

Оригинальная статья / Original article

УДК: 616.727.2

DOI: <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-4-148-158>

## Оценка функциональных и биомеханических нарушений в плечевом суставе: проспективное когортное исследование 119 пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча

**Колышенков В.А.\*, Фесюн А.Д., Яковлев М.Ю.***Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России, Москва, Россия*

### РЕЗЮМЕ

**ЦЕЛЬ.** Оценить степень изменения функциональных и биомеханических характеристик плечевого сустава у пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плеча.**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ.** В исследование было включено 119 пациентов, 59 пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча и 60 практически здоровых добровольцев, не имеющих в анамнезе травм и заболеваний плечевого сустава, в возрасте от 18 до 66 лет. Все пациенты заполнили опросники DASH, а также прошли клиническое обследование травматолога, невролога и врача по лечебной физкультуре, а также биомеханическое исследование плечевого сустава. Исследование биомеханических параметров плечевого сустава проводилось с использованием компьютеризированного изокинетического динамометра «Соп-Трех MJS» (Physiomed, Германия). В качестве диагностических тестов были выбран тест «вращение внутрь/наружу». Тестирование «вращение внутрь/наружу» проводилось лежа на спине. Локоть согнут под углом 90°, верхняя конечность отведена в плечевом суставе на 90°. Рукоятка динамометра устанавливалась индивидуально в соответствии с длиной конечности пациента. Ось вращения динамометра совпадала с осью вращения в плечевом суставе. Максимально допустимый объем движений в тесте был ограничен 90° движений наружной ротации и 80° – внутренней ротации. За нулевую точку отсчета принималось нейтральное положение отведения в плечевом суставе равное 90° и сгибанию в локтевом суставе в 90°.**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** У пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча отмечается высокий уровень болевых ощущений в плечевом суставе, 6,00 [5,00;7,00] баллов по ВАШ, сильная степень функциональных ограничений 63,33 [55,92;66,67] баллов по опроснику DASH, выраженное снижение объема движений в плечевом суставе, а также существенный дефицит динамических силовых показателей и показателей выносливости и мышечной производительности.**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Пациенты с повреждением ротаторной манжеты плеча испытывают обширные функциональные ограничения, что выражается в высоком уровне болевых ощущений в плечевом суставе, высоким баллам опросника функционирования верхней конечности (DASH, больше – хуже) и существенному снижению биомеханических показателей плечевого сустава и верхней конечности в целом, что в конечном итоге приводит к серьезным ограничениям функциональной активности, снижению трудоспособности, а следовательно, к снижению качества жизни.**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** реабилитация, ротаторная манжета плеча, повреждения ротаторной манжеты плеча, изокинетическое тестирование, биомеханика**Для цитирования:** Kolyshenkov V.A., Fesyun A.D., Yakovlev M.Y. Evaluation of Functional and Biomechanical Deficiency in the Shoulder Joint: a Prospective Cohort Study of 119 Patients with Rotator Cuff Injury. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022; 21 (4): 148-158. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-4-148-158>**\*Для корреспонденции:** Колышенков Василий Андреевич, e-mail: [vasiliy4kol@gmail.com](mailto:vasiliy4kol@gmail.com)

Статья получена: 10.06.2022

Поступила после рецензирования: 17.07.2022

Статья принята к печати: 28.07.2022

# Evaluation of Functional and Biomechanical Deficiency in the Shoulder Joint: a Prospective Cohort Study of 119 Patients with Rotator Cuff Injury

Vasiliy A. Kolyshekov\*, Anatoliy D. Fesyun, Maxim Y. Yakovlev

National Medical Research Center of Rehabilitation and Balneology, Moscow, Russian Federation

## ABSTRACT

**AIM.** To assess the degree of change in functional and biomechanical characteristics of the shoulder joint in patients with rotator cuff injury.

**MATERIAL AND METHODS.** The study included 119 patients, 59 patients with rotator cuff injury and 60 practically healthy volunteers with no history of injuries and shoulder disorders, aged 18 to 66 years. All patients completed DASH questionnaires and underwent clinical examination by a traumatologist, neurologist and physical therapist, as well as a biomechanical examination of the shoulder joint. The biomechanical parameters of the shoulder joint were studied using the «Con-Trex MJS» (Physiomed, Germany) computerized isokinetic dynamometer. We chose the inward/outward rotation test as the diagnostic test. The inward/outward rotation test was performed lying on the back. The elbow was bent at an angle of 90°, the upper limb was moved 90° at the shoulder joint. The handle of the dynamometer was set individually according to the patient's limb length. The axis of rotation of the dynamometer coincided with the axis of rotation in the shoulder joint. The maximum allowable amount of motion in the test was limited to 90° movement of the external rotation and 80° internal rotation. The neutral position of the shoulder joint retraction equal to 90° and the elbow joint flexion at 90° were taken as the zero point of reference.

**RESULTS AND DISCUSSION.** Patients with rotator cuff injury have a high shoulder pain level, 6.00 [5.00;7.00] VAS, a severe degree of functional limitations 63.33 [55.92;66.67] scores on the DASH questionnaire, a pronounced decrease in shoulder range of motions, as well as a significant deficit in dynamic strength and endurance indices and muscle performance.

**CONCLUSION.** Patients with shoulder rotator cuff injury experience extensive functional limitations expressed in a high level of pain in the shoulder joint, high points of the questionnaire of the upper limb functioning (DASH, more – worse) and a significant decrease in the biomechanical indicators of the shoulder joint and upper limb in general, which ultimately leads to a serious limitation of functional activity, a decrease in the working capacity and, consequently, a decrease in the quality of life.

**KEYWORDS:** rehabilitation, rotator cuff, rotator cuff injury, isokinetic testing, biomechanic

**For citation:** Kolyshekov V.A., Fesyun A.D., Yakovlev M.Y. Evaluation of Functional and Biomechanical Deficiency in the Shoulder Joint: a Prospective Cohort Study of 119 Patients with Rotator Cuff Injury. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2022; 21 (4): 148-158. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2022-21-4-148-158>

\***For correspondence:** Vasiliy A. Kolyshekov, e-mail: [vasiliy4kol@gmail.com](mailto:vasiliy4kol@gmail.com)

**Received:** Jun 10, 2022

**Revised:** Jul 17, 2022

**Accepted:** Jul 28, 2022

## ВВЕДЕНИЕ

Патология вращательной манжеты плеча (ВМП) является наиболее частой причиной боли в плечевом суставе, ее распространенность растет по мере увеличения возраста пациентов [1-3]. Разрывы и повреждение ВМП приводят к выраженному болевому синдрому, существенному снижению функции, а, следовательно, к нетрудоспособности с ограничением повседневной активности [4].

Экономические затраты на лечение патологий плечевого сустава в 2000 г. оценивались порядком 7 миллиардов долларов и занимают одно из ведущих мест среди обращений за первичной медицинской помощью в США [5].

Повреждения вращательной манжеты плеча чаще встречаются в пожилом возрасте. У пациентов моложе 20 лет распространенность данной патологии составляет 9,7%, в то время как у пациентов старше 80 лет она возрастает до 62% [6]. С учетом высокой распространенности разрывов следует предположить, что дегенеративные разрывы зачастую протекают бессимптомно [7, 8].

Несмотря на то, что разрывы вращательной манжеты плеча, происходящие в молодом возрасте, чаще коррелируют с травмой, однако в среднем и пожилом возрасте невозможно провести четкой корреляции с травмирующими факторами [9, 10].

К факторам риска, в развитии патологий вращательной манжеты плеча можно отнести возраст, высокий индекс массы тела, гипертонию и курение, а также весьма высокую роль играют наследственные факторы. Не стоит забывать и про механическую этиологию, а именно: разрывы могут локализоваться в области прикрепления надостной мышцы, которое при сгибании вступает в тесный контакт с крючковидным отростком акромиона.

Пациенты с симптомами повреждений вращательной манжеты плеча чаще предъявляют жалобы на боль в области плечевого сустава, снижение силы в верхней конечности, а также ограничение объема во всем диапазоне пассивных и активных движений в плечевом суставе. Частичные повреждения вращательной манжеты плеча могут ограничивать функцию исключительно из-за болевых ощущений в области плечевого

сустава, однако крупные или полные разрывы вращательной манжеты плеча приводят к нарушению баланса кинематических сил плечевого сустава, что в свою очередь ведет к ограничению функции и снижению силы мышц, окружающих плечевой сустав [11].

Стоит заметить, что, несмотря на многофакторность проблематики эпидемиологии повреждений вращательной манжеты плеча, ведущую роль в данном вопросе занимает ограничение функции и уровень болевых ощущений в плечевом суставе, что приводит к существенному снижению качества жизни пациентов, увеличению нетрудоспособного населения, а в дальнейшем и увеличению затрат на здравоохранение.

**ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Оценить степень изменения функциональных и биомеханических характеристик плечевого сустава у пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плеча.

**МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

В рамках исследования было обследовано 119 пациентов 59 пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча, а также 60 практически здоровых добровольцев, не имеющих в анамнезе травм и заболеваний плечевого сустава, в возрасте от 18 до 66 лет, разделенные на две группы, контрольную и основную. Среди пациентов было 63 (52,9%) мужского и 56 (47,1%) женского пола. Средний возраст составил 48,00 [35,00;54,50] лет, средний вес и рост составили 79,00 [70,00;85,50] кг и 1,74 [1,63;1,79] м соответственно.

В контрольную группу было включено 60 практически здоровых человек (34 мужчины и 26 женщины), средний возраст 48 [36,50;55,50], средний рост 1,74 [1,64;1,82] м, средний вес 77,50 [69,75;85,00] кг, не имеющих в анамнезе травм верхней конечности, в частности плечевого сустава, а также заболеваний, которые косвенно могут повлиять на биомеханические и функциональные характеристики плечевого сустава.

Основную группу составили 59 пациентов (29 мужчин и 30 женщин), средний возраст которых составил 47,00 [27,00;54,00] лет, средний рост и вес составили 1,71 [1,63;1,78] м и 77,50 [70,50;88,25] кг соответственно.

Исследование биомеханических параметров плечевого сустава проводилось с использованием компьютеризированного изокинетического динамометра «Con-Trex MJS». В качестве диагностических тестов были выбран тест «вращение внутрь/наружу». Тестирование «вращение внутрь/наружу» проводилось лежа на спине. Локоть согнут под углом 90°, верхняя конечность отведена в плечевом суставе на 90°. Рукоятка динамометра

устанавливалась индивидуально в соответствии с длиной конечности пациента. Ось вращения динамометра совпадала с осью вращения в плечевом суставе. Максимально допустимый объем движений в тесте был ограничен 90° движений наружной ротации и 80° – внутренней ротации. За нулевую точку отсчета принималось нейтральное положение отведения в плечевом суставе равно 90° и сгибанию в локтевом суставе в 90°.

Оценку уровня функционирования верхней конечности проводили с использованием опросника DASH (Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand). Опросник включает в себя 30 вопросов, которые описывают возможность пациента выполнять определенные действия верхней конечностью. Подсчет баллов осуществляется по шкале от 0 (нет нарушения функции) до 100 баллов (максимальное нарушение функции), чем выше балл, тем выше степень нарушения функции.

Оценка уровня болевых ощущений проводилась с использованием визуальной аналоговой шкалы (ВАШ). Пациента просили отметить на цветной линейке длиной 10 см точку, которая соответствует степени выраженности боли, учитывая субъективную оценку общего состояния (личная и профессиональная жизнь, спортивная деятельность и повседневная активность и т.д.). Левая граница линии соответствует определению «боли нет», правая – «сильнейшая боль, которую вы можете себе представить». Использовалась бумажная или картонная линейка длиной 10 см. На линейке были нанесены сантиметровые деления, по которым врач отмечал полученное значение и заносил его в лист наблюдения.

Клиническое обследование всех пациентов включало общий осмотр и проведение специальных тестов.

Были проведены специфические тесты, определяющие объем движений в плечевом суставе: сгибание, разгибание, отведение, приведение, наружная и внутренняя ротация. Регистрация объема движений проходила с использованием медицинского гониометра.

Особое внимание было уделено осмотру, пальпации и тестированию мышечного тонуса мышц вращательной манжеты плеча: надостной, подостной, малой круглой и подлопаточной.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

В начале исследования все пациенты с повреждением вращательной манжеты плеча (n=59) предъявляли жалобы на болевой синдром в области плечевого сустава, интенсивность болевого синдрома составила 6,00 [5,00;7,00] баллов, тогда как здоровые добровольцы не предъявляли жалобы на болевой синдром в области плечевого сустава (табл. 2).

**Таблица 1.** Распределение уровня болевого синдрома по ВАШ у пациентов с повреждением вращательной манжеты плеча (Abs/%)

**Table 1.** Distribution of pain level by VAS in patients with rotator cuff injury (Abs/%)

Вариативность болевого синдрома у пациентов с повреждением вращательной манжеты плеча (n= 59) / Variation of pain syndrome in patients with rotator cuff injury (n=59)				
4 балла / 4 points	5 баллов / 5 points	6 баллов / 6 points	7 баллов / 7 points	8 баллов / 8 points
11 (18,6%)	15 (25,4%)	9 (15,3%)	15 (25,4%)	9 (15,3%)

Болевой синдром умеренной интенсивности (от 4 до 6 баллов по шкале ВАШ) был выявлен у 59,3% обследованных, в свою очередь у 40,3% пациентов был выявлен болевой синдром высокой интенсивности (7-8 баллов по шкале ВАШ) (табл. 1). У 45% пациентов болевой

синдром носил постоянный хронический характер, у 36% обследованных болевой синдром преимущественно возникал при выполнении движений в плечевом суставе и у 18% пациентов болевой синдром не купировался медикаментозно.

**Таблица 2.** Степень болевого синдрома по ВАШ у пациентов с повреждением вращательной манжеты плеча и у здоровых добровольцев

**Table 2.** VAS pain syndrome for patients with rotational cuff injury and healthy volunteers

	Пациенты с повреждением ВМПС / Patients with rotator cuff injury	Здоровые добровольцы / Healthy volunteers
ВАШ (баллы) / VAS (points)	6,00 [5,00;7,00]	0 [0;1,00]*

**Примечание:** Данные представлены медианой (Me) и квартилями [Q<sub>1</sub>;Q<sub>3</sub>]. \* – различия показателей статистически значимы ( $p < 0,001$ ), используемый метод: U-критерий Манна-Уитни

**Note:** Data presented by median (Me) and quartile [Q<sub>1</sub>;Q<sub>3</sub>] \* – the differences of the indicators are statistically significant ( $p < 0.001$ ), the method used: the Mann-Whitney U criterion

Значения уровня функционирования плечевого сустава согласно опроснику DASH составили 65,00 [61,67;67,50] баллов до начала лечения (табл. 3).

**Таблица 3.** Исходные значения опросника DASH у пациентов с повреждением вращательной манжеты плеча и у здоровых добровольцев

**Table 3.** Initial values of the DASH questionnaire for patients with rotational cuff injury and healthy volunteers

	Пациенты с повреждением ВМПС / Patients with rotator cuff tears	Здоровые добровольцы / Healthy volunteers
DASH (баллы) / DASH (points)	63,33 [55,92;66,67]	3,30 [1,45;5,00]*

**Примечание:** Данные представлены медианой (Me) и квартилями [Q<sub>1</sub>;Q<sub>3</sub>]. \* – различия показателей статистически значимы ( $p < 0,001$ ), используемый метод: U-критерий Манна-Уитни

**Note:** Data presented by median (Me) and quartile [Q<sub>1</sub>;Q<sub>3</sub>] \* – the differences of the indicators are statistically significant ( $p < 0.001$ ), the method used: the Mann-Whitney U criterion

Более углубленный анализ опросника DASH показал, что пациенты с повреждением ротаторной манжеты плеча наиболее часто испытывают проблемы

с действиями и активностями, где необходимо приложить значительной мышечной силы верхней конечности.

**Таблица 4.** Вариативность ответов опросника DASH пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плеча о действиях с применением силовых возможностей верхней конечности

**Table 4.** Variability of DASH questionnaire responses for patients with rotator cuff tears to the upper limb

Вопрос опросника DASH / Question of the DASH questionnaire	Нетрудно / No difficulty	Немного трудно / Mild difficulty	Умеренно трудно / Moderate difficulty	Очень трудно / Severe difficulty	Невозможно / Unable
Открыть плотно-закрытую банку с резьбовой крышкой / Open a tightly closed can with a threaded lid	-	1 (1,7%)	6 (10,3%)	24 (41,4%)	27 (46,6%)
Толкая открыть тяжелую дверь / Pushing to open a heavy door	-	-	20 (34,5%)	20 (34,5%)	11 (19,0%)
Разместить предмет на полку выше головы / Place an object on a shelf above the head	-	-	12 (20,7%)	34 (58,6%)	12 (20,7%)
Делать тяжелые домашние дела / Doing hard housework (e.g., wash walls, wash floors)	-	1 (1,7%)	12 (20,7%)	30 (51,7%)	15 (25,9%)
Ухаживать за садом / Taken care of the garden or do yard work	-	-	24 (41,4%)	24 (41,4%)	10 (17,2%)

Нести хозяйственную сумку / Carry a shopping bag or briefcase	-	-	17 (29,3%)	39 (67,2%)	2 (3,4%)
Нести тяжелый предмет / Carry a heavy object (over 10 lbs)	-	-	3 (5,2%)	27 (46,6%)	28 (48,3%)
Действия требующие некоторую силу или воздействие через вашу руку / Actions requiring some force or influence through your hand, shoulder or hand (e.g golf, hammering, tennis, etc...)	-	-	1 (1,7%)	41 (70,7%)	16 (27,6%)
Действия, при которых рука перемещается свободно / Actions in which the hand moves freely	-	-	1 (1,7%)	30 (51,7%)	27 (46,6%)

Так, например, 46,6% пациентов отмечали, что в связи с травмой ротаторной манжеты плеча не могут открыть плотно-закрытую банку, или выполнение этого действия дается им очень трудно. 19% опрошенных пациентов предъявляли жалобы на невозможность открыть тяжелую дверь, в тоже время 25,9% респондентов подчеркивали, что выполнение тяжелой работы по дому, такой как влажная уборка, не предоставляется возможным в связи с функциональными ограничениями, одновременно с ними 51,7%

пациентов отметили, что домашние дела выполнять очень трудно (табл. 4).

Проведенный корреляционный анализ, между результатами опросника DASH и силовыми показателями изокинетического тестирования (максимальный крутящий момент, средний крутящий момент) в тестах ротаторной манжеты плеча (тест «вращение внутрь/наружу») показал «заметную» и «умеренную» тесноту связи по шкале Чеддока ( $p < 0,001$ ) (табл. 5).

**Таблица 5.** Характеристика корреляционной связи между результатами опросника DASH и силовыми показателями изокинетического теста «вращение внутрь/наружу»

**Table 5.** Correlation characteristic between the results of the DASH questionnaire and the strength of the isokinetic test «inward/outward rotation»

Показатель / Indicator	Характеристика корреляционной связи / Correlation data		
	ρ	Теснота связи по шкале Чеддока / Cheddok scale	p
DASH – «Вращение внутрь» максимальный крутящий момент / DASH – «Inward rotation» maximum torque	-0,510	Заметная	< 0,001*
DASH – «Вращение внутрь» средний крутящий момент / DASH – «Inward rotation» average torque	-0,505	Заметная	< 0,001*
DASH – «Вращение наружу» максимальный крутящий момент / DASH – «Outward rotation» maximum torque	-0,471	Умеренная	< 0,001*
DASH – «Вращение наружу» средний крутящий момент / DASH – «Outward rotation» average torque	-0,474	Умеренная	< 0,001*

**Примечание:** \* – различия показателей статистически значимы ( $p < 0,001$ )

**Note:** \* – Statistically significant differences ( $p < 0.001$ )

Зависимость исследуемых параметров описывается уравнением парной линейной регрессии, установлена обратная связь. При увеличении показателей опросника DASH на 1 следует ожидать снижения показателей максимального и среднего крутящего момента в тесте «вращение внутрь» на 0,31 Н\*м и на 0,29 Н\*м соответственно, а в тесте «вращения наружу» следует ожидать снижения параметров на 0,19 Н\*м и на 0,19 Н\*м соответственно.

Все пациенты с повреждением вращательной манжеты плеча предъявляли жалобы на снижение объема движений в плечевом суставе. Исходный объем движения в отведении до начала реабилитационных мероприятий составил 41,00 [26,00;54,50] градусов и 67,00 [57,50;77,00] градусов в сгибании, напротив у здоровых добровольцев объем движений в сгибании составил 176,00 [174,00;178,00] градусов и 175,00 [172,00;177,00] градусов в отведении ( $p < 0,001$ ) (табл. 6).

**Таблица 6.** Исходный объем движений в плечевом суставе у пациентов с повреждением вращательной манжеты плеча и у здоровых добровольцев до лечения

**Table 6.** The initial volume of motions in the shoulder joint in patients with rotator cuff injury and in healthy volunteers before treatment

	Пациенты с повреждением ВМПС / Patients with rotator cuff injury	Здоровые добровольцы / Healthy volunteers
Сгибание (град.) / flexion	67,00 [57,50;77,00]	176,00 [174,00;178,00]*
Отведение (град.) / Abstraction (deg.)	41,00 [26,00;54,50]	175,00 [172,00;177,00]*

**Примечание:** Данные представлены медианой (Me) и квартилями [Q<sub>1</sub>;Q<sub>3</sub>]. \* – различия показателей статистически значимы (p < 0,001), используемый метод: U-критерий Манна-Уитни

**Note:** Data presented by median (Me) and quartile [Q<sub>1</sub>;Q<sub>3</sub>] \* – the differences of the indicators are statistically significant (p < 0.001), the method used: the Mann-Whitney U criterion

Дефицит объема движений в сгибании у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча составил 109 градусов, а в отведении – 134 градусов. Существенное снижение объема движений в плечевом суставе вызывается непосредственно травматическим фактором, отеком околоуставных тканей, высоким уровнем боли, а также снижением силы мышц, окружающих плечевой сустав.

При оценке данных изокинетической динамометрии особое внимание уделялось показателям динамической силы (максимальный и средний крутящие моменты, средний крутящий момент/кг) и показателям мышечной выносливости и производительности (средняя работа и средняя мощность).

**Таблица 7.** Исходные показатели изокинетической динамометрии в тесте «вращение внутрь» у пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плеча и здоровых добровольцев

**Table 7.** Reference values of isokinetic dynamometer in «inward rotation» test in patients with rotator cuff tears and healthy volunteers

«Вращение внутрь» / «Inward rotation»	Пациенты с повреждением ВМПС / Patients with rotator cuff injury	Здоровые добровольцы / Healthy volunteers
Максимальный крутящий момент (Н*м) / Maximum torque (Nm)	12,00 [8,54;17,94]	21,00 [15,06;26,98]*
Средний крутящий момент (Н*м) / Average torque (Nm)	11,22 [7,67;16,07]	19,24 [14,17;23,54]*
Средний крутящий момент/кг (Н*м/кг) / Average torque/kg (Nm/kg)	0,15 [0,10;0,23]	0,26 [0,20;0,39]*
Средняя мощность (Вт) / Average power (Watt)	2,27 [1,08;3,31]	4,19 [2,83;5,40]*
Средняя работа (Дж) / Average work (J)	13,93 [5,60;24,63]	26,48 [17,24;35,18]*

**Примечание:** Данные представлены медианой (Me) и квартилями [Q<sub>1</sub>;Q<sub>3</sub>]. \* – различия показателей статистически значимы (p < 0,001), используемый метод: U-критерий Манна-Уитни

**Note:** Data presented by median (Me) and quartile [Q<sub>1</sub>;Q<sub>3</sub>] \* – the differences of the indicators are statistically significant (p < 0.001), the method used: the Mann-Whitney U criterion

Анализ изокинетического тестирования «вращение внутрь» показал статистически достоверные различия силовых характеристик (максимальный и средний крутящие моменты, средний крутящий момент/кг) (p < 0,001) и показателей выносливости и мышечной производительности (средняя мощность и средняя работа) (p < 0,001) (табл.7).

Силовые характеристики мышц M. deltoideus (pars clavicularis), M. subscapularis, M. teres major, M. pectoralis major, M. latissimus dorsi, M. biceps (caput longum), принимающих участие в движении «вращение внутрь» у пациентов с повреждениями вращательной манжеты плеча были снижены в максимальном крутящем

моменте в 1,75 раза (p < 0,001), в среднем крутящем моменте – в 1,71 раза (p < 0,001), в среднем крутящем моменте/кг – в 1,73 раза (p < 0,001), показатели мышечной выносливости и производительности, такие как средняя мощность и средняя работа были снижены в 1,84 раза (p < 0,001) и 1,90 раза (p < 0,001) соответственно по сравнению со здоровыми добровольцами.

Проведенный корреляционный анализ выявил достоверно значимые обратные связи (p < 0,001) высокой и заметной тесноты по шкале Чеддока между силовыми характеристиками, показателями выносливости и мышечной производительности и степенью выраженности болевых ощущений по ВАШ (табл. 8).

**Таблица 8.** Характеристика корреляционной связи между уровнем болевых ощущений и показателями изокINETической динамометрии в тесте «вращение внутрь»

**Table 8.** Characteristic of the correlation between the level of pain and the isokinetic dynamometer in the «inward rotation» test

Показатель / Indicator	Характеристика корреляционной связи / Correlation data		
	ρ	Теснота связи по шкале Чеддока / Cheddok scale	ρ
ВАШ – Максимальный крутящий момент / VAS – Maximum torque	-0,811	Высокая/ High	< 0,001*
ВАШ – Средний крутящий момент / VAS – Average torque	-0,811	Высокая/ High	< 0,001*
ВАШ – Средний крутящий момент/кг / VAS – Average torque/kg	-0,814	Высокая/ High	< 0,001*
ВАШ – Средняя мощность / VAS – Average power	-0,780	Высокая/ High	< 0,001*
ВАШ – Средняя работа / Average work	-0,697	Заметная/ Notable	< 0,001*

**Примечание:** \* – различия показателей статистически значимы ( $p < 0,001$ )  
**Note:** \* – Statistically significant differences ( $p < 0.001$ )

Исследуемые зависимости возможно описать с помощью уравнения парной линейной регрессии, так при увеличении степени болевого синдрома на 1 балл по ВАШ следует ожидать снижения силовых показателей, таких как максимальный крутящий момент, средний крутящий момент и средний крутящий момент/кг на 3,566 Н\*м, 3,289 Н\*м и 0,051 Н\*м/кг соответственно.

В отношении показателей мышечной выносливости и производительности справедлива вышеописанная

зависимость и при увеличении болевого синдрома на 1 балл по ВАШ следует ожидать уменьшения средней мощности на 0,729 Вт и средней работы на 5,599 Дж.

При проведении корреляционного анализа между результатами опросника DASH и результатами биомеханического тестирования отмечаются статистически достоверные обратно пропорциональные взаимосвязи заметной и умеренной тесноты связи по шкале Чеддока ( $p < 0.001$ ) (табл. 9).

**Таблица 9.** Характеристика корреляционной связи между результатами опросника DASH и показателями изокINETической динамометрии в тесте «вращение внутрь»

**Table 9.** Correlation characteristic between the results of the DASH questionnaire and the isokinetic dynamometer in the «inward rotation» test

Показатель / Indicator	Характеристика корреляционной связи / Correlation data		
	ρ	Теснота связи по шкале Чеддока / Cheddok scale	ρ
DASH – Максимальный крутящий момент / DASH – Maximum torque	-0,510	Заметная/ Notable	< 0,001*
DASH – Средний крутящий момент / DASH – Average torque	-0,505	Заметная/ Notable	< 0,001*
DASH – Средний крутящий момент/кг / DASH – Average torque/kg	-0,538	Заметная/ Notable	< 0,001*
DASH – Средняя мощность / DASH – Average power	-0,447	Умеренная/ Moderate	< 0,001*
DASH – Средняя работа / DASH – Average work	-0,503	Заметная/ Notable	< 0,001*

**Примечание:** \* – различия показателей статистически значимы ( $p < 0,001$ )  
**Note:** \* – Statistically significant differences ( $p < 0.001$ )

Зависимости показателей уровня функционирования верхней конечности по DASH и результатами изокINETической динамометрии в тесте «вращение внутрь» возможно описать с использованием математического уравнения парной линейной регрессии: при увеличении баллов опросника DASH на 1, показатели динамической силы, такие как максимальный крутящий момент, средний крутящий момент и средний крутящих момент/кг достоверно снизятся на 0,31 Н\*м, 0,29 Н\*м и 0,004

Н\*м/кг, в свою очередь значения мышечной выносливости и производительности достоверно значимо снизятся на 0,039 Вт и 0,501 Дж.

После анализа полученных данных изокINETической диагностики в тесте «вращение наружу» установлено статистически достоверно снижение силовых показателей ( $p < 0,001$ ), показателей выносливости ( $p < 0,001$ ) и мышечной производительности ( $p < 0,001$ ) у пациентов с повреждением ротаторной манжеты

плеча по сравнению со здоровыми добровольцами (табл. 10).

Силовые характеристики, показатели выносливости и мышечной производительности мышечного комплекса (*M. deltoideus (Pars spinata)*, *M. infraspinatus*, *M. supraspinatus*, *M. teres minor*), принимающего участие в движении «вращение внутрь», достоверно значимо

снижаются по сравнению со здоровыми добровольцами в максимальном крутящем моменте в 1,53 раза ( $p < 0,001$ ), в среднем крутящем моменте – в 1,42 раза ( $p < 0,001$ ), среднем крутящем моменте/кг – в 1,60 раза ( $p < 0,001$ ), средней мощности – в 1,63 раза ( $p < 0,001$ ) и в средней работе – в 1,74 раза ( $p < 0,001$ ).

**Таблица 10.** Исходные показатели изокинетической динамометрии в тесте «вращение наружу» у пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плеча и здоровых добровольцев

**Table 10.** The initial values of the isokinetic dynamometer in the «outward rotation» test in patients with rotator cuff tears and healthy volunteers

«Вращение наружу» / «outward rotation»	Пациенты с повреждением ВМПС / Patients with rotator cuff injuries	Здоровые добровольцы / Healthy volunteers
Максимальный крутящий момент (Н*м) / maximum torque (Nm)	12,54 [9,48;17,17]	19,21 [15,72;23,15]*
Средний крутящий момент (Н*м) / average torque (Nm)	12,15 [8,71;15,49]	17,30 [13,94;21,70]*
Средний крутящий момент/кг (Н*м/кг) / average torque/kg (Nm/kg)	0,15 [0,10;0,22]	0,24 [0,17;0,30]*
Средняя мощность (Вт) / average power (Watt)	2,26 [1,28;3,30]	3,69 [2,46;5,54]*
Средняя работа (Дж) / average work (J)	13,92 [6,68;21,48]	24,30 [16,07;32,28]*

**Примечание:** Данные представлены медианой (Me) и квартилями [Q<sub>1</sub>;Q<sub>3</sub>]. \* – различия показателей статистически значимы ( $p < 0,001$ ), используемый метод: U-критерий Манна-Уитни

**Note:** Data presented by median (Me) and quartile [Q<sub>1</sub>;Q<sub>3</sub>] \* – the differences of the indicators are statistically significant ( $p < 0,001$ ), the method used: the Mann-Whitney U criterion

Результаты корреляционного анализа показывают достоверно значимые обратные пропорциональные связи высокой и заметной тесноты по шкале Чеддока между показателями степени выраженности болевого синдрома по ВАШ и биомеханическими характеристиками плечевого сустава в тесте «вращение внутрь» ( $p < 0,001$ ) (табл. 11).

Изучаемые параметры находятся в обратной зависимости и их связь описывается с помощью уравнения

парной линейной регрессии, так, например, при увеличении уровня болевого синдрома на 1 балл силовые показатели, такие как максимальный крутящий момент, средний крутящий момент и средний крутящий момент/кг, достоверно значимо снизятся на 2,618 Н\*м, 2,555 Н\*м и на 0,036 Н\*м/кг соответственно, в свою очередь показатели мышечной выносливости и производительности достоверно уменьшатся на 0,667 Вт и на 4,27 Дж.

**Таблица 11.** Характеристика корреляционной связи между уровнем болевых ощущений и показателями изокинетической динамометрии в тесте «вращение внутрь»

**Table 11.** Characteristic of correlation between pain level and isokinetic dynamometry in «inward rotation» test

Показатель / Indicator	Характеристика корреляционной связи / Correlation		
	$\rho$	Теснота связи по шкале Чеддока / Cheddok scale	$p$
ВАШ – Максимальный крутящий момент / VAS – Maximum torque	-0,662	Заметная/ Notable	< 0,001*
ВАШ – Средний крутящий момент / VAS – Average torque	-0,686	Заметная/ Notable	< 0,001*
ВАШ – Средний крутящий момент/кг / VAS – Average torque/kg	-0,662	Заметная/ Notable	< 0,001*
ВАШ – Средняя мощность / VAS – Average power	-0,739	Высокая/ High	< 0,001*
ВАШ – Средняя работа / Average work	-0,673	Заметная/ Notable	< 0,001*

**Примечание:** \* – различия показателей статистически значимы ( $p < 0,001$ )

**Note:** \* – Statistically significant differences ( $p < 0,001$ )



Корреляционные связи между уровнем функционирования верхней конечности и результатами изокINETического тестирования проявляют статистически

достоверные связи заметной и умеренной ( $p < 0,001$ ) тесноты по шкале Чеддока (табл. 12).

**Таблица 12.** Характеристика корреляционной связи между результатами опросника DASH и показателями изокINETической динамометрии в тесте «вращение наружу»

**Table 12.** Characteristic of correlation between results of DASH questionnaire and indicators of isokinetic dynamometer in test «outward rotation»

Показатель/ Indicator	Характеристика корреляционной связи / Correlation data		
	$\rho$	Теснота связи по шкале Чеддока / Cheddok scale	$\rho$
DASH – Максимальный крутящий момент / DASH – Maximum torque	-0,471	Умеренная/ Moderate	< 0,001*
DASH – Средний крутящий момент / DASH – Average torque	-0,474	Умеренная/ Moderate	< 0,001*
DASH – Средний крутящий момент/кг / DASH – Average torque/kg	-0,503	Заметная/ Notable	< 0,001*
DASH – Средняя мощность / DASH – Average power	-0,497	Умеренная/ Moderate	< 0,001*
DASH – Средняя работа / DASH – Average work	-0,516	Заметная/ Notable	< 0,001*

**Примечание:** \* – различия показателей статистически значимы ( $p < 0,001$ )

**Note:** \* – Statistically significant differences ( $p < 0.001$ )

Показатели опросника DASH и силовые показатели, а также характеристики мышечной выносливости и производительности находятся в обратной пропорциональной зависимости и при увеличении опросника DASH на 1 балл следует ожидать снижения силовых характеристик исследуемых мышечных групп (M. deltoideus (Pars spinata), M. infraspinatus, M. supraspinatus, M. teres minor) в максимальном крутящем моменте на 0,19 Н\*м, в среднем крутящем моменте и среднем крутящем моменте/кг на 0,19 Н\*м и 0,003 Н\*м/кг соответственно, одновременно со снижением вышеописанных параметров следует ожидать снижение характеристик мышечной выносливости и мышечной производительности на 0,051 Вт и 0,353 Дж соответственно.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

У пациентов с повреждением вращательной манжеты плеча отмечается достаточно высокий уровень боли по ВАШ 6,00 [5,00;7,00] баллов, а также высокие баллы опросника DASH 63,33 [55,92;66,67] балла, в свою очередь у здоровых добровольцев баллы степень болевых ощущений по ВАШ и уровень функциональной активности по результатам опросника DASH составили 0 [0;1,00] баллов и 3,30 [1,45;5,00] баллов соответственно. Объем движений в сгибании и отведении в плечевом суставе у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча был существенно снижен по сравнению со значениями здоровых обследуемых, 176,00 [174,00;178,00] градусов против 67,00 [57,50;77,00] градусов в сгибании и 175,00 [172,00;177,00] градусов против 41,00 [26,00;54,50] градусов в отведении соответственно.

В отношении показателей изокINETической динамометрии в тестах «вращение внутрь/наружу» отмечался сильный дефицит динамической силы и выносливости исследуемых мышечных групп. Так, например, в тесте «вращение внутрь» силовые показатели (максимальный крутящий момент, средний крутящий момент и средний крутящий момент/кг) мышечного комплекса (M. deltoideus (pars clavicularis), M. subscapularis, M. teres major, M. pectoralis major, M. latissimus dorsi, M. biceps (caput longum)) были снижены в 1,73 раза, а значения мышечной выносливости и мышечной производительности (средняя мощность и средняя работа) – в 1,87 раза по сравнению со здоровыми добровольцами. В тесте «вращение наружу» (M. deltoideus (Pars spinata), M. infraspinatus, M. supraspinatus, M. teres minor) снижение силовых возможностей (максимальный крутящий момент, средний крутящий момент и средний крутящий момент/кг) пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча составило 1,51 раза, а показатели выносливости и производительности (средняя мощность и средняя работа) были снижены практически в 2 раза по сравнению со здоровым контингентом обследуемых.

Пациенты с повреждением ротаторной манжеты плеча испытывают обширные функциональные ограничения, что выражается в высоком уровне болевых ощущений в плечевом суставе, высоким баллам опросника DASH и существенному снижению биомеханических показателей плечевого сустава и верхней конечности в целом, что в конечном итоге приводит к серьезным ограничениям функциональной активности, снижению трудоспособности, а следовательно и к снижению качества жизни.

**ДОПОЛНИТЕЛЬНО****Информация об авторах:**

**Колышенков Василий Андреевич**, научный сотрудник отдела ортопедии, биомеханики, кинезитерапии и мануальной терапии, заместитель председателя Совета молодых ученых, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: vasilij4kol@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7211-6198>

**Фесюн Анатолий Дмитриевич**, доктор медицинских наук, и.о. директора, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: FesyunAD@nmicrk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3097-8889>

**Яковлев Максим Юрьевич**, доктор медицинских наук, заместитель директора по стратегическому развитию медицинской деятельности, Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии Минздрава России.

E-mail: masdat@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5260-8304>

**Вклад авторов:**

Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией).

Наибольший вклад распределен следующим образом:

Фесюн А.Д. – концепция исследования

Яковлев М.Ю. – дизайн исследования

Колышенков В.А. – сбор и анализ материалов исследования

**Источник финансирования:**

Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Конфликт интересов:**

Фесюн А.Д. является заместителем главного редактора журнала «Вестник восстановительной медицины». Авторы декларируют отсутствие других явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

**ADDITIONAL INFORMATION****Information about the authors:**

**Vasilij A. Kolyshenkov**, Researcher of Orthopedics, Biomechanics, Kinesiotherapy and Manual Therapy Department, Vice-Chairman of the Young Scientists Council, National Medical Research Centre of Rehabilitation and Balneology.

E-mail: vasilij4kol@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-7211-6198>

**Anatoliy D. Fesyun**, Dr. Sci. (Med.), Deputy Director, National Medical Research Centre of Rehabilitation and Balneology.

E-mail: FesyunAD@nmicrk.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3097-8889>

**Maxim Y. Yakovlev**, Dr. Sci. (Med.), Deputy Director for Strategic Development of Medical Activities, National Medical Research Centre of Rehabilitation and Balneology.

E-mail: masdat@mail.ru, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5260-8304>

**Authors' contributions:**

All authors confirm their authorship according to the 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 contribution:

Fesyun A.D. – concept of research

Yakovlev M.Y. – design of research

Kolyshenkov V.A. – research collection and analysis

**Funding Source:**

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

**Disclosure:**

Fesyun A.D. is the Deputy Editor-in-Chief of the journal «Bulletin of Rehabilitation Medicine». The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

## Список литературы/References

1. Даниленко Л.И., Даниленко О.А., Савчук А.В. Сравнительные результаты физиотерапевтического лечения пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плеча и сухожилия длинной головки бицепса плеча. Военная медицина. 2020; (3): 27-31. [Danilenko L.I., Danilenko O.A., Savchuk A.V. et al. Comparative Results of the Physiotherapeutic Treatment of Patients with Damages of the Shoulder Rotator Cuff and the Tender of the Long Shoulder Bicycle Head. *Military Medicine*. 2020; (3): 27-31 (In Russ.)]
2. Rossi L.A., Chahla J. et al. Rotator Cuff Retears. *JBJS Reviews*. 2020; 8(1): e0039 p. <https://doi.org/10.2106/JBJS.RVW.19.00039>
3. White J.J., Titchener A.G., Fakis A. et al. An epidemiological study of rotator cuff pathology using The Health Improvement Network database. *The Bone & Joint Journal*. 2014; 96(3): 350-353. <https://doi.org/10.1302/0301-620X.96B3.32336>
4. Ensor K.L., Kwon Y.W., Dibeneditto M.R. et al. The rising incidence of rotator cuff repairs. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2013; 22(12): 1628-1632. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2013.01.006>
5. Ji X., Bi C., Wang F. et al. Arthroscopic versus mini-open rotator cuff repair: an up-to-date meta-analysis of randomized controlled trials. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*. 2015; 31(1): 118-124. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2014.08.017>
6. Wu P.T., Jou I.M., Yang C.C. et al. The severity of the long head biceps tendinopathy in patients with chronic rotator cuff tears: macroscopic versus microscopic results. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2014; (23): 1099-1106. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2013.11.013>
7. Yamamoto A., Takagishi K., Kobayashi T. et al. Factors involved in the presence of symptoms associated with rotator cuff tears: a comparison of asymptomatic and symptomatic rotator cuff tears in the general population. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2011; 20(7): 1133-1137. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2011.01.011>
8. Brindisino F., Salomon, M., Giagio, S. et al. Rotator cuff repair vs. nonoperative treatment: a systematic review with meta-analysis. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery*. 2021; 30(11): 2648-2659. <https://doi.org/10.1016/j.jse.2021.04.040>
9. Greis A.C., Derrington S.M., McAuliffe M. Evaluation and nonsurgical management of rotator cuff calcific tendinopathy. *Orthopedic Clinics of North America*. 2015; 46(2): 293-302.
10. Li S., Sun H., Luo X. et al. The clinical effect of rehabilitation following arthroscopic rotator cuff repair: A meta-analysis of early versus delayed passive motion. *Medicine*. 2018; 97(2): e9625 p. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000009625>
11. Mihata T., Lee T.Q., Fukunishi K. et al. Return to Sports and Physical Work After Arthroscopic Superior Capsule Reconstruction Among Patients with Irreparable Rotator Cuff Tears. *The American Journal of Sports Medicine*. 2018; 46(5): 1077-1083. <https://doi.org/10.1177/0363546517753387>

