



УДК 531/534: [57+61]

БИОМЕХАНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ДВИГАТЕЛЬНЫХ НАРУШЕНИЙ КИСТИ У ПАЦИЕНТОВ С ТРАВМОЙ ШЕЙНОГО ОТДЕЛА СПИННОГО МОЗГА

И.Н. Морозов, А.В. Новиков, Н.Н. Рукина, О.В. Воробьева

Федеральное государственное учреждение «Нижегородский научно - исследовательский институт травматологии и ортопедии» Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации, 603155, Россия, Нижний Новгород, Верхне-Волжская наб., 18/1, e-mail: ivanmorozov@list.ru

Аннотация. Травма шейного отдела спинного мозга сопровождается выраженными функциональными нарушениями верхних конечностей, причем нарушение функции кисти является превалирующим. Прогноз восстановления функции, оценка в динамике силовых, пространственных координаторных и других параметров для оценки адекватности проводимого лечения требует обязательного применения современных достоверных инструментальных методов. Наиболее информативными у данной категории больных являются методы биомеханики, использование которых должно быть общепринятым. В обзоре отражен современный подход к изучению функции кисти с использованием методов биомеханики. Приведены данные о применении биомеханических методов при изучении функции кисти у пациентов с травмой шейного отдела спинного мозга с учетом структуры двигательных нарушений кисти.

Ключевые слова: позвоночно-спинномозговая травма, кистевой захват, биомеханика кисти, *SFTR*-методика, динамометрия, тензометрия, треморометрия, видеорегистрация локомоций, Декстерити-тест.

Травма шейного отдела спинного мозга вызывает выраженное нарушение функции как нижних, так и верхних конечностей. Как правило, это приводит к инвалидизации пациентов, резко снижает качество их жизни и поддерживает психологическую дезадаптацию [11]. Дисфункция верхней конечности, а кисти особенно, является превалирующей, поскольку самообслуживание, перемещение в пределах кровати и палаты, поддержание вертикальной позы и передвижение с опорой невозможно без осуществления её силовых и амплитудных захватов. Выполнение захватов кисти возможно лишь при наличии определенного синергизма мышц, который нарушается в результате позвоночно-спинномозговой травмы [30]. Мышечный дисбаланс приводит к изменениям нагрузки на различные отделы кисти, что необходимо учитывать при построении адекватных программ реабилитации. Логично, что ключевым моментом реабилитации пациентов с травмой спинного мозга является определение такого дисбаланса и восстановление функциональных возможностей кисти с целью раннего начала активных реабилитационных мероприятий. У пациентов с грубыми двигательными нарушениями кисти, обусловленными мышечной слабостью, спастичностью, нарушением реципрокного взаимодействия мышц достоверность большинства функциональных методик (миография, вызванные потенциалы) сомнительна, в связи с чем особую актуальность приобретают методы биомеханики.

© Морозов И.Н., Новиков А.В., Рукина Н.Н., Воробьева О.В., 2011

Морозов Иван Николаевич, к.м.н., с.н.с. ФГУ "ННИИТО", Нижний Новгород

Новиков Александр Вульфович, д.м.н., руководитель отделения реабилитации ФГУ "ННИИТО", Нижний Новгород

Рукина Наталья Николаевна, к.м.н., с.н.с. ФГУ "ННИИТО", Нижний Новгород

Воробьева Ольга Викторовна, м.н.с. ФГУ "ННИИТО", Нижний Новгород

Использование биомеханических исследований для диагностики и динамической оценки нарушенной двигательной функции было впервые предложено Н.А. Бернштейном [3], позволив расширить представления о характере и степени нарушения опорно-двигательного аппарата. При изучении структуры двигательных нарушений кисти исследуется ряд параметров: пространственные, силовые, скоростные, координаторные, параметры работоспособности [19].

Оценивая пространственные характеристики, определяют амплитуду движений в суставах пальцев и кистевом суставе, простейшей биомеханической методикой является гониометрия. Для оценки пространственно-амплитудных параметров двигательной функции кисти существует более 10 систем, наиболее широко распространены *Buck-Gramcko*, *LMS*, *ASSH*, *Strickland*, *Kleinert*, *White*, *Grossman* и их модификации [31, 36, 37]. Для изучения амплитуды активных и пассивных движений в лучезапястном суставе и суставах пальцев в России популярна *SFTR* методика: рассчитывают суммарную амплитуду активных движений в дистальных, проксимальных межфаланговых и пястно-фаланговых суставах каждого пальца, определяют процентное отношение суммарной амплитуды движений пальцев и лучезапястного сустава травмированной конечности к норме [14].

При исследовании силовых параметров изучают различные виды захватов. Среди захватов разделяют цилиндрический, сферический захват, захват в кулак, захват-крючок, захват кончиками пальцев и пальмарный захват, боковые (ключевой, ножничный) захваты. Оценка силовых характеристик кисти осуществляют посредством динамометрии, причем чаще изучают биомеханические показатели кулачного и пальмарного щипкового захватов как с использованием обычных динамометров, так и программно-аппаратных комплексов [9, 23, 35]. Существуют пружинные, манометрические, гидравлические, тензометрические динамометры [4, 5, 7, 10, 13, 27, 34]. За рубежом стандартным инструментом измерения силы сжатия кисти является гидравлический *Jamar*-динамометр [28, 40, 42].

Использование программно-аппаратных комплексов позволяет проводить динамографические исследования мышц кисти и предплечья, определять величины развиваемых усилий, их направления, разброс направлений и величин усилий при повторяющихся экспериментах. Так, применение программно-аппаратного комплекса Научно-конструкторского предприятия Нижегородского политехнического института и Нижегородского института травматологии и ортопедии «*Health*» позволяет определить скоростные параметры и показатели работоспособности кисти: максимальную скорость сокращения и расслабления, силу при максимальной скорости сокращения и расслабления, максимальную работу кисти за минуту, выносливость к статической нагрузке и уровень воспроизведения заданного мышечного усилия [19, 23]. Для изучения характера и степени распределения нагрузки на различные отделы кисти во время силового (цилиндрического) захвата применяют программно-аппаратный комплекс «*F-Scan*» на основе технологии фирмы «*Teksan*» (США) [17, 41]. При исследовании пациент сжимает цилиндр с апплицированным на нем сенсорным элементом с максимально возможным усилием, при этом программно-аппаратный комплекс регистрирует распределение нагрузки на всю ладонь (включая тенар), II–V пальцы, I палец (дистальная и основная фаланги) и, отдельно, область тенара. При обработке полученных результатов авторы учитывают распределение давления на следующие зоны кисти: II–V пальцы, I палец, область тенара и среднюю часть ладони с гипотенаром.

Исследование координаторных параметров включает оценку статического и динамического тремора (амплитуды, частоты и асимметрии), зрительно-моторную координацию [6, 26]. Для оценки нарушения координации верхних конечностей используют О'Коннор Декстерити-тест или его модификации [29]. Ю.В. Радау для

изучения зрительно-моторной координации использовала методику, основанную на воспроизведении заданного мышечного усилия, в процессе которого испытуемый максимально быстро и точно сначала под контролем зрения, а затем без визуального контроля воспроизводил усилие мышц, необходимое по величине сжатия динамометра [19, 22].

Весьма перспективным представляется применение для оценки интегративной функции кисти инструментальных тестов (*Bennett Hand Tool Test*, *Jebsen-Taylor Hand Function Test*, *Minnesota Rate of Manipulation Test*, серия тестов *Valpar Corporation*), широко применяемых в зарубежных центрах реабилитации [43]. Такое тестирование позволяет оценить весь спектр возможностей поврежденной и неповрежденной конечностей: схваты и амплитуду движений, чувствительность, манипуляции с предметами, повседневную деятельность. Результаты этих тестов используются по завершении реабилитации в качестве критерия возможности выполнения пациентом своих бытовых и профессиональных действий, но для их проведения необходимы специальные стенды, которые достаточно дороги и практически не доступны для отечественных реабилитационных учреждений.

Метод оптической регистрации локомоций был использован Бернштейном в 1947 году [3]. В дальнейшем техника была усовершенствована и в 80-ые годы XX века в Швеции и Италии были разработаны методики регистрации кинематики локомоций с использованием систем типа: *SELSPOT*, *ELITE*, основанные на регистрации движений светочувствительных маркеров в инфракрасном спектре [24]. Их недостатками являлись исчезновение изображения при повороте конечности, при перекрытии маркеров сегментами тела, при ярком солнечном свете, а также высокая стоимость. В последнее десятилетие широко используют акустические (ультразвуковые) и электромагнитные устройства пространственной регистрации движений. Последние приобрели наибольшее распространение благодаря своей надежности и относительной низкой цене. Лидерами в производстве электромагнитных систем отслеживания движения являются: *Polhemus*, *Ascension* и *Inter Sense* [24]. Модификации данных методов используют для изучения различных видов кистевых захватов, вращательных движений первого пальца у здоровых и пациентов с травмами и заболеваниями кисти [25, 32, 33].

Изучение литературы, посвященной анализу биомеханических характеристик при заболеваниях и повреждениях кисти, показало многогранность и актуальность исследуемой проблемы. Установлена взаимосвязь между амплитудными, силовыми, координационными параметрами, показателями выносливости и полом, возрастом, доминирующей стороной, характером профессиональной деятельности у пациентов с переломами трубчатых костей кисти, повреждениями сухожилий, сосудов и нервов кисти и предплечья [18, 24]. Выявлено, как травма и оперативное вмешательство приводят к перераспределению давления на различные зоны кисти, в том числе как меняется биомеханика кисти при дефектах пальцев и их перемещении [1].

Однако у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой биомеханические методики изучения функции кисти практически не используют [15]. Изучение функции верхних конечностей, а именно кисти чаще заключается в оценке мышечной силы (по Ловетту), чувствительности, в лучшем случае проводят изучение динамометрических показателей при осуществлении кистевого захвата [12]. Г.В. Карепов, исследуя активные движения пальцев кисти у пациентов с позвоночно-спинномозговой травмой, помимо механического кистевого динамометра, применял тензометрический курковый динамометр [8].

Е.М. Миронов, обследуя пациентов с последствиями травмы шейного отдела спинного мозга в сроки от 1 года до 10 лет, сообщает, что варианты кистевого захвата определяются уровнем поражения и сохранностью функции спинного мозга, выделяет два основных варианта: латеральный захват («ключевой захват»), ладонный захват (формируется большим пальцем, ладонью, остальными четырьмя пальцами). При повреждении нижнего шейного отдела спинного мозга больные применяли латеральный захват, осуществляемый пассивным захватом между большим и указательным пальцем в положении тыльного сгибания кисти [15].

Упоминание о необходимости изучения кистевого (цилиндрического) захвата встречается в работах по оценке клинично-функционального состояния и оценке эффективности реабилитации пациентов, перенесших позвоночно-спинномозговую травму [12, 21]. При оценке двигательных нарушений у больных, имеющих повреждения кисти, биомеханическое обследование применяют для количественной характеристики состояния моторики: силы мышц, характера схватов, амплитуды и скорости движений в суставах, координации [18]. У пациентов с повреждением шейного отдела спинного мозга эффективность исследования ограничивает повышенный мышечный тонус, а при грубом парезе чувствительность методов и вовсе минимальна. Таким образом, при минимальном объеме произвольных движений в кисти проведение большинства биомеханических исследований становится проблематичным. В связи с чем особую актуальность приобретает использование высокочувствительной аппаратуры, в частности, тензометрических методов.

В лаборатории биомеханики Нижегородского НИИТО в 2000–2010 гг. было проведено исследование цилиндрического захвата (тензометрические данные) у 40 пациентов с травмой шейного отдела спинного мозга, причем у 58% больных отсутствовали активные движения ниже уровня повреждения спинного мозга. В связи с грубыми двигательными расстройствами изучали наиболее примитивный (цилиндрический) захват. Исследования проводились до и после лечения, а также в ходе катamnестического наблюдения через 6, 12 месяцев и в течение 5 лет после травмы. Авторами установлено следующее нарушение распределения нагрузки на различные зоны кисти при осуществлении цилиндрического захвата: увеличение нагрузки на I палец, уменьшение давления на II-V пальцы и, особенно, область тенара. Показано, что показатели распределения нагрузки на сегменты кисти при любом виде нарушения проводимости спинного мозга отличаются от нормальных значений и более выражены при нарушениях проводимости по *A* и *B* типу [2]. Не получено достоверных различий в нагружении зон кисти в зависимости от уровня повреждения шейного отдела спинного мозга (сегменты с пятого шейного по первый грудной) C_5 – Th_1 и срока с момента травмы [16].

Как правило, в литературе описывают динамику тех или иных показателей функциональных исследований в процессе лечения больных с патологией кисти, сделаны попытки определить диагностическую ценность отдельных методов. Однако, помимо авторских, мы не встретили данных о прогностической значимости биомеханических показателей для определения потенции к восстановлению функции кисти и тактики реабилитации спинальных больных.

Оценивая в динамике характер распределения нагрузки на зоны кисти, прогнозируют результат реабилитации пациентов с травмой шейного отдела спинного мозга [20]. Регистрация нагрузки в зонах кисти, ранее не участвовавших в сжатии, или перераспределении нагрузки по зонам кисти, приближающееся к нормативным показателям, свидетельствуют о потенциальном восстановлении функции кисти. Диагностическая точность прогноза улучшения функции кисти для пациентов с травмой шейного отдела спинного мозга составила 90,6%. Способ пригоден для оценки функции кисти в динамике (чувствительность – 89,3%), причем именно тензометрических показателей (специфичность – 100%) [2].

Таким образом, изучение литературы, посвященной биомеханической оценке функции кисти у пациентов с травмой шейного отдела спинного мозга, показало отсутствие методологического подхода в диагностике двигательных нарушений у данной категории больных. Динамика грубых функциональных нарушений, значительно ограничивающих самообслуживание больных, с трудом поддается диагностике общепринятыми методами обследования, в связи с чем прогноз возможного восстановления функции часто бывает ошибочно пессимистичен. Учитывая актуальность проблемы, у больных с повреждением шейного отдела спинного мозга для оценки функциональных возможностей кисти необходимо как более активное применение известных биомеханических методик, так и разработка новых, высокочувствительных техник.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров Н.М. Реконструктивные операции при травматических дефектах пальцев, кисти и адаптивная компенсация ее нарушенных функций: автореф. дис...д-ра. мед. наук. – Н. Новгород, 2006. – 40 с.
2. Белова А.Н. Шкалы, тесты и опросники в неврологии и нейрохирургии: руководство для врачей и науч. работников. – М., 2004. – 434 с.
3. Бернштейн Н.А. О построении движений. – М., 1947. – 254 с.
4. Вешуткин В.Д., Данилов В.И., Енин А.Я., Смирнов Г.В. Комплект динамометров для функциональной биомеханической диагностики // Тез. докл.: I Всеросс. конф. «Биомеханика на защите жизни и здоровья человека». – Н. Новгород, 1992. – Т. 2. – С.48–49.
5. Вешуткин В.Д., Смирнов Г.В., Петров С.В., Митрофанов Н.В. Динамометр для измерения крутящего момента силы. А.С. № 2108748, 1998.
6. Ефимов А.П. Биомеханические аспекты реабилитации больных с переломами верхней конечности: автореф. дисс. ...д-ра мед. наук. – Рига, 1988. – 31 с.
7. Жибриль А.М. Устройство для исследования функции кисти руки. А.С. № 1718812, 1992.
8. Карепов Г.В. ЛФК и физиотерапия в системе реабилитации больных травматической болезнью спинного мозга. – К: Здоровья, 1991.
9. Кодин А.В., Гильмутдинов Ю.А., Удалова А.Н. и др. Система международных экспертных оценок качества лечения больных с сочетанными повреждениями кисти // VI Съезд травматологов и ортопедов России: тез. докл. – Н. Новгород, 1997. – С. 201.
10. Кураева Н.Г., Волков В.Л., Спиринов Р.Ф. Устройство для динамометрических измерений. А.С. № 1531992, 1990.
11. Леонтьев М.А. Реабилитационный осмотр спинального пациента: методические рекомендации для реабилитологов, врачей и методистов ЛФК. – Новокузнецк, 2002. – 14 с.
12. Леонтьев М.А., Овчинников О.Д. Изучение показаний к восстановлению локомоторных функций у пациентов с ТБСМ и препятствующих локомоции факторов // Вестник Кузбасского научного Центра СО РАМН. – 2005. – Вып. 1. – С. 131–136.
13. Лобзин В.С., Жулев Н.М., Пустозеров В.Г. Устройство для измерения мышечной силы. А.С. № 1688846, 1991.
14. Матеев И.Б., Банков С.Д. Реабилитация при повреждениях руки. – София: Медицина и физкультура, 1981. – С. 81–118.
15. Миронов Е.М. Предпосылки восстановительного лечения больных с последствиями позвоночно-спинальной травмы в шейном отделе // Медико-социальная экспертиза и реабилитация. – 2005. – № 3. – С. 10–13.
16. Морозов И.Н. Биологическая обратная связь по электромиограмме у пациентов с травмой шейного отдела спинного мозга // Аспирантский вестник Поволжья. – 2010. – № 7–8. – С. 174–179.
17. Новиков А.В., Лоскутова Н.В. Перспективы применения F-SCAN в реабилитации больных с патологией кисти // IV Всерос. конф. по биомеханике «Биомеханика-98»: тез. докл. – Н. Новгород, 1998. – С. 179.
18. Новиков А.В. Методологические основы реабилитации больных с последствиями травм и заболеваний кисти: Автореф. дисс. ... д-ра мед. наук. – Н. Новгород, 2003. – 38 с.
19. Новиков А.В., Щедрина М.А. Способ оценки проприоцептивной чувствительности и его теоретическое обоснование // Тез. докл. VIII Всерос. конф. по биомеханике. – Н. Новгород. – 2006. – С. 183–184.

20. Пат. 2374990 РФ МПК А61В 5/11. Биомеханический способ прогнозирования восстановления функции кисти у пациентов с травмой шейного отдела спинного мозга / Морозов И.Н. – № 2008135051/14; заявл. 27.08.2008; опублик. 10.12.2009; Бюл. № 34.
21. Петров К.Б., Иванчин Д.М. Методика клинической оценки эффективности реабилитации поражений верхних конечностей у больных с последствиями шейно-спинальной травмы. – Новокузнецк, 2005. – 24 с.
22. Радау Ю.В., Щедрина М.А., Новиков А.В., Комкова О.В. Способ оценки проприоцептивной чувствительности у больных с повреждениями периферических нервов в области предплечья // Изобретения. Полезные модели. – 2003. – № 5. пат. 2198587 РФ, МПК 7 А 61 В 5/05.
23. Смирнов Г.В., Вешуткин В.Д., Чернов В.Г. и др. Программно-аппаратный комплекс для изучения функционального состояния верхней конечности // Тез.докл. III Всерос. конф. по биомеханике. – Н. Новгород, 1996. – Т. I. – С. 173.
24. Татарников О. Технология и протоплазма // Журнал «625». – 2008. – № 2. – С. 23
25. Царев В.Н., Зубиков В.С., Волошин В.П., Дорожко И.Г., Мартыненко Д.В. Диагностика нарушения подвижности в суставах пальцев кисти / Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова. – 2010. – № 3. – С. 68–74.
26. Щедрина М.А. Восстановительное лечение больных после реконструктивных операций по поводу открытых изолированных и сочетанных повреждений нервов на уровне предплечья: автореф. дисс. ... канд. мед. наук, Н. Новгород, 2006. – 27 с.
27. Ястребцев И.Б. Ручной динамометр. А.С. № 1715363. 1992.
28. Bellace J.V., Healy D., Besser M.P. et al. Validity of the Dexter Evaluation Systems Jamar dynamometer attachment for assessment of hand grip strength in a normal population // J. Hand Ther. – 2000. – Vol. 13, No. 1. – P. 46–51.
29. Brandy D.A. The O'Connor Tweezer Dexterity Test as a Screening Tool for Hiring Surgical Hair Restoration Assistants // The American Journal of Cosmetic Surgery. – 1995. – Vol. 12. – No. 4. – P. 313–316.
30. Brand P.W. Biomechanics of balance in the hand // J. Hand Ther. – 1993. – Vol. 6, No. 4. – P. 247–251.
31. Brunelli G., Guizzi P., Battiston B. Proposition d'une evaluation fonctionnelle globale medico-legale de l'invalidite de la main // Ann. Chir. Main. – 1989. – Vol. 8, No. 1. – P. 60–63.
32. Coert J.H., van Dijke H.G., Hovius S.E., Snijders C.J., Meek M.F. Quantifying thumb rotation during circumduction utilizing a video technique // J. Orthop. Res. – 2003. – Vol. 21(6). – P. 1151–1155.
33. Cole K.J., Abbs J.H. Coordination of three-joint digit movements for rapid finger-thumb grasp // J. Neurophysiology. – 1986. – Vol. 55(6). – P. 1407–1423.
34. Cutts A., Bollen S.R. Grip strength and endurance in rock climbers // Proc. Inst. Mech. Eng. [H]. – 1993. – Vol. 207, No. 2. – P. 87–92.
35. Drerup B., Hierholzer E. Back shape measurement using video rasterstereography and three-dimensional reconstruction of spinal shape // Clin. Biomech. – 1994. – Vol. 9. – P. 28–36.
36. Grossman J.A.I (ed). Burns of the Upper Extremity // Hand Clinic. – WB. Philadelphia: Saunders Company, 1990. – P. 196.
37. Kubatov M., Nyarady J. Die komplexe Bewertung der Handfunktion // Handchir. Mikrochir. Plast. Chir. – 1989. – Jg. 21, H. 5. – S. 252–256.
38. MacDermid J.C., Richards R.S., Donner A. et al. Responsiveness of the short form-36, disability of the arm, shoulder, and hand questionnaire, patient-rated wrist evaluation, and physical impairment measurements in evaluating recovery after a distal radius fracture // J. Hand Surg. – 2000. – Vol. 25A, No. 2. – P. 330–340.
39. Morozov I., Belousov S. The diagnostic of hand function disorders after spine cord injury // Journal of Neurology. – 2010. – Vol. 257. – Sup. 1. – P. 81.
40. Nollet F., Beelen A. Strength assessment in postpolio syndrome: validity of a hand-held dynamometer in detecting change // Arch. Phys. Med. Rehabil. – 1999. – Vol. 12, No. 2. – P. 42–47.
41. Parliütz D., Peschel T., Altenmüller E. Assessment of dynamic finger forces in pianists: Effects of training and expertise // J. Biomechanics. – 1998. – Vol. 31, No. 11. – P. 1063–1067.
42. Soukup G.J., Pankey R., Walker J., Hart S. An Analysis of measures on forearm static strength with the dynamometer exerciser (biomechanics) // AAHPERD National Convention and Exposition. – Chicago, 2005.
43. Stanley B., Tribuzi S. Concepts in Hand Rehabilitation. – Philadelphia: F.A. Davis Company, 1992. – 582 p.

BIOMECHANICAL STUDY HAND FUNCTION DESORDERS OF PATIENTS WITH CERVICAL SPINE CORD INJURY

I.N. Morozov, A.V. Novikov, N.N. Rukina, O.V. Vorobyova (N. Novgorod, Russia)

Cervical spinal cord injury is accompanied by significant upper limb dysfunctions, hand dysfunction being the dominant problem. Modern reliable tool methods are absolutely necessary to prognosticate function restoration, assess strength, spatial, coordination and other parameters for assessment of treatment adequacy. Biomechanical methods are the most efficient methods for treating patients with cervical spine injuries, and therefore should be widely introduced. The article shows modern approach to hand functions study using biomechanical methods. It also provides data on application of biomechanical methods in hand function study of patients with cervical spine injury taking into consideration the structure of hand movement.

Key words: spinal cord injury, hand grip, hand biomechanics, *SFTR* method, dynamometry, strain-gauging, tremorometry, video recording of locomotion, dexterity test.

Получено 28 февраля 2011