

DOI: 10.15593/RZhBiomeh/2020.2.07  
УДК 531/534:[57+61]

## ОЦЕНКА БИОМЕХАНИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ ПЛЕЧЕВОГО СУСТАВА У ПАЦИЕНТОВ С ШЕЙНО-ПЛЕЧЕВЫМ СИНДРОМОМ ПОСЛЕ ТРАВМ НАДПЛЕЧЬЯ

Е.Б. Калинин<sup>1</sup>, А.В. Черняев<sup>1</sup>, Л.Ю. Слияков<sup>1</sup>, В.Б. Богатов<sup>1</sup>, Ю.Р. Гончарук<sup>1</sup>,  
А.С. Чеканов<sup>2</sup>, В.А. Колышенков<sup>2</sup>, М.А. Еремушкин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский университет), Российская Федерация, 119991, Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2

<sup>2</sup> Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Российская Федерация, 121099, Москва, ул. Новый Арбат, 32

**Аннотация.** Последствия травм и заболеваний плечевого сустава могут быть как изолированными, так и сочетаться с патологией шейного отдела позвоночника. Полиморфность патологии существенно осложняет задачу реабилитации таких пациентов. Авторы провели анализ биомеханических нарушений в плечевом суставе при шейно-плечевом синдроме при трёх основных видах его повреждений: суставном, вертеброгенном и смешанном миофасциальном типе. Было показано, что наибольшую сложность с точки зрения нарушения биомеханики и последующей реабилитации представляет суставной вариант, т.е. у больных, перенесших травму капсульно-связочного аппарата плечевого сустава.

**Ключевые слова:** плечевой сустав, реабилитация, травмы и заболевания плечевого сустава, нарушение биомеханики.

### ВВЕДЕНИЕ

Высокая частота встречаемости повреждений надплечья и области плечевого сустава, а также их неблагоприятных исходов, поддерживают актуальность поиска оптимальных схем реабилитационного лечения. Долгосрочный статистический анализ исходов этих повреждений позволяет выделить группу пациентов с шейно-плечевым синдромом [2]. Проведенная статистическая и клинико-рентгенологическая оценка позволила выделить три типа шейно-плечевого синдрома у данной группы пациентов – суставной, вертеброгенный и миофасциальный [4, 6]. Развитие шейно-плечевого синдрома приводит к нарушениям сагиттального баланса шейного отдела позвоночника, асимметрии миофасциального тонуса, развитию хронического цервикального болевого синдрома и, как следствие, снижению качества жизни. Помимо болевого синдрома,

© Калинин Е.Б., Черняев А.В., Слияков Л.Ю., Богатов В.Б., Гончарук Ю.Р., Чеканов А.С., Колышенков В.А., Еремушкин М.А. 2020

Калинский Евгений Борисович, ассистент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, Москва

Черняев Анатолий Васильевич, ассистент кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, Москва

Слияков Леонид Юрьевич, д.м.н., профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, Москва

Богатов Виктор Борисович, д.м.н., профессор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, Москва

Гончарук Юлия Романовна, ординатор кафедры травматологии, ортопедии и хирургии катастроф, Москва

Чеканов Андрей Сергеевич, заведующий отделением реабилитации пациентов с нарушением функции периферической нервной системы и опорно-двигательного аппарата, Москва

Колышенков Василий Андреевич, младший научный сотрудник отдела биомеханики, кинезитерапии и мануальной терапии, Москва

Еремушкин Михаил Анатольевич, д.м.н., главный научный сотрудник отдела биомеханики, кинезитерапии и мануальной терапии, Москва

одним из частых клинических проявлений является нарушение функции плечевого сустава. В ранее опубликованных исследованиях [3, 7] на репрезентативной выборке пациентов показана обоюдная связь нарушения биомеханики плечевого сустава и шейного отдела позвоночника в развитии клинической картины.

Сложная анатомическая структура плечевого сустава (дисконгруэнтность суставных поверхностей, уникальный капсульно-связочный аппарат, наличие многокомпонентной ротаторной манжеты), особенности биомеханики как самого плечевого сустава, так и плечевого пояса (одновременные центры ротации головки плечевой кости, многосуставной комплекс плечевого пояса, коаптационные эффекты мышц, двигательная фазность) обеспечивают высокую степень мобильности плечевого сустава, которая характеризуется тремя степенями свободы в трех плоскостях [2, 5]. Топографо-анатомическая взаимосвязь плечевого сустава, плечевого пояса и шейного отдела позвоночника не вызывает сомнения и не требует обоснования [1]. Однако оценка нарушений биомеханики плечевого сустава в свете посттравматических изменений у пациентов с цервикалгией и другими проявлениями шейно-плечевого синдрома после повреждений надплечья ранее не проводилась, что подчеркивает научную новизну и актуальность проведенного исследования.

Цель исследования: провести оценку биомеханических нарушений плечевого сустава у пациентов с цервикалгией в рамках шейно-плечевого синдрома после повреждений надплечья и плечевого сустава.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В основную группу исследования включено 95 человек (56 мужчин и 39 женщин) в возрасте от 20 до 38 лет. Критерии включения: травма проксимального отдела плеча и/или надплечья более одного года назад у пациентов, получавших различные виды лечения (консервативное и оперативное) с клиническими проявлениями шейно-плечевого синдрома.

Критерии исключения: заболевания, травмы и их последствия в шейном отделе позвоночника; отказ пациента от участия в исследовании.

В контрольную группу было включено 20 человек (11 мужчин и 9 женщин) в возрасте от 22 до 38 лет. Средний возраст пациентов основной группы составил ( $28,5 \pm 4,22$ ) лет, контрольной ( $29,1 \pm 3,2$ ) лет. Статистически значимых различий не выявлено ( $p = 0,861$ ). По анамнестическим и клинико-инструментальным данным у всех пациентов отсутствовали признаки повреждений или заболеваний плечевого сустава, надплечья и шейного отдела позвоночника. Пациенты в обеих группах имели доминантную правую руку (праворукие).

Пациенты основной группы были разделены на три подгруппы в соответствии с превалирующими проявлениями шейно-плечевого синдрома: суставной вариант шейно-плечевого синдрома – 22 человека, вертеброгенный – 38, смешанный (миофасциальный) – 35.

Исследование проводилось при помощи роботизированного биомеханического комплекса с биологической обратной связью *CON-TREX (Con-Trex MJ, Physiomed, Германия)* (рис. 1).

Для объективизации исследования всем испытуемым проводились циклы сгибания/разгибания (положение лежа на боку) и отведения/приведения (положение лежа на спине) по 10 повторений билатерально на максимальном пределе возможности мышечного усилия. Тестирование проводилось в режиме *CPM (constant passive movement, постоянное пассивное движение)*. В данном режиме движение осуществляется с постоянной скоростью по всей амплитуде движения пациента, т.е. тестируемый сегмент тела пассивно следует за консолью аппарата.

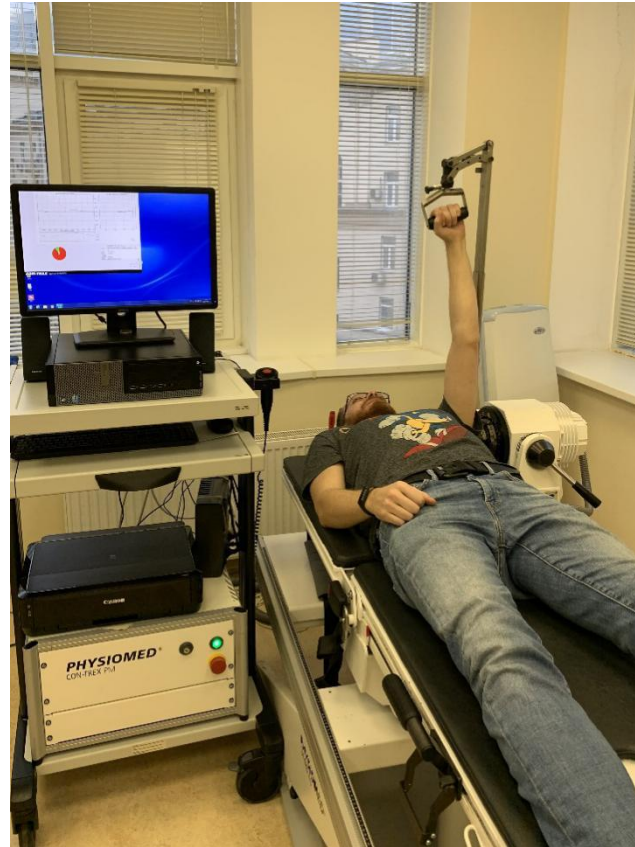


Рис. 1. Обследование пациента на комплексе *CON-TREX*  
(*Con-Trex MJ, Physiomed, Германия*)

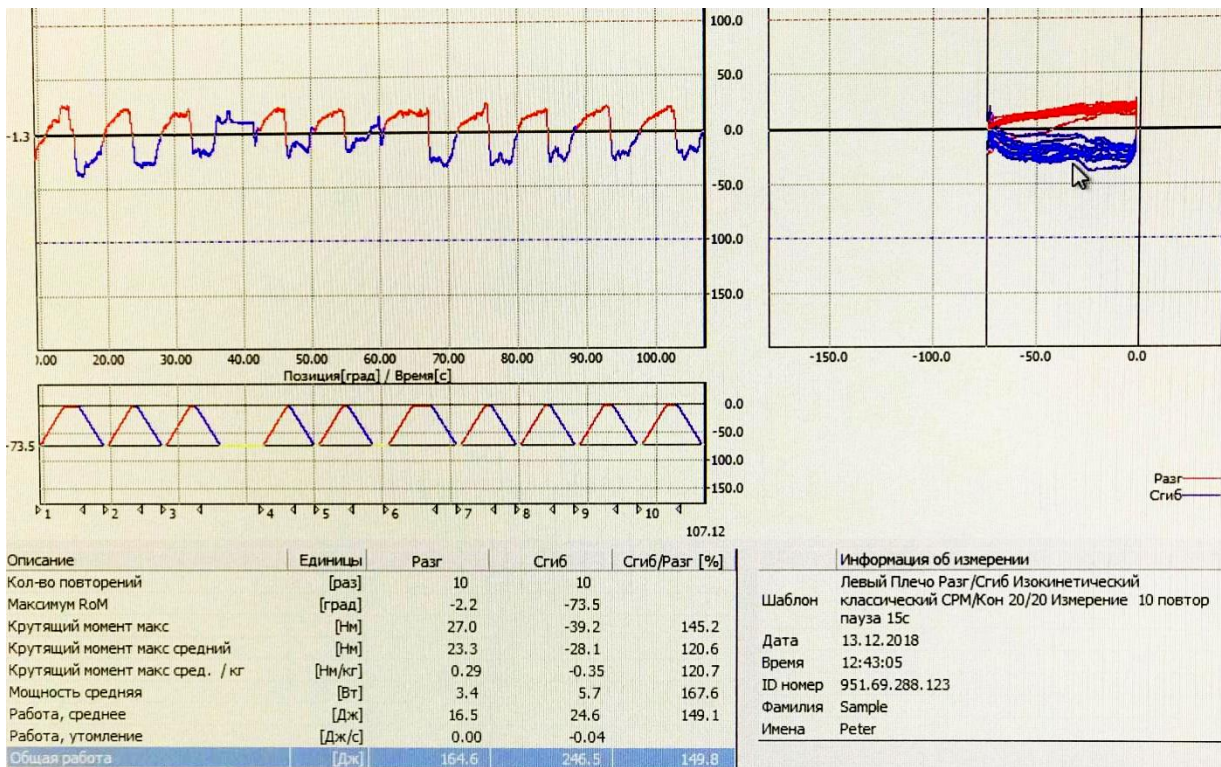


Рис. 2. Оценка функции плечевого сустава при сгибании/разгибании

При выполнении теста пациент совершал концентрические движения в плечевом суставе: отведение и сгибание, обратное приведение и разгибание совершались в пассивном режиме. В ходе исследования за 10 циклов повторений всем испытуемым проводилась оценка функции плечевого сустава при сгибании/разгибании и отведении/приведении по следующим параметрам: максимальный угол движения (градусы), средние показатели максимального крутящего момента (Н·м), среднее время до наступления максимального крутящего момента (с), значение крутящего момента, достигнутое за 0,2 сек после начала движения (Нм), значение крутящего момента при достижении угла движения 30 градусов (Нм), средняя работа мышц (Дж), среднее время достижения максимальной точки движения (с) изменение максимального крутящего момента за несколько первых полуциклов (%) (рис. 2).

Оценка и документация исследований каждого испытуемого проводилась в компьютерной программе *Con-Trex MJ, Human kinetics 1.7.5 Filter V1.7.3*.

Статистическая обработка материала проводилась с использованием пакета статистического анализа данных *Statistica 10.0 for Windows (StatSoft Inc., USA)*. Для расчета вероятностей параметрических показателей, подчиняющихся закону нормального распределения, использовались методы параметрической статистики (*t*-тест Стьюдента). Средние значения в работе представлялись в форме  $M \pm \sigma$ . Качественные переменные описывались абсолютными и относительными частотами (процентами). Различия считались статистически значимыми при уровне ошибки  $p < 0,05$ .

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты тестирования на аппаратном комплексе *CON-TREX* представлены в табл. 1 и 2.

Как следует из приведённых данных, наибольшие биомеханические нарушения в плечевом суставе наблюдались у пациентов с суставным вариантом шейно-плечевого синдрома. При этом максимально страдала амплитуда движений (почти на 50%). Средние показатели крутящего момента были снижены на 23% по сравнению с контрольной группой. Лучшие показатели наблюдались у больных с вертеброгенным вариантом шейно-плечевого синдрома. В среднем они отклонялись от показателей контрольной группы на 15–20%. Полученные данные могут свидетельствовать о том, что пациенты, которые перенесли травму плечевого сустава, представляют более тяжёлую группу в плане реабилитации.

Аналогичную картину можно наблюдать и по данным «приведение – отведение», где также наблюдается снижение амплитуды движений почти на 50% у пациентов с последствиями травм плечевого сустава и снижение мышечной силы в среднем на 23%.

Проведено сравнение полученных результатов для оценки достоверности различий. Результаты биомеханического тестирования у пациентов основной группы с контрольной показали статистически достоверные различия ( $p < 0,05$  по всем параметрам).

При сравнении результатов тестирования пациентов основной группы с суставным вариантом шейно-плечевого синдрома с результатами пациентов с вертеброгенным и смешанным вариантами получена достоверная разница ( $p < 0,05$ ): у пациентов с суставным вариантом шейно-плечевого синдрома снижение исследуемых параметров носит более выраженный характер. Сравнение результатов пациентов с вертеброгенным и смешанным вариантами шейно-плечевого синдрома не показало статистически достоверных различий ( $p > 0,05$ ).

Таблица 1

Результаты тестирования пациентов основной и контрольной групп с помощью  
аппаратного комплекса *CON-TREX*, цикл «сгибание-разгибание»

Параметр	Основная группа						Контрольная группа <i>n</i> = 25	
	СВ <i>n</i> = 22		ВВ <i>n</i> = 38		СМВ <i>n</i> = 35			
	1	2	1	2	1	2	1	2
Максимальный угол движения, градусы	4,2 ± 0,95	0,5 ± 0,15	5,3 ± 1,1	0,6 ± 0,2	5,1 ± 0,89	0,6 ± 0,1	8,1 ± 1,3	0,9 ± 0,1
Средние показатели максимального крутящего момента, Н·м	21,1 ± 2,7	29,1 ± 2,7	23,4 ± 1,5	32,7 ± 2,1	22,8 ± 2,3	31,4 ± 2,4	29,2 ± 4,2	35,7 ± 3,1
Среднее время до наступления максимального крутящего момента, с	1,94 ± 0,45	0,54 ± 0,24	2,1 ± 0,35	0,74 ± 0,31	2,15 ± 0,51	0,67 ± 0,1	2,43 ± 0,74	0,93 ± 0,23
Значение крутящего момента достигнутое за 0,2 с после начала движения, Н·м	11,2 ± 1,4	3,7 ± 0,7	11,9 ± 0,7	3,9 ± 0,7	12,1 ± 0,9	3,6 ± 0,8	14,3 ± 1,76	4,9 ± 1,1
Значение крутящего момента при достижении угла движения 30 градусов, Н·м	10,4 ± 1,7	1,4 ± 0,5	11,1 ± 0,9	1,6 ± 0,3	10,9 ± 1,1	1,65 ± 0,5	14,9 ± 2,3	2,1 ± 0,5
Средняя работа мышц, Дж	10,1 ± 0,9	2,5 ± 0,4	11,2 ± 0,75	2,7 ± 0,2	10,9 ± 0,7	2,4 ± 0,6	14,8 ± 1,2	3,1 ± 0,3
Среднее время достижения максимальной точки движения, с	0,95 ± 0,2	0,45 ± 0,1	1,17 ± 0,1	0,52 ± 0,2	1,12 ± 0,25	0,56 ± 0,19	1,37 ± 0,35	0,74 ± 0,07
Изменение максимального крутящего момента за несколько первых полуциклов, %	5,5 ± 0,2	7,9 ± 0,4	6,3 ± 0,1	8,1 ± 0,3	6,5 ± 0,25	8,3 ± 0,75	8,2 ± 0,39	10,7 ± 0,64

*Примечание.* 1 – сгибание, 2 – разгибание, СВ – суставной вариант шейно-плечевого синдрома, ВВ – вертеброгенный вариант шейно-плечевого синдрома, СМВ – смешанный миофасциальный вариант.

Таблица 2

**Результаты тестирования пациентов основной и контрольной групп с помощью  
аппаратного комплекса CON-TREX, цикл «приведение-отведение»**

Параметр	Основная группа						Контрольная группа n = 25	
	СВ n = 22		ВВ n = 38		СМВ n = 35			
	1	2	1	2	1	2	1	2
Максимальный угол движения, градусы	0,95 ± 0,3	5,9 ± 1,1	1,1 ± 0,2	7,1 ± 0,95	1,15 ± 0,29	6,9 ± 1,19	1,87±0,28	9,9±1,3
Средние показатели максимального крутящего момента, Н·м	34,7 ± 2,9	15,4 ± 2,4	39,1 ± 1,1	18,1 ± 1,1	38,9 ± 1,2	17,7 ± 1,5	42,5 ± 3,7	22,4 ± 3,7
Среднее время до наступления максимального крутящего момента, с	1,05 ± 0,32	0,95 ± 0,06	1,2 ± 0,09	0,87 ± 0,1	1,15 ± 0,15	0,92 ± 0,06	1,42 ± 0,22	1,15 ± 0,09
Значение крутящего момента достигнутое за 0,2 с после начала движения, Н·м	8,3 ± 1,1	10,5 ± 1,9	9,9 ± 1,45	11,4 ± 1,4	10,1 ± 0,8	11,1 ± 1,0	12,3 ± 1,5	14,5 ± 2,1
Значение крутящего момента при достижении угла движения 30 градусов, Н·м	2,5 ± 0,8	10,1 ± 2,3	2,95 ± 0,75	12,1 ± 1,2	3,1 ± 0,65	11,9 ± 1,45	3,9 ± 0,2	14,7 ± 2,16
Средняя работа мышц, Дж	4,9 ± 0,85	8,7 ± 1,4	5,2 ± 0,7	9,9 ± 1,2	5,3 ± 0,8	9,3 ± 0,75	6,3 ± 0,9	11,2 ± 1,7
Среднее время достижения максимальной точки движения, с	0,15 ± 0,07	0,35 ± 0,09	0,19 ± 0,03	0,39 ± 0,02	0,17 ± 0,01	0,32 ± 0,08	0,23 ± 0,09	0,48 ± 0,17
Изменение максимального крутящего момента за несколько первых полуциклов, %	10,9 ± 1,1	1,35 ± 0,95	11,3 ± 0,85	1,45 ± 0,35	11,1 ± 1,2	1,41 ± 0,25	13,7 ± 1,75	1,97 ± 0,55

*Примечание.* 1 – приведение, 2 – отведение, СВ – суставной вариант шейно-плечевого синдрома, ВВ – вертеброгенный вариант шейно-плечевого синдрома, СМВ – смешанный миофасциальный вариант шейно-плечевого синдрома.

## Выводы

Таким образом, при всех типах шейно-плечевого синдрома у пациентов после травмы надплечья происходит нарушение биомеханики плечевого сустава. Полученные данные биомеханического исследования подтверждают необходимость распределения пациентов с шейно-плечевым синдромом после травмы надплечья на различные типы, с учетом ранее выдвинутой теории о типах шейно-плечевого синдрома по результатам клинико-статистического анализа.

Полученные данные позволяют начать разработку персонализированных протоколов реабилитационного лечения шейно-плечевого синдрома.

Пациенты, перенесшие травму плечевого сустава, представляют собой наиболее тяжелую группу в плане последующей реабилитации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дамдинов Б.Б., Сороковиков В.А., Ларионов С.Н., Кошкарева З.В., Складенко О.В., Животенко А.П., Кириенко А.Н. Особенности изменения сагиттального баланса шейного отдела позвоночника при шейно-плечевом синдроме // Хирургия позвоночника. – 2019. – Т. 16, № 2. – С. 42–48.
2. Капанджи А.И. Физиология суставов. Т. 1. Верхняя конечность. –М.: Эксмо, 2009. –344 с.
3. Левин О.Г. Диагностика и лечение боли в шее и верхних конечностях // Российский медицинский журнал. – 2006. – № 9. – С.71–73.
4. Стефаниди А.В., Барташевич В.В., Сороковников В.А., Балабанова Н.В. Цервикалгия как следствие нарушения биомеханики плечевого сустава // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2005. – Т. 2, № 40. – С. 265–269.
5. Calderale P.M., Bignardi C. The shoulder joint system: biomechanics and instability // Russian Journal of Biomechanics. – 1999. – Vol. 3, no. 1. – P. 62–74.
6. Kalinsky E.B., Chernyaev A.V., Slinyakov L.Yu. [et al.]. Clinical and radiographic characteristics of patients with cervicgia after previous injury to the pectoral girdle // Bulletin of Russian State Medical University. – 2018. – No. 2. – P. 68–72.
7. Scheer J.K., Tang J.A., Smith J.S., Acosta F.L. Jr, Protopsaltis T.S., Blondel B., Bess S., Shaffrey C.I., Deviren V., Lafage V., Schwab F., Ames C.P. Cervical spine alignment, sagittal deformity, and clinical implications: a review // J. Neurosurg. Spine. – 2013. –Vol. 19, no. 2. – P. 141–159.

## ASSESSMENT OF BIOMECHANICAL DISORDERS OF THE SHOULDER JOINT IN PATIENTS WITH CERVICAL-SHOULDER SYNDROME AFTER INJURIES TO THE UPPER ARM

**E.B. Kalinsky, A.V. Chernyaev, L.Y. Slinyakov, V.B. Bogatov, Y.R. Goncharuk,  
A.S. Chekanov, V.A. Kolyshenkova, M.A. Eremushkin (Moscow, Russian Federation)**

The consequences of injuries and diseases of the shoulder joint can be either isolated or combined with pathology of the cervical spine. The polymorphism of the pathology significantly complicates the task of rehabilitation of such patients. The authors analyzed biomechanical disorders in the shoulder joint in cervical-brachial syndrome with three main types of injuries: articular, vertebrogenic, and mixed myofascial type. It was shown that the greatest difficulty in terms of violation of biomechanics and subsequent rehabilitation is represented by the articular variant, i.e. in patients who have suffered an injury to the capsular ligamentous apparatus of the shoulder joint.

**Key words:** shoulder joint, rehabilitation, injuries and diseases of the shoulder joint, violation of biomechanics.

*Получено 07 февраля 2020*