные данные могут иметь субъективный характер, что зависит от различных факторов, в связи с чем возникает необходимость объективизировать результаты оценки мышечной силы. Для этой цели были предложены различные типы динамометрии [9].

Аппаратная изокинетическая динамометрия может использоваться в различных областях медицины.

В исследовании В. Nabets и соавт., включавшем анализ показателей 54 участников (50% женщин, 50% мужчин, средний возраст  $20,9 \pm 3,1$  года, средний рост  $175,2 \pm 8,7$  см, средний вес  $72,1 \pm 12,3$  кг), установлены хорошие или отличные показатели надежности для измерений концентрической и эксцентрической силы разгибателей и сгибателей колена, а кроме того, ротаторов плеча, выполненных на двух разных изокинетических динамометрах Humac NORM. Принимая во внимание полученные результаты, и в частности погрешность измерения при тестировании коленного сустава, авторы отмечают, что разные устройства одного и того же динамометра Humac NORM могут использоваться в многоцентровых исследованиях [7].

R. van Cingel и соавт. сравнили силу флексоров и экстензоров колена и ротаторов плеча у двух групп гандболистов. Обе группы были протестированы одним и тем же исследователем в разных медицинских центрах с использованием двух разных динамомет-

Ответственный автор — Шатохин Антон Андреевич  
Тел.: +7 (918) 7415373  
E-mail: ashatohin2000@mail.ru

ров одной модели. В данных условиях получены достоверные результаты испытаний двух разных динамометров одной модели. В исследовании также была доказана надежность двух изокинетических устройств Humac NORM при оценке концентрационных и эксцентрических измерений силы сгибателей и разгибателей колена и плечевых ротаторов [10].

Важны диагностические возможности описываемой методики при различных травматических повреждениях. Так, R. Chester и соавт. в исследовании указывают на высокую достоверность и надежность полученных результатов диагностики крутящего момента при подошвенном сгибании стопы у больных с повреждением ахиллова сухожилия. Данный вывод группа авторов сделала на основе анализа параметров изокинетической динамометрии 22 пациентов с односторонним повреждением ахиллова сухожилия. Из них 12 больных были прооперированы и 10 — лечились консервативно. Результаты показателей мышечной силы, такие как пиковый крутящий момент, средний крутящий момент и общая работа, оценили в концентрической и эксцентрической частях подошвенного сгибания стопы. Данные пораженной конечности сравнивали со здоровой спустя шесть месяцев после травмы. В исследовании показана высокая достоверность измерений, где внутригрупповой коэффициент корреляции составил 0,74–0,92 [11].

J. M. Vores и соавт. на основании проведенного обследования 39 пациентов с тяжелыми ожогами сделали заключение о том, что использование изокинетической динамометрии для оценки мышечной силы у пациентов с ожогами является надежным инструментом, который помогает назначать упражнения нарастающей интенсивности с отягощением для более успешной реабилитации данной категории пациентов [12].

Объективная оценка мышечной силы важна для анализа функционального состояния пациентов после оперативного лечения по поводу онкологической патологии. Так O. Klassen и соавт. предложили оценивать состояние мышечной системы, а именно ротаторов плеча и флексоров/экстензоров бедра у женщин, оперированных по поводу рака молочных желез. Оценив мышечную функцию у 255 пациенток после комплексного лечения рака молочной железы, авторы пришли к выводу о том, что у данной категории пациентов до и после противоопухолевого лечения отмечалось выраженное нарушение мышечной силы и дисфункция суставов. Существенные различия между пациентами и здоровыми людьми подчеркивают необходимость в более ранние сроки проводить восстановительные мероприятия, в том числе занятия лечебной физкультурой под руководством инструктора лечебной физкультуры, чтобы предотвратить нарушение мышечной функции после радикальной операции, а также предупредить последствия адьювантной химиотерапии [13].

В другом исследовании S. Stewart с соавт. предлагают с помощью изокинетической динамометрии оценивать функцию стопы и голени у больных с подагрой. Сравнивая 20 пациентов с подагрой и здоровыми лицами для объективной оценки мышечной силы проводили измерение максимального крутящего момента изокинетики в эксцентрике при флексии, экстензии и ротации стопы на различных скоростях с помощью аппарата изокинетической динамометрии Biodex. Авторы сделали вывод о том, что пациенты с подагрой имеют меньшую силу мышц стопы и голеностопного сустава и испытывают более вы-

раженный болевой синдром и дисфункцию в ногах по сравнению с контрольной группой. Иными словами, снижение силы мышц стопы тесно связано с усилением боли при нарушении функционирования нижних конечностей у пациентов с подагрой [14].

Представляет интерес возможности данной методики у пациентов с заболеваниями нервной системы и системной патологией соединительной ткани. J. C. Adsuar и соавт. в исследовании, посвященном оценке надежности сгибателей и разгибателей колена с изометрической и изокинетической нагрузкой у 37 женщин с фибромиалгией в возрасте от 34 до 74 лет, установили, что изокинетическая динамометрия обеспечивает надежное измерение максимального крутящего момента при изометрическом, концентрическом и эксцентрическом сгибании и разгибании колена у пациентов с фибромиалгией [15].

A. J. Lopes и соавт. с помощью изокинетической динамометрии коленного сустава оценили значение модели мышечной деятельности у пациентов с акромегалией для дальнейшей реабилитации. С помощью указанной методики авторы объективно выявили снижение мышечной силы и выносливости у пациентов с акромегалией [16].

M. Jørgensen и соавт., проведя систематический обзор и метаанализ, посвященный исследованию силы и мощности мышц у пациентов с рассеянным склерозом, обнаружили, что изокинетическая динамометрия имеет высокую надежность в оценке механической функции мышц у пациентов с данным заболеванием [17].

На основании систематического обзора O. H. Kristensen и соавт. было констатировано, что изокинетическая динамометрия — надежный тест оценки мышечной силы и степени пареза у лиц с инсультом, обычно демонстрирующий заметное снижение мышечной силы в паретичных и в меньшей степени в непаретичных мышцах по сравнению с контрольной группой, включающей здоровых людей, независимо от группы мышц, режима сокращения и скорости сокращения [18]. Надежность и оперативность изокинетической динамометрии для количественной оценки спастичности мышц сгибателей запястья у пациентов в подострый период инсульта подтверждена в исследовании N. Salehi Dehno и соавт. При этом авторы отмечают, что достоверность полученных результатов повышалась по мере увеличения скорости движения запястья [19].

В обзоре L. El Mhandi и соавт., направленном на изучение использования изокинетической динамометрии у пациентов с нервно-мышечными заболеваниями и определение перспектив будущих исследований изокинетического тестирования, было установлено, что данный метод является важной частью комплексной оценки и реабилитации пациентов с нервно-мышечными заболеваниями. Исследования показали эффективность данной технологии в предоставлении клинически значимой информации. В сочетании с данными анамнеза, объективного осмотра и функциональной оценкой изокинетическое тестирование и физические упражнения могут быть ценным инструментом для клинициста при диагностике и реабилитации пациентов с нервно-мышечными заболеваниями. Между тем исследователи отмечают наличие ряда недостатков у соответствующего оборудования, что затрудняет его использование в клинических условиях [20].

Существуют данные об успешном использовании изокинетической динамометрии в качестве объек-

тивного метода количественной оценки ригидности мышц туловища у пациентов с болезнью Паркинсона, а также для изучения взаимосвязи этих показателей с тяжестью, продолжительностью заболевания, функциональным статусом и качеством жизни, связанным со здоровьем у пациентов с легкой и средней степенью тяжести болезни Паркинсона [21].

Таким образом, аппаратная изокинетическая динамометрия показала свою эффективность, безопасность и достоверность в оценке мышечной силы во многих исследованиях. Однако сохраняется дефицит информации по объему тестирования, отсутствуют протоколы или алгоритмы оценки различных групп мышц, это остается на усмотрение исследователя.

**Возможности аппаратной изокинетической динамометрии в реабилитации спортсменов с патологией коленных и тазобедренных суставов.** В клинической практике изокинетическая динамометрия часто используется для мониторинга улучшения функций во время реабилитации. Для этой цели требуется точность результатов исследований, полученных с помощью одного и того же динамометра, что и было продемонстрировано в различных исследованиях [22, 23]. Необходимо рассматривать реабилитацию в пораженных мышцах с акцентом на профилактику их перегрузки и ятрогенной травмы. Необходимо учитывать концентрический и эксцентрический периоды движения сустава, в том числе рассматривать необходимость включения не только изокинетических, но и изометрических упражнений с целью воздействия на все типы волокон мышечной группы.

Р.А. Зубавленко и соавт. в обзоре, посвященном патогенетическим особенностям посттравматического остеоартроза коленных суставов, указывают на многогранность патогенеза данного заболевания, что представляет определенные затруднения в диагностике и лечении. Авторы констатируют, что создание новых диагностических и терапевтических стратегий при остеоартрозе должно основываться на более чувствительных и специфичных биологических маркерах дегенерации суставного хряща, а также на способах раннего консервативного лечения, препятствующего прогрессированию данного заболевания [24]. Вместе с тем терапия болевого синдрома должна быть комплексной, направленной на основные патогенетические звенья патологического процесса [25].

В настоящее время аппаратная изокинетическая динамометрия успешно используется в спортивной медицине для реабилитации спортсменов с поражением коленных и тазобедренных суставов. Данная методика позволяет на основе компьютерного анализа измерить мышечную силу, определить объем полезного движения в интересующем суставе и проводить более эффективные реабилитационные программы. Так В.В. Арьков и соавт. на основании проведенного исследования сообщают об эффективности данного метода для диагностики и реабилитации мышц бедра после реконструкции крестообразных связок коленного сустава. В исследование включили 40 спортсменов мужского пола из различных видов спорта: циклических, сложно-координационных и игровых спустя шесть месяцев после операции. Исследование проводили на аппарате изокинетической динамометрии Biodex (USA). Пациентам выполняли флексию и экстензию в коленном суставе в пораженной и интактной конечностях. Анализировали про-

центное соотношение пикового вращающего момента к весу тела — ПВМ/ВТ (%), мощность (Вт), суммарное время достижения изокинетической скорости — время ускорения (мс) сгибателей и разгибателей голени в зависимости от угловой скорости. Выяснилось значительное отличие состояния мышц оперированной и здоровой ноги. Так, снижение ПВМ/ВТ четырехглавой мышцы оперированного бедра от интактного составило 25% на угловой скорости 60°, 16% — на угловой скорости 300°/с. Наибольший дефицит установлен на низкой скорости движения в коленном суставе, наименьший — на высокой. Значения в мышце-антагонисте (бицепс бедра) не показали отличий. На основании проведенного исследования было установлено большее поражение четырехглавой мышцы бедра и интактность антагониста, что значительно скорректировало реабилитационную ориентированность на квадрицепс оперированной ноги. Негативные стороны в диагностике и реабилитации на аппарате изокинетической динамометрии в исследовании не выявлены [26].

П.П. Чекерес и соавт. провели анализ результатов комплексной реабилитации 136 спортсменов с повреждением коленного сустава после оперативного лечения. Проводилось восстановление на аппарате изокинетической динамометрии Biodex в постиммобилизационный период (3–7 недель после операции) с использованием изокинетических и изотонических нагрузок. Для достоверной оценки состояния мышц оперированной конечности до реабилитации и в течение всего периода восстановительных мероприятий использовали изокинетический динамометр. В результате исследования авторы заключили, что использование в реабилитации спортсменов после пластики передней крестообразной связки (ПКС) статико-динамической нагрузки на аппарате Biodex позволяет улучшить нервно-мышечную передачу, восстановить статико-кинетическую устойчивость при нагрузках. Включение данной методики в программы реабилитации позволяет избежать повторных травматизаций коленного сустава [27].

В исследовании Е. O'Malley и соавт. установлено, что реабилитация пациентов (молодых взрослых мужчин, занимающихся разнонаправленными видами спорта) после реконструкции ПКС может быть завершена, когда они достигают изокинетического максимального крутящего момента разгибания колена 260% ( $\pm 40\%$ ) массы тела с показателями симметрии конечностей более 90% в силовых результатах, что является одним из критериев возврата к спортивным мероприятиям после реконструкции ПКС [28].

J. T. Hickey и соавт. провели систематический обзор, посвященный оценке критериев реабилитации и определению разрешения возврата к спортивным мероприятиям после травмы подколенного сухожилия, включавший девять исследований, оценивавших показатели 601 пациента с острой травмой подколенного сухожилия, подтвержденной клиническим обследованием или магнитно-резонансной томографией в течение 10 дней после получения повреждения. По данным обзора выявлено, что среднее время возвращения к спорту было самым низким в исследованиях с применением метода изокинетической динамометрии как инструмента принятия решений по возможности возврата к игре (12–25 дней) [29].

M. F. Vidmar и соавт. провели рандомизированное контролируемое исследование, целью которого явилась сравнительная характеристика обычной (с постоянной нагрузкой) эксцентрической трениров-

ки и изокинетической эксцентрической тренировки в аспекте влияния на мышечную массу четырехглавой мышцы бедра, мышечную силу и функциональные показатели у спортсменов-любителей после реконструкции ПКС. Были обследованы 30 спортсменов-любителей (25 лет), перенесших реконструкцию ПКС и прошедших стандартную программу реабилитации. Добровольцы были рандомизированы в контрольную ( $n=15$ ) или изокинетическую группы ( $n=15$ ) для участия в 6-недельной (2 занятия в неделю) программе эксцентрической тренировки квадрицепса с постоянной нагрузкой или нагрузкой на изокинетическом динамометре соответственно. До и после тренировочных программ проводилась оценка объема четырехглавой мышцы бедра (с помощью магнитно-резонансной томографии), мышечной силы (с помощью изокинетической динамометрии) и самооценки (с помощью анкеты). Реабилитация с помощью изокинетической динамометрии показала более значимое улучшение в аспекте нарастания мышечной массы (+17–23% против +5–9%), а также для изометрических (+34% против +20%) и эксцентрических (+85% против +23%) пиковых крутящих моментов; для концентрического пикового крутящего момента разницы между группами не отмечалось ( $p>0,05$ ). Авторами сделан вывод о том, что изокинетическая эксцентрическая тренировка способствует более значимому восстановлению, чем обычная эксцентрическая тренировка у спортсменов-любителей после реконструкции ПКС [30].

Протоколы лечения формируются на базе уже существующих современных клинических рекомендаций. В целом в доступных исследованиях российских авторов имеется незначительное количество публикаций по рассматриваемому вопросу. Так, в современных клинических рекомендациях «Диагностика и лечение дискогенной пояснично-крестцовой радикулопатии» (2020) изокинетическая динамометрия как информативный инструмент диагностики отсутствует [31]. На наш взгляд, это связано с недостаточным уровнем теоретического осмысления и научного обоснования специфики применения данного метода в клинической практике. Данное обстоятельство диктует необходимость проведения научно-исследовательских работ, целью которых может стать изучение возможности применения изокинетической динамометрии в диагностике и восстановительной терапии больных с компрессионными радикулопатиями.

**Заключение.** Результаты анализа представленных работ позволяют утверждать, что аппаратная изокинетическая динамометрия является высокоэффективным методом диагностики и реабилитации больных с двигательными нарушениями, обусловленными преимущественно периферическим характером поражения нервной системы, а также при патологии опорно-двигательного аппарата. В целом в доступных исследованиях российских авторов имеется незначительное количество публикаций по рассматриваемому вопросу. На наш взгляд, это связано с недостаточным уровнем теоретического осмысления и научного обоснования специфики применения данного метода в клинической практике.

Существенным преимуществом аппаратной изокинетической динамометрии перед лечебной физкультурой и физиотерапией является то, что указанный метод реализует избирательное воздействие на пораженную группу мышц, включая дозированную щадящую нагрузку в рамках физической возможно-

сти мышцы, чего невозможно добиться при использовании других методик.

Следует отметить, что в основных отечественных и зарубежных литературных источниках не найдено данных о применении аппаратной изокинетической динамометрии в пред- и постоперационной диагностике функционального состояния мышц нижних конечностей при операциях, обусловленных компрессионно-ишемической радикулопатией, как и о возможностях проведения реабилитации двигательной функции пораженной конечности после устранения компрессии спинномозгового корешка при удалении грыжи межпозвоночного диска. В частности, в современных клинических рекомендациях «Диагностика и лечение дискогенной пояснично-крестцовой радикулопатии» (2020) изокинетическая динамометрия как метод диагностики отсутствует. Данное обстоятельство диктует необходимость проведения научно-исследовательских работ, целью которых могут стать определение показаний и разработка протоколов применения изокинетической динамометрии в диагностике и восстановительной терапии больных с компрессионными радикулопатиями и их осложнениями.

**Конфликт интересов.** Работа выполнена в рамках НИР кафедры неврологии, нейрохирургии и медицинской генетики СтГМУ. Спонсоров нет. Коммерческой заинтересованности отдельных физических или юридических лиц в результатах работы нет. Наличия в рукописи описания объектов патентного или любого другого вида прав (кроме авторского) нет.

#### References (Литература)

1. Chamorro C, Armijo-Olivo S, De la Fuente C, et al. Absolute reliability and concurrent validity of hand held dynamometry and isokinetic dynamometry in the hip, knee and ankle joint: systematic review and meta-analysis. *Open Med (Wars)* 2017; (12): 359–75.
2. Li RC, Jasiewicz JM, Middleton J, et al. The development, validity, and reliability of a manual muscle testing device with integrated limb position sensors. *Arch of Phys Med Rehabil* 2006; (87): 411–7.
3. Walmsley RP, Letts G, Vooyo J. A comparison of torque generated by knee extension with a maximal voluntary contraction vis-à-vis electrical stimulation. *J Orthop Sports Phys Ther* 1984; (6): 10–7.
4. Stark T, Walker B, Phillips JK, et al. Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. *PM R* 2011; 3 (5): 472–9.
5. Grimshaw P, Lees A, Fowler N, et al. *Sports & exercise biomechanics*. Taylor & Francis Gr, 2006; 392 p.
6. Perrin DH. Open chain isokinetic assessment and exercise of the knee. *J Sport Rehabil* 1994; (3): 245–54.
7. Habets B, Staal JB, Tijssen M, et al. Intrarater reliability of the Humac NORM isokinetic dynamometer for strength measurements of the knee and shoulder muscles. *BMC Res Notes* 2018; 11 (1): 15.
8. Keskula DR, Duncan JB, Davis VL, et al. Functional outcome measures for knee dysfunction assessment. *J of Athl Train* 1996; 31 (2): 105–10.
9. Ushiyama N, Kurobe Y, Momose K. Validity of maximal isometric knee extension strength measurements obtained via belt-stabilized hand-held dynamometry in healthy adults. *J Phys Ther Sci* 2017; 29 (11): 1987–92.
10. van Cingel R, Habets B, Willemsen L, et al. Shoulder Dynamic Control Ratio and Rotation Range of Motion in Female Junior Elite Handball Players and Controls. *Clin J Sport Med*; 28 (2): 153–8.
11. Chester R, Costa ML, Shepstone L, et al. Reliability of isokinetic dynamometry in assessing plantarflexion torque following Achilles tendon rupture. *Foot Ankle Int* 2003; 24 (12): 909–15.
12. Bores JM, Murton AJ, Glover SQ, et al. Use of isokinetic dynamometry to assess muscle function in burned patients is a

- reliable tool to assist progressive resistance exercise prescription. *J Burn Care Res* 2019 Jan 9. DOI: 10.1093/jbcr/irz003.
13. Klassen O, Schmidt ME, Ulrich CM, et al. Muscle strength in breast cancer patients receiving different treatment regimes. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2017; 8 (2): 305–16.
14. Stewart S, Mawston G, Davidtz L, et al. Foot and ankle muscle strength in people with gout: A two-arm cross-sectional study. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2016; (32): 207–11.
15. Adsuar JC, Olivares PR, del Pozo-Cruz B, et al. Test-retest reliability of isometric and isokinetic knee extension and flexion in patients with fibromyalgia: evaluation of the smallest real difference. *Arch Phys Med Rehabil* 2011; 92 (10): 1646–51.
16. Lopes AJ, Ferreira AS, Walchan EM, et al. Explanatory models of muscle performance in acromegaly patients evaluated by knee isokinetic dynamometry: Implications for rehabilitation. *Hum Mov Sci* 2016; (49): 160–9.
17. Jørgensen M, Dalgas U, Wens I, et al. Muscle strength and power in persons with multiple sclerosis — a systematic review and meta-analysis. *J Neurol Sci* 2017; (376): 225–41.
18. Kristensen OH, Stenager E, Dalgas U. Muscle strength and poststroke hemiplegia: a systematic review of muscle strength assessment and muscle strength impairment. *Arch Phys Med Rehabil* 2017; 98 (2): 368–80.
19. Salehi Dehno N, Sarvestani FK, Shariat A, et al. Test-retest reliability and responsiveness of isokinetic dynamometry to assess wrist flexor muscle spasticity in subacute post-stroke hemiparesis. *J Bodyw Mov Ther* 2020; 24 (3): 38–43.
20. El Mhandi L, Bethoux F. Isokinetic testing in patients with neuromuscular diseases: a focused review. *Am J Phys Med Rehabil* 2013; 92 (2): 163–78.
21. Cano-de-la-Cuerda R, Vela-Desojo L, Miangolarra-Page JC, et al. Isokinetic dynamometry as a technologic assessment tool for trunk rigidity in Parkinson's disease patients. *NeuroRehabilitation* 2014; 35 (3): 493–501.
22. Orri JC, Darden GF. Technical report: reliability and validity of the iSAM 9000 isokinetic dynamometer. *J Strength Cond Res* 2008; 22 (1): 310–7.
23. Maffioletti NA, Bizzini M, Desbrosses K, et al. Reliability of knee extension and flexion measurements using the Con-Trex isokinetic dynamometer. *Clin Physiol Funct Imaging* 2007; 27 (6): 346–53.
24. Zubavlenko RA, Ulyanov VYu, Belova SV. Pathogenic peculiarities of post-traumatic knee osteoarthritis: analysis of diagnostic and therapeutic strategies (review). *Saratov Journal of Medical Scientific Research* 2020; 16 (1): 50–4. Russian (Зубавленко Р.А., Ульянов В.Ю., Белова С.В. Патогенетические особенности посттравматического остеоартроза коленных суставов: анализ диагностических и терапевтических стратегий (обзор). *Саратовский научно-медицинский журнал* 2020; 16 (1): 50–4).
25. Vyshlova IA. Complex treatment of patients with chronic vertebrogenic pain syndromes. *Kuban Scientific Medical Bulletin* 2012; (2): 47–9. Russian (Вышлова И.А. Комплексное лечение больных с хроническими вертеброгенными болевыми синдромами. *Кубанский научный медицинский вестник* 2012; (2): 47–9).
26. Arkov VV, Milenin ON, Ordzhonikidze ZG. Isokinetic dynamometer indicators of thigh muscle in athletes after reconstruction of anterior cruciate ligament of knee joint. *Exercise therapy and Sports Medicine* 2011; 12 (96): 33–6. Russian (Арков В.В., Миленин О.Н., Орджоникидзе З.Г. Показатели изокINETической динамометрии мышц бедра у спортсменов после реконструкции передней крестообразной связки коленного сустава. *Лечебная физкультура и спортивная медицина* 2011; 12 (96): 33–6).
27. Chekeres PP, Budashkina MV, Mukhanov VV, et al. Insufficiency of proprioceptive control after plastic of the acl as the reason for knee re-injury in professional athletes. *Clinical practice* 2015; (3-4): 95–8. Russian (Чекерес П.П., Будашкина М.В., Муханов В.В. и др. Недостаточность проприоцептивного контроля после пластики ПКС как причина повторных травм коленного сустава у профессиональных спортсменов. *Клиническая практика* 2015; (3-4): 95–8).
28. O'Malley E, Richter C, King E, et al. Countermovement jump and isokinetic dynamometry as measures of rehabilitation status after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Athl Train* 2018; 53 (7): 687–95.
29. Hickey JT, Timmins RG, Maniar N, et al. Criteria for progressing rehabilitation and determining return-to-play clearance following hamstring strain injury: a systematic review. *Sports Med* 2017; 47 (7): 1375–87.
30. Vidmar MF, Baroni BM, Michelin AF, et al. Isokinetic eccentric training is more effective than constant load eccentric training for quadriceps rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther* 2020; 24 (5): 424–32.
31. Discogenic lumbosacral radiculopathy: Recommendations of the Russian Association for the Study of Pain. 2020. URL: [https://painrussia.ru/KP\\_%20Диск\\_Радик\\_РОИБ\\_2020\\_финал%20\(1\).pdf](https://painrussia.ru/KP_%20Диск_Радик_РОИБ_2020_финал%20(1).pdf) (1 February 2021). Russian (Диагностика и лечение дискогенной пояснично-крестцовой радикулопатии: клинические рекомендации Российской ассоциации по изучению боли. 2020 г. URL: [https://painrussia.ru/KP\\_%20Диск\\_Радик\\_РОИБ\\_2020\\_финал%20\(1\).pdf](https://painrussia.ru/KP_%20Диск_Радик_РОИБ_2020_финал%20(1).pdf) (дата обращения: 01.02.2021)).