

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК МЫШЕЧНОЙ ТКАНИ ПРИ ТРАВМАТИЧЕСКОМ ПОВРЕЖДЕНИИ ПЛЕЧА, ОСЛОЖНЁННОМ НЕВРОГЕННОЙ ПАТОЛОГИЕЙ

Я.А. Плотникова, В.В. Эрлих, Е.Б. Перельман, Я.В. Бурнашов

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия

Цель исследования: изучить особенности изменения характеристик мышечной ткани повреждённой верхней конечности в ходе реабилитации спортсменов различных возрастных групп с травматическим повреждением плеча, осложнённым неврогенной патологией. **Материалы и методы.** Исследование проводилось на базе городской клинической больницы № 1. Для исследования была сформирована и обследована группа пациентов, перенесших перелом плечевой кости, осложнённый неврогенной патологией. Для оценки состояния механических свойств поврежденной ткани использовался MyotonPRO. Статистические изменения исследуемых параметров рассчитаны методом Стьюдента по t-критерию. **Результаты.** Полученные в ходе исследования результаты демонстрируют, что после проведения восстановительных мероприятий в пораженной верхней конечности произошло значительное увеличение показателей эластичности и тонуса мышц. Показатели динамической жесткости исследуемых мышечных групп имели лишь положительную динамику. После проведения реабилитационного комплекса пациентами были отмечены следующие положительные результаты: регресс боли, улучшение чувствительности, увеличение силы в пораженной конечности. **Вывод.** Результаты исследования показали, что использование MyotonPRO для оценки механических свойств мышц позволяет провести объективную оценку степени поражения тканей. Полученные данные позволяют расширить реабилитационную программу, что приводит к сокращению общих сроков лечения и сроков временной нетрудоспособности.

Ключевые слова: перелом плечевой кости, неврогенная патология, MyotonPRO, механические свойства мышц, реабилитация.

Введение. Согласно исследованиям Л.А. Маликовой и Н.В. Яковлевой профессиональный спорт всегда сопряжен с травмами, которые являются наиболее частой причиной завершения карьеры. Спортивная травма является не только нарушением здоровья, но и серьезной угрозой для спортивной карьеры. Как и любая травма, она сопровождается болевым синдромом. Многие авторы рассматривают травму как результат добровольно принятого решения в стремлении к высшим достижениям. Тем не менее нарушение здоровья в ситуации спортивной травмы затрагивает все уровни функционирования индивида [4].

Согласно данным различных авторов, переломы плечевой кости составляют до 13 % всех повреждений скелета. Наиболее распространенным способом лечения при данной патологии является консервативный метод. Однако в некоторых случаях на первый план выходит хирургический способ реконструкции повреждений. Для данных повреждений абсолютными показаниями для хирургического лечения являются: открытые переломы,

случаи политравмы, переломы с повреждением сосудов и нервов, патологические переломы и псевдоартрозы [2].

Зачастую диафизарные переломы плечевой кости осложняются неврологической патологией. Среди различных причин развития посттравматических плексопатий и невритов первое место занимают травмы периферических нервов. От всех повреждений периферических нервов на долю верхних конечностей приходится 41,9 %. По мнению Е.И. Шоломова, В.Ю. Романенко и др. рост этих неврологических расстройств напрямую связан с увеличением количества травм, наблюдаемым на протяжении последних десятилетий, и является актуальнейшей проблемой современной медицины. Нередко данные осложнения являются причиной таких социальных последствий, как инвалидность, временная утрата трудоспособности и др., что вызывает особое беспокойство. Не всегда поражение периферических нервов проявляется типичной для данной патологии клинической картиной. Отсутствие правильной терапии как следствие

запоздалой диагностики вовлечения периферических нервов в патологический процесс может привести к нарушениям функции нервов и развитию неврологических синдромов, требующих длительного специализированного лечения [6].

Согласно исследованиям Ю.А. Боголюбовского, И.Ю. Клюквина и В.В. Сластинина доля неудовлетворительных результатов лечения, обусловленных стойким неврологическим дефицитом, достигает 22 %. Число пациентов с длительно сохраняющимися двигательными и чувствительными расстройствами составляет 46 %. Рассматриваемая патология находится на стыке нескольких дисциплин: травматологии, неврологии и нейрохирургии. При этом в медицинском сообществе не существует единства взглядов по ряду вопросов тактики и методов лечения переломов плеча, сочетающихся с неврогенной патологией. Актуальность рассматриваемой темы определяется значительной распространенностью сочетанных повреждений верхней конечности и нервной ткани, отсутствием единого подхода к диагностике и лечению подобных повреждений и сравнительно большим количеством неудовлетворительных результатов восстановления [1].

По мнению ряда авторов, причинами неудовлетворительного результата лечения повреждений верхней конечности являются специфические осложнения нейрогенного характера, вазомоторные и двигательные нарушения, а также хронический болевой синдром. В современной восстановительной медицине количество случаев развития посттравматической дистрофии конечности довольно высоко и представляет собой серьезную проблему, несмотря на количество накопленных знаний, клинический опыт и использование в практике различных вариантов лечебных мероприятий [3].

В современных литературных источниках большое внимание уделяется эффективности различных восстановительных мероприятий при повреждениях плеча, однако вопросы об удовлетворенности пациента лечением данной патологии практически не рассматривались. Поэтому клинические исследования в этом направлении представляют практический интерес. Многие авторы отмечают, что большая часть больных испытывает болевой синдром и снижение амплитуды активных движений в поврежденном суставе в течение

8–12 месяцев, не смотря на проводимое лечение. Несмотря на то, что за последние годы значительно поменялись подходы к реабилитационным мероприятиям, эффективность примеряемых методик остается достаточно низкой вследствие отсутствия комплексных программ реабилитации, четких алгоритмов диагностики и лечения основного и сопутствующих заболеваний [5].

Цель исследования: изучить особенности изменения характеристик мышечной ткани поврежденной верхней конечности в ходе реабилитации спортсменов различных возрастных групп с травматическим повреждением плеча, осложненным неврогенной патологией.

Материалы и методы. Исследование проводилось на базе отделения медицинской реабилитации ГАУЗ ОТКЗ ГКБ № 1. Для исследования была сформирована и обследована группа пациентов из 10 человек. Группа состояла из спортсменов-любителей в возрасте от 28 до 43 лет, перенесших перелом плечевой кости, осложненный неврогенной патологией. Исследование пациентов проводилось в условиях дневного стационара до и после проведения комплекса восстановительных мероприятий. Реабилитационная программа испытуемых включала: лечебную гимнастику, массаж и физиотерапевтические процедуры. В предлагаемом комплексе лечебной физкультуры были задействованы пассивные и активные упражнения для поврежденной конечности, а также упражнения со свободным весом и работа на сопротивление.

Для движения сегментов тела скелетные мышцы являются активным и основным драйвером. Мягкие ткани, такие как мышцы, сухожилия, апоневрозы и связки, отвечают за быструю выработку силы. Для улучшения спортивных результатов и предотвращения травм полезно понимать механические свойства этих тканей. Структурные изменения в этих тканях изменяют их эластичность, что приводит к большему риску травм опорно-двигательного аппарата во время занятий. Измерения жесткости тканей могут быть полезны для выявления жесткости мышц и многих нарушений работы органов. Следовательно, оценка механических свойств тканей важна для проведения восстановительных мероприятий. MyotonPRO, неинвазивное и портативное ручное устройство, дает достоверные результаты при поверхностной пальпации скелетных мышц. Он может вы-

ступать в качестве основного инструмента оценки для измерения механических свойств мышц [7].

Тонус, жесткость и эластичность двуглавой мышцы плеча, трехглавой мышцы плеча и дельтовидной мышцы были измерены с помощью MyotonPRO. MyotonPRO измеряет механические колебания в оцениваемой ткани путем приложения механического импульса с короткой длительностью (15 миллисекунд) и постоянной механической силой (до 0,6 Н). После применения механического импульса измерение механических колебаний дает следующие данные: частота колебаний (Гц), жесткость (Н/м) и логарифмический декремент. Частота колебаний (Гц) показывает тонус мышцы в состоянии покоя или пассивного состояния без какого-либо сокращения. Динамическая жесткость (Н/м) предоставляет информацию о ее сопротивлении внешней силе или сжатию. Логарифмическое уменьшение дает информацию об эластичности оцениваемых мягких тканей. Эластичность показывает способность возвращать свою прежнюю форму после снятия внешней силы или сжатия деформации.

Измерения частоты колебаний, жесткости и логарифмического декремента оцениваемых мышц проводились на пораженной стороне верхней конечности. Измерения проводились, когда испытуемый сидел на стуле с опорой на спинку. Измерения проводились, когда вес руки находился в положении, поддерживаемом спинкой стула, локоть был согнут под углом 45°, плечо поднято под углом 45°, а предплечье находилось между пронацией и супинацией. Для измерений верхней трапеции зонд устройства располагался на расстоянии 2 см латеральнее середины между боковым краем остистого отростка С7 и акромионом.

Измерения бицепса плеча были выполнены на длинной головке мышцы в середине руки. Измерения трехглавой мышцы плеча проводились в медиальной головке мышцы в середине руки. Измерения дельтовидной мышцы проводились в средней части мышцы в самой толстой части мышцы [8].

Статистические изменения исследуемых параметров рассчитаны методом Стьюдента по t-критерию с оценкой достоверности критерия значимости $p < 0,05$.

Результаты. Объективная оценка механических свойств мышечной ткани в пораженной конечности оценивалась до и после проведения курса восстановления (ранний этап) с помощью MyotonPRO. Полученные результаты демонстрируют нам, что после проведения реабилитационных мероприятий в пораженной верхней конечности произошло значительное увеличение показателей эластичности и тонуса мышц (табл. 1–3). Показатели динамической жесткости исследуемых мышечных групп имеют лишь положительную динамику.

На наш взгляд, статистически значимые изменения результатов показателей эластичности мышц верхней конечности связаны с тем, что на начальном этапе реабилитации преобладает наличие пассивных упражнений, направленных на расслабление и растяжение мышечных волокон, восстановление подвижности в пораженном суставе. Применение активных упражнений в восстановительном комплексе способствовало развитию силы мышечного волокна, улучшению трофики пораженной ткани, тем самым способствовало повышению тонуса пораженных мышц. Кроме того, одновременное раздражение большого числа рецепторов при сокращении мышцы обуславливает воздействие на ЦНС и, как следствие, улучшает иннервацию мышечного

Таблица 1
Table 1

Результаты оценки механических свойств
двуглавой мышцы плеча травмированной конечности
Mechanical properties of the biceps in the affected limb

Показатель Parameter	До реабилитации Before rehabilitation M ± m	После реабилитации After rehabilitation M ± m	Достоверность Significance
Частота (Гц) / Frequency (Hz) (n = 10)	11,30 ± 1,31	16,50 ± 1,64	P < 0,05
Жесткость (Н/м) / Stiffness (N/m) (n = 10)	221,20 ± 35,90	225,90 ± 37,50	P > 0,05
Логарифмическое уменьшение Log reduction (n = 10)	1,90 ± 0,50	3,40 ± 0,35	P < 0,05

Таблица 2
Table 2

Результаты оценки механических свойств
трехглавой мышцы плеча травмированной конечности
Mechanical properties of the triceps in the affected limb

Показатель Parameter	До реабилитации Before rehabilitation M ± m	После реабилитации After rehabilitation M ± m	Достоверность Significance
Частота (Гц) / Frequency (Hz) (n = 10)	11,80 ± 2,10	17,83 ± 1,56	P < 0,05
Жесткость (Н/м) / Stiffness (N/m) (n = 10)	237,85 ± 37,50	248,30 ± 36,34	P > 0,05
Логарифмическое уменьшение Log reduction (n = 10)	2,12 ± 0,50	4,87 ± 0,43	P < 0,05

Таблица 3
Table 3

Результаты оценки механических свойств
дельтовидной мышцы плеча травмированной конечности
Mechanical properties of the deltoid muscle in the affected limb

Показатель Parameter	До реабилитации Before rehabilitation M ± m	После реабилитации After rehabilitation M ± m	Достоверность Significance
Частота (Гц) / Frequency (Hz) (n = 10)	14,31 ± 1,60	19,24 ± 1,13	P < 0,05
Жесткость (Н/м) / Stiffness (N/m) (n = 10)	299,57 ± 47,30	308,93 ± 51,56	P > 0,05
Логарифмическое уменьшение Log reduction (n = 10)	1,90 ± 0,70	4,57 ± 0,50	P < 0,05

волокна. Статистически не значимые изменения показателя жесткости мышц, на наш взгляд, могут быть связаны с недостаточно длительным периодом исследования.

Таким образом, применение MyotonPRO в качестве инструментальных методов исследования расширило возможности определения локализации поражения мышечной ткани в верхней конечности. Благодаря возможности определения функционального состояния пораженной мышечной ткани в динамике мы имеем возможность прогнозировать необходимый объем реабилитационных мероприятий, способствующих восстановлению пораженного участка.

Уже через месяц после начала восстановительного лечения пациентами были отмечены положительные результаты: регресс боли, улучшение чувствительности, увеличение силы в пораженной конечности.

Заключение. Использование MyotonPRO для оценки механических свойств мышц на ранних этапах восстановительного лечения позволяет провести объективную оценку сте-

пени поражения тканей и функциональные особенности поврежденной конечности. Полученные объективные данные позволяют расширить реабилитационную программу, учитывая возможности пациента к выполнению комплекса упражнений, направленных на ликвидацию осложнений нейротрофического характера, что приводит к сокращению общих сроков лечения и сроков временной нетрудоспособности.

Полученные в ходе исследования результаты оценивались в раннем периоде восстановительных мероприятий. Далее планируется проведение повторного исследования в позднем периоде реабилитации – в сроки от шести месяцев до года.

Литература

1. Боголюбский, Ю.А. Современное состояние проблемы диагностики и лечения закрытых диафизарных переломов плечевой кости, осложнённых нейропатией лучевого нерва [обзор литературы] / Ю.А. Боголюбский, И.Ю. Клюквин, В.В. Сластинин // Неот-

ложная мед. помощь. Журнал им. Н.В. Склифосовского. – 2015. – № 4. – С. 30–38.

2. Волна, А.А. Динамика восстановления функции травмированной конечности у пациентов с диафизарными переломами плеча / А.А. Волна, Н.В. Загородний, А.Ю. Семинистый // Вестник РУДН. Серия Медицина. – 2008. – № 6. – С. 161–163.

3. Клинический случай лечения пациента с повреждением вращательной манжеты плеча / Н.А. Бурматов, К.С. Сергеев, А.А. Герасимов и др. // Журнал Здоровоохранение ЮГРБ: опыт и инновации. – 2020. – № 4. – С. 56–59.

4. Маликова, Л.А. Профессиональная специфичность и особенности переживания боли у профессиональных спортсменов с травмами конечностей / Л.А. Маликова, Н.В. Яковлева // Пед.-психол. и метод.-биол. проблемы физ. культуры и спорта. – 2020. – № 15 (2). – С. 99–107.

5. Реабилитация спортсменов после травмы плеча: сравнительная оценка эффек-

тивности и удовлетворенности результатами / Д.Н. Бобунов, С.С. Соломахин, Л.Ю. Сулейманова и др. // Мед.-фармацевт. журнал «Пульс». – 2021. – Т. 23, № 6. – С. 13–19.

6. Субклинические формы нейропатий при диафизарных переломах плеча / Е.И. Шаломова, В.Ю. Романенко, В.Г. Нинель и др. // Саратов. науч.-мед. журнал. – 2012. – Т. 8, № 2. – С. 556–560.

7. Lee Youngjin The Measurement of Stiffness for Major Muscles with Shear Wave Elastography and Myoton / Lee Youngjin, Minkyong Kim, Haneul Lee // A Quantitative Analysis Study. Diagnostics. – 2021. – Vol. 11 (3). – P. 524. DOI: 10.3390/diagnostics11030524

8. The MyotonPRO: A reliable tool for quantifying the viscoelastic properties of a trigger point on the infraspinatus in non-traumatic chronic shoulder pain / Mélanie Roch, Mélanie Morin, Nathaly Gaudreault // Journal of Bodywork and Movement Therapies. – 2020. – Vol. 24, iss. 4. – P. 379–385.

Плотникова Яна Александровна, аспирант кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: plotnikovayana95@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5897-0518.

Эрлих Вадим Викторович, доктор биологических наук, профессор, директор Института спорта, туризма и сервиса, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: erlih-vadim@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4416-1925.

Перельман Екатерина Борисовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: perelmaneb@susu.ru, ORCID: 0000-0002-4114-4428.

Бурнашов Ярослав Владимирович, студент кафедры теории и методики физической культуры и спорта, Южно-Уральский государственный университет. 454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76. E-mail: yaroslav.burnashov1337@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8978-5526.

Поступила в редакцию 20 сентября 2021 г.

DOI: 10.14529/hsm21s214

CHANGES IN MUSCULAR TISSUE AFTER SHOULDER INJURY ASSOCIATED WITH NEUROGENIC PATHOLOGY

Ya.A. Plotnikova, plotnikovayana95@mail.ru, ORCID: 0000-0001-5897-0518,

V.V. Erlikh, erlih-vadim@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4416-1925,

E.B. Perelman, perelmaneb@susu.ru, ORCID: 0000-0002-4114-4428,

Ya.V. Burnashov, yaroslav.burnashov1337@mail.ru, ORCID: 0000-0001-8978-5526

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

Aim. The paper aims to identify changes in the muscular tissue of the injured upper extremity during rehabilitation of athletes of different ages with shoulder injury associated with neurogenic pathology. **Materials and methods.** The study was conducted at City Clinical Hospital No 1.

Patients with shoulder fracture associated with neurogenic pathology were involved in the study. The mechanical properties of injured tissue were assessed by MyotonPRO. Statistical analysis was performed using Student's t-test. **Results.** Significant improvement of muscle tone and elasticity was recorded after rehabilitation measures for the affected shoulder. Positive changes were found in terms of dynamic stiffness in muscle. Rehabilitation exercises resulted in the following positive changes: pain relief, sensitivity and strength enhancement. **Conclusion.** The use of Myoton PRO allows to provide the objective assessment of tissue injury. The data obtained can be used for rehabilitation purposes and for reducing both treatment and sick leave time.

Keywords: shoulder fracture, neurogenic pathology, MyotonPRO, rehabilitation, mechanical properties of muscles.

References

1. Bogolyubskiy Yu.A., Klyukvin I.Yu., Slastinin V.V. [The Current State of the Problem of Diagnosis and Treatment of Closed Diaphyseal Fractures of the Humerus Complicated by Radial Nerve Neuropathy (Literature Review)]. *Neotlozhnaya meditsinskaya pomoshch'. Zhurnal imeni N.V. Sklifosovskogo* [Emergency Medical Care. Journal named after N.V. Sklifosovsky], 2015, no. 4, pp. 30–38. (in Russ.)
2. Volna A.A., Zagorodny N.V., Semistyy A.Yu. [Dynamics of Restoration of the Function of the Injured Limb in Patients with Diaphyseal Fractures of the Shoulder]. *Vestnik RUDN, seriya Meditsina* [Bulletin of RUDN University, Medicine Series], 2008, no. 6, pp. 161–163. (in Russ.)
3. Burmatov K.S., Sergeev N.A., Gerasimov A.A. et al. [Clinical Case of Treatment of a Patient with Damage to the Rotator Cuff]. *Zhurnal Zdravookhraneniye YuGRA: opyt i innovatsii* [Journal Healthcare of YuGRA. Experience and Innovations], 2020, no. 4, pp. 56–59. (in Russ.)
4. Malikova L.A., Yakovleva N.V. [Professional Specificity and Features of Pain Experience in Professional Athletes with Limb Injuries]. *Pedagogiko-psikhologicheskiye i metodiko-biologicheskiye problemy fizicheskoy kul'tury i sporta* [Pedagogical-Psychological and Methodical-Biological Problems of Physical Culture and Sports], 2020, no. 15 (2), pp. 99–107. (in Russ.)
5. Bobunov D.N., Solomakhin S.S., Suleymanova L.Yu. et al. [Rehabilitation of Athletes after a Shoulder Injury. A Comparative Assessment of the Effectiveness and Satisfaction with the Results]. *Mediko-farmatsevticheskiy zhurnal "Pul's"* [Medico-Pharmaceutical Journal Pulse], 2021, vol. 23, no. 6, pp. 13–19. (in Russ.)
6. Shalomova E.I., Romanenko V.Yu., Ninel' V.G. et al. [Subclinical Forms of Neuropathy in Diaphyseal Fractures of the Shoulder]. *Saratovskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal* [Saratov Scientific Medical Journal], 2012, vol. 8, no. 2, pp. 556–560. (in Russ.)
7. Youngjin L., Minkyong K., Haneul L. The Measurement of Stiffness for Major Muscles with Shear Wave Elastography and Myoton. *A Quantitative Analysis Study. Diagnostics*, 2021, Vol. 11 (3), p. 524. DOI: 10.3390/diagnostics11030524
8. Roch M., Morin M., Gaudreault N. The MyotonPRO: A Reliable Tool for Quantifying the Viscoelastic Properties of a Trigger Point on the Infraspinatus in Non-Traumatic Chronic Shoulder Pain. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 2020, vol. 24, iss. 4, pp. 379–385. DOI: 10.1016/j.jbmt.2020.05.002

Received 20 September 2021

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Особенности изменения характеристик мышечной ткани при травматическом повреждении плеча, осложнённом неврогенной патологией / Я.А. Плотникова, В.В. Эрлих, Е.Б. Перельман, Я.В. Бурнашов // Человек. Спорт. Медицина. – 2021. – Т. 21, № S2. – С. 99–104. DOI: 10.14529/hsm21s214

FOR CITATION

Plotnikova Ya.A., Erlich V.V., Perelman E.B., Burnashov Ya.V. Changes in Muscular Tissue after Shoulder Injury Associated with Neurogenic Pathology. *Human. Sport. Medicine*, 2021, vol. 21, no. S2, pp. 99–104. (in Russ.) DOI: 10.14529/hsm21s214