



Эффективность роботизированной механотерапии в реабилитации пациентов с патологией плечевого сустава: рандомизированное клиническое исследование

Яшков А.В. *, Поляков В.А., Шелыхманова М.В., Шелыхманова А.А.

ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Самара, Россия

РЕЗЮМЕ

ВВЕДЕНИЕ. Длительная гиподинамия, связанная с обострением хронического заболевания или иммобилизацией верхней конечности после травм и операций, ведет к развитию функциональных нарушений в плечевом суставе и развитию вторичных изменений, таких как мышечные атрофии, контрактуры, остеопороз. Поэтому патогенетически обосновано раннее применение функциональных методов лечения, среди которых важное место занимает механотерапия на роботизированных аппаратах.

ЦЕЛЬ. Изучить эффективность использования аппарата FLEX-F04 при заболеваниях и повреждениях плечевого сустава. **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Согласно критериям включения, под нашим наблюдением находилось 60 пациентов. Методом случайной выборки все пациенты были разделены на две группы, по 30 человек в каждой. Всем пациентам проводили клиническое обследование, оценивали альгофункциональный индекс по шкале ВАШ, степень нарушений функции в руке, плече и кисти по вопроснику DASH, электротермометрию. В обеих группах пациенты ежедневно в течение 10 дней получали комплексное лечение: лечебную гимнастику, массаж верхней конечности надплечья и области лопатки, электростимуляцию дельтовидной мышцы. У пациентов основной группы дополнительно был применен аппарат роботизированной механотерапии верхних конечностей FLEX-F04 по разработанной нами методике.

РЕЗУЛЬТАТЫ. В результате лечебно-реабилитационных мероприятий отмечали достоверное увеличение углов сгибания, горизонтальной аддукции, абдукции, внешней и внутренней ротации в плечевом суставе, снижение болевого синдрома и увеличение повседневной активности по вопроснику DASH у пациентов обеих групп. В основной группе эти показатели были достоверно лучше, чем в группе сравнения. Повышение теплового излучения в результате процедуры роботизированной механотерапии составило в среднем $0,6 \pm 0,1$ °C.

ОБСУЖДЕНИЕ. Роботизированная механотерапия позволяет осуществлять движение в плечевом суставе в соответствии с его биомеханикой, снижать нагрузку на мышечно-связочный аппарат и тем самым предотвращать появление или усиление болевого компонента во время процедуры. Это способствует активному увеличению амплитуды движений и улучшению функциональных возможностей плечевого сустава, что позитивно отражается на повседневной активности. Повышение теплового излучения в области плечевого сустава в процессе процедуры может служить косвенным признаком улучшения микроциркуляции и нейрососудистой регуляции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Использование аппарата роботизированной механотерапии верхних конечностей FLEX-F04 по предложенной методике увеличивает объем движений в плечевом суставе, снижает болевой синдром, усиливает кровообращение области плечевого сустава и улучшает нейрососудистую регуляцию, увеличивает повседневную бытовую активность. Раннее включение аппарата в реабилитационный процесс позволяет сократить продолжительность восстановительного лечения и достичь функционального объема движений в плечевом суставе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: продолжительная пассивная механотерапия, роботизированная механотерапия, контрактура, патология плечевого сустава, реабилитация, функциональный метод.

Для цитирования / For citation: Яшков А.В., Поляков В.А., Шелыхманова М.В., Шелыхманова А.А. Эффективность роботизированной механотерапии в реабилитации пациентов с патологией плечевого сустава: рандомизированное клиническое исследование. Вестник восстановительной медицины. 2023; 22(2):16-24.

<https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-16-24>. [Yashkov A.V., Polyakov V.A., Shelyhmanova M.V., Shelyhmanova A.A. The Effectiveness of Robotic Mechanotherapy in the Rehabilitation of Patients with Shoulder Joint Pathology: Randomized Clinical Trial. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2): 16-24. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-16-24> (In Russ.).]

***Для корреспонденции:** Яшков Александр Владимирович, E-mail: a_yashkov@mail.ru, a.v.yashkov@samsmu.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1875-572X>

Статья получена: 03.03.2023

Поступила после рецензирования: 05.04.2023

Статья принята к печати: 27.04.2023

The Effectiveness of Robotic Mechanotherapy in the Rehabilitation of Patients with Shoulder Joint Pathology: Randomized Clinical Trial

 Alexander V. Yashkov*,  Viktor A. Polyakov,  Marina V. Shelyhmanova,
 Anastasia A. Shelyhmanova

Samara State Medical University, Samara, Russia

ABSTRACT

INTRODUCTION. Prolonged inactivity associated with exacerbation of a chronic disease or immobilization of the upper limb after injuries and operations leads to the development of functional disorders in the shoulder joint and the development of secondary changes, such as muscle atrophy, contractures, osteoporosis. Therefore, the early application of functional methods of treatment is pathogenetically justified, among which mechanotherapy on robotic devices occupies an important place.

AIM. To study the effectiveness of using the FLEX-F04 device in diseases and injuries of the shoulder joint.

MATERIALS AND METHODS. According to the inclusion criteria, 60 patients were under our supervision. By random sampling, all patients were divided into two groups of 30 people each. All patients underwent a clinical examination, assessed algofunctional index on the VAS scale, the degree of dysfunction in the arm, shoulder and hand according to the DASH questionnaire, electrothermometry.

RESULTS. As a result of treatment and rehabilitation measures, there was a significant increase in the angles of flexion, horizontal adduction, abduction, external and internal rotation in the shoulder joint, a decrease in pain syndrome and an increase in daily activity according to the DASH questionnaire in patients of both groups. In the main group, these indicators were significantly better than in the comparison group. The increase in thermal radiation as a result of the robotic mechanotherapy procedure averaged $0.6 \pm 0.1^{\circ}\text{C}$.

DISCUSSION. Robotic mechanotherapy allows movement in the shoulder joint in accordance with its biomechanics, reduces the load on the musculoskeletal system and thereby prevents the appearance or strengthening of the pain component during the procedure. This contributes to an active increase in the amplitude of movements and improvement of the functional capabilities of the shoulder joint, which has a positive effect on daily activity. An increase in thermal radiation in the shoulder joint area during the procedure can serve as an indirect sign of improved microcirculation and neuro-vascular regulation.

CONCLUSION. The use of the «FLEX-F04» robotic mechanotherapy device of the upper extremities according to the proposed method increases the volume of movements in the shoulder joint, reduces pain syndrome, increases blood circulation of the shoulder joint area and improves neuro-vascular regulation, increases daily household activity. Early inclusion of the device in the rehabilitation process makes it possible to shorten the duration of rehabilitation treatment and achieve a functional range of movements in the shoulder joint.

KEYWORDS: long-term passive mechanotherapy, robotic mechanotherapy, contracture, shoulder joint pathology, rehabilitation, functional method.

For citation: Yashkov A.V., Polyakov V.A., Shelyhmanova M.V., Shelyhmanova A.A. The Effectiveness of Robotic Mechanotherapy in the Rehabilitation of Patients with Shoulder Joint Pathology: Randomized Clinical Trial. Bulletin of Rehabilitation Medicine. 2023; 22(2):16-24. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2023-22-2-16-24> (In Russ.).

***For correspondence:** Alexander V. Yashkov, E-mail: a_yashkov@mail.ru, a.v.yashkov@samsmu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1875-572X>

Received: 03.03.2023

Revised: 05.04.2023

Accepted: 27.04.2023

ВВЕДЕНИЕ

Заболевания и травмы плечевого сустава — частая патология опорно-двигательной системы. Вне зависимости от этиопатогенеза нозологий ведущим клиническим синдромом в этих случаях являются боль, контрактура и синдром нарушения плечелопаточного ритма. Причины, вызывающие болевой синдром и ограничение функции, обусловлены как развитием истинно суставного патологического процесса, так и результатом измененного состояния периапартулярных тканей [1].

Высокая частота поражения плечевого сустава в значительной степени объясняется особенностями его анатомии и биомеханики, а также физиологией сухожильной ткани. Признанными провоцирующими факторами развития клинической симптоматики являются большая подвижность и недостаточная стабильность головки плеча в суставной впадине лопатки, нарушение центровки головки плечевой кости в суставе, короткая клювовидно-акромиальная связка, серповидный акромион 2–3-го типа, уязвимость структур периферической нервной системы в области плечевого пояса и плеча, неадекват-

ные функциональные нагрузки на нервно-мышечный и связочный аппарат плечевого сустава [2].

К наиболее выраженным клиническим проявлениям поражения плечевого сустава относят болевой синдром. Распространенность его высока и достигает 26 % случаев [3, 4].

По литературным данным, 65 % боли в плече обусловлены патологией вращающей манжеты плеча, 11 % — воспалением перикапсулярной мускулатуры, 10 % — патологией акромиально-ключичного сустава, 3 % — артрозом плечевого сустава, а в 5 % боль иррадирует из шейного отдела позвоночника при остеохондрозе [4].

Боли в этих случаях могут быть обусловлены первичным дегенеративным процессом в мышцах и сухожилиях или сочетанием патологических процессов, связанных с хронической микротравматизацией, ишемией или реактивным воспалением в мышце, капсуле сустава.

Развитие болевого синдрома неизбежно сопровождается быстро прогрессирующими ранними нарушениями функции сустава, следствием которых является формирование стойкой контрактуры плечевого сустава, ограничение движений и снижение качества жизни пациентов [5, 6].

В клинической практике чаще всего встречаются комбинированные посттравматические контрактуры, связанные в основном с мягкими тканями и патологическими рефлекторными реакциями, сопровождающимися развитием защитного гипертонуса мышц, окружающих сустав. После повреждений, заболеваний и особенно после оперативных вмешательств на плечевом суставе нередко развиваются функциональные нарушения, резко ограничивающие двигательные возможности больного. Поэтому патогенетически обосновано раннее применение функциональных методов лечения [7].

Длительная гиподинамия, связанная с обострением хронического заболевания, с иммобилизацией конечности при травме или в связи с проведением операции на суставе, ведет к развитию вторичных изменений: мышечные атрофии, контрактуры, остеопороз и другие изменения в тканях опорно-двигательной системы, которые значительно затрудняют восстановление двигательной функции [8]. Гиподинамия резко снижает уровень адаптации организма к физическим нагрузкам, замедляет процессы регенерации в суставах.

Основными задачами при проведении реабилитационных мероприятий как при травмах, так и при заболеваниях крупных суставов, являются уменьшение болевого синдрома, отека и трофических нарушений в конечностях, расслабление околосуставных мышечных групп, увеличение подвижности и эластичности мягкотканых периапартулярных тканей, увеличение амплитуды движений в суставе [9]. Эти задачи могут быть достигнуты при комплексном подходе, предусматривающем применение наряду с фармакотерапией передовых методов физиотерапии и лечебной гимнастики [10–12].

С учетом патогенеза заболевания важное значение при проведении лечебно-реабилитационных мероприятий должны занимать методы, направленные на улучшение функции пораженного сустава. В последние годы широкое признание получили роботизированные аппараты для пассивной механотерапии (CPM-Continuous Passive Motion), используемые для реабилитации паци-

ентов с двигательными нарушениями верхней конечности [13].

Среди отечественных реабилитационных технологий, предназначенных для пассивной механотерапии плечевого сустава, заслуживает внимания аппарат FLEX-F04. Вместе с тем сведений в научной литературе, отражающих его клиническую эффективность при различных нозологических формах плечевого сустава, представлено недостаточно.

ЦЕЛЬ

Изучить эффективность использования аппарата FLEX-F04 (ООО «НВП «Орбита», Россия) при заболеваниях и повреждениях плечевого сустава.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Критерии включения и исключения пациентов в исследование

В наблюдательное, одноцентровое, проспективное, сплошное, контролируемое исследование были включены пациенты с заболеваниями и повреждениями плечевого сустава в возрасте от 42 до 68 лет, имеющие контрактуру плечевого сустава, давшие согласие. Пациентов, давших отказ, имеющих физиологический объем движений в оперированном суставе, острый период воспалительного процесса, спастический паралич, нестабильный остеосинтез, с лихорадкой, с обострением сопутствующих соматических заболеваний, после хирургических вмешательств по поводу злокачественных новообразований, имеющих противопоказания к методам физиотерапии, не включали в исследование.

Объекты исследования

Проведение клинического исследования согласовано с Комитетом по биоэтике при Самарском государственном университете (протокол № 186 от 04.10.2017) The clinical trial was coordinated with the Bioethics Committee at Samara State University (Protocol No. 186 dated 04.10.2017). Согласно критериям включения, под нашим наблюдением в условиях клиник ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России находилось 60 пациентов: 41 женщина и 19 мужчин. Методом случайной выборки все пациенты были разделены на две группы, по 30 человек в каждой. Средний возраст пациентов группы сравнения составил $56,4 \pm 0,4$ года, а основной — $58,3 \pm 0,4$. В обеих группах преобладали женщины. В группе сравнения — 21 женщина (70 %) и 9 мужчин (30 %); в основной — 20 женщин (66,7 %) и 10 мужчин (33,3 %). В обеих группах одинаково часто наблюдали контрактуры со стороны как правой, так и левой конечности. Распределение контрактур суставов по нозологии не имело достоверных различий в группах (табл. 1).

Угол сгибания в плечевом суставе до лечения в основной группе составил $133,7 \pm 1,2^\circ$, в группе сравнения — $129,2 \pm 1,9^\circ$. Обе группы пациентов были сопоставимы по возрасту, полу, причине заболевания и степени тугоподвижности суставов. Таким образом, сравнительному анализу были подвержены две сходные группы людей с контрактурой плечевого сустава.

С целью определения влияния роботизированной механотерапии верхних конечностей от аппарата

Таблица 1. Распределение пациентов с контрактурой плечевого сустава по нозологии
Table 1. Distribution of patients with shoulder joint contracture by nosology

Этиология контрактур / Etiology of contractures	Основная группа (n = 30) / Main group (n = 30)				Группа сравнения (n = 30) / Comparison group (n = 30)			
	Правая верхняя конечность / Right upper limb		Левая верхняя конечность / Left upper limb		Правая верхняя конечность / Right upper limb		Левая верхняя конечность / Left upper limb	
	n = 18	60 %	n = 12	40 %	n = 17	56,7 %	n = 13	43,3 %
Перелом плечевой кости / Fracture of the humerus	10	33,3	8	26,4	9	29,7	9	29,7
Повреждение связок плечевого сустава / Damage to the ligaments of the shoulder joint	3	9,9	2	6,6	4	13,2	1	3,3
Плечелопаточный периартрит / Shoulder periarthritis	3	9,9	2	6,6	2	6,6	1	3,3
Деформирующий остеоартроз плечевого сустава / Deforming osteoarthritis of the shoulder joint	1	3,3	0	0	1	3,3	1	3,3
Эндопротезирование плечевого сустава / Shoulder joint replacement	1	3,3	0	0	0	0	1	3,3

FLEX-F04 (регистрационное удостоверение на медицинское изделие № РЗН 2018/7155 от 18.05.2018) на лечебно-реабилитационный процесс при заболеваниях и повреждениях плечевого сустава проводили клиническое обследование больных, оценивали альгофункциональный индекс по ВАШ (визуально-аналоговой шкале) и степень нарушений функции в руке, плече и кисти по вопроснику DASH (Disability of the Arm, Shoulder and Hand Outcome Measure — опросник исходов и неспособности руки и кисти).

Клиническое обследование включало сбор жалоб, анамнеза, врачебный осмотр, ангулометрию. Оценку функциональных возможностей пациента проводили по вопроснику DASH, отражающему мнение пациента об ограничениях повседневной бытовой активности, связанных с нарушением движения верхней конечности и позволяющему мониторировать состояние больного в течение времени. Тест состоит из 30 вопросов: физические функции; оценка тяжести симптомов; социальное функционирование с 5-балльной градацией ответов и подсчетом общих значений с трансформацией в 100-балльную оценку. Более высокая оценка означает большую неспособность, 0 — отсутствие признаков неспособности.

Для оценки особенности кровообращения, нейрососудистой регуляции при заболеваниях и повреждениях плечевого сустава и влияния предложенной медицинской технологии проводили электротермометрию персональным тепловизором СЕМ®-Thermo Diagnostics (ЗАО «СЕМ-Технолоджи», Россия), который является бес-

тактным регистратором теплового излучения с исследуемой зоны. Исследование проводили в первый и последний день лечения на аппарате FLEX-F04 до начала процедуры и сразу после ее окончания. Изучали терморегуляцию области плечевого сустава в 3 точках [14]: 1-я точка — на передней поверхности плечевого сустава, 2-я — в области акромиального отростка, 3-я — на задней поверхности плечевого сустава. Исследование проводили при температуре воздуха в помещении $23,0 \pm 1,0$ °C, скорости движения воздуха не более 0,25 м/с, относительной влажности 50–70 % в утренние часы. Перед исследованием исключали прием медикаментозных препаратов, физических и физиотерапевтических процедур, способных повлиять на состояние периферического кровотока. Обследование проводили после минимальной адаптации — 5 минут, в положении больного сидя.

Измерение проводили в указанных точках больного сустава и в симметричных точках здорового сустава, а затем вычисляли разницу температур между симметричными точками по формуле: $\Delta T = T$ (больной) — T (здоровой), где T — температура.

Методы обработки данных

Статистическая обработка данных проводилась с использованием программных приложений Microsoft Excel 2013 и Statistica 13.0 0 фирмы STATSOFT, Россия. Описательные статистики представлены в работе в виде среднего и стандартного отклонений ($M \pm SD$). Проверку соответствия распределения выборочных значений закону нормального распределения производили с помощью

критерия Колмогорова — Смирнова. Сравнение средних значений для параметрических показателей производили с использованием критерия Стьюдента, для непараметрических — по критерию Вилкоксона — Манна — Уитни с использованием одностороннего и двустороннего тестов. Для оценки корреляционной связи между признаками использовали коэффициент ранговой корреляции Спирмена. За критический уровень значимости при проверке статистических гипотез в исследовании принимали $p < 0,05$.

Протокол процедур

В группе сравнения и основной группе пациенты ежедневно в течение 10 дней получали комплексное лечение: лечебную гимнастику групповым методом в зале, согласно нозологии, в течение 30 минут, массаж верхней конечности надплечья и области лопатки, электростимуляцию дельтовидной мышцы по традиционной методике от аппарата «Амплипульс-5» (ООО «НПФ «Электроаппарат», Россия). У пациентов основной группы дополнительно к перечисленному лечению был применен аппарат роботизированной механотерапии верхних конечностей FLEX-F04 по разработанной нами методике.

Конструктивные особенности аппарата для продолжительной пассивной механотерапии плечевого сустава FLEX-F04 позволяют выполнять движения в плечевом суставе в сагиттальной плоскости (сгибание/разгибание $30-175^\circ$), во фронтальной плоскости (приведение/отведение $30-175^\circ$), в горизонтальной плоскости (приведение/отведение $0-120^\circ$), внешнюю и внутреннюю ротацию $90-0-90^\circ$ и, в соответствии с заданным режимом работы, производить постепенное увеличение амплитуды движений в суставе в трех плоскостях, с установленной оптимальной скоростью.

Методика проведения процедур на аппарате для продолжительной пассивной механотерапии плечевого сустава FLEX-F04. Каждую процедуру проводили в двух отведениях, в 2–3 подхода, один подход продолжался не более 10 минут. С углом горизонтального отведения 90° проводили один или два подхода. Если проводили два подхода с углом горизонтального отведения 90° , то первый и второй подход проводили с одинаковыми параметрами настройки аппарата или во втором подходе увеличивали угол абдукции (по ощущениям пациента). Один подход (последний) проводили с меньшим углом горизонтального отведения. Его устанавливали путем отведения исполнительного механизма назад — по ощущениям пациента.

При настройке аппарата контролировали, чтобы пациент не испытывал чувство боли и не производил поворот корпуса в сторону больной руки.

В день проводили только 1 процедуру пассивной непрерывной механотерапии. Курс лечения составлял 10–15 процедур. Курс считали законченным при достижении абдукции 175° и внутренней ротации -70° . При сохранении контрактуры плечевого сустава повторный курс пассивной роботизированной механотерапии рекомендовали через 2–4 недели.

РЕЗУЛЬТАТЫ

После проведенных лечебно-реабилитационных мероприятий отмечали достоверное увеличение углов

сгибания, горизонтальной аддукции, абдукции, внешней и внутренней ротации в плечевом суставе у пациентов обеих групп (табл. 2). Увеличение угла сгибания в основной группе в среднем составило $28,3 \pm 0,8^\circ$ за курс лечения, который в среднем включал 8,9 процедуры. В группе сравнения увеличение угла сгибания было достоверно меньше $8,7 \pm 1,1^\circ$ за 10 дней лечебно-реабилитационных мероприятий. В основной группе внутренняя ротация увеличилась на $19,9 \pm 1,1^\circ$, внешняя — на $18,8 \pm 0,5^\circ$. В группе сравнения увеличение было достоверно меньше — на $4,5 \pm 0,6^\circ$ и $7,2 \pm 0,7^\circ$ соответственно, что говорит о меньшей функциональной активности плечевого сустава в группе сравнения к концу курса лечебно-реабилитационных мероприятий.

Следует отметить, что все пациенты основной группы процедуру пассивной механотерапии на аппарате FLEX-F04 переносили хорошо. Со 2-го дня лечения болевые ощущения пациентов уменьшались и позволяли увеличивать углы на $5-10^\circ$ в течение процедуры. Угол сгибания в плечевом суставе ежедневно увеличивался в среднем на $2,8^\circ$, внутренняя и внешняя ротация — на $2,0^\circ$ каждая, что расширяло двигательную активность пациентов и создавало позитивный настрой на лечение.

Показатели болевого синдрома в плечевом суставе в первый день реабилитации по ВАШ не имели достоверных различий ($4,2 \pm 0,09$ — в группе сравнения и $4,3 \pm 0,08$ — в основной группе) и оценивались как умеренная боль (мешающая деятельности). По завершении курсового лечения болевой синдром достоверно снизился до показателя $2,9 \pm 0,09$ в группе сравнения и $2,0 \pm 0,08$ в основной группе, в среднем имел оценку «легкая боль» (боль, которую можно игнорировать), однако в основной группе его снижение было достоверно большим (табл. 3).

По вопроснику DASH, пациенты группы сравнения и основной группы в первый день лечения имели схожий уровень ограничений в повседневной бытовой активности, связанный с нарушением движений верхней конечностью. В результате 10-дневного курсового лечения у пациентов обеих групп повседневная активность улучшилась, однако в группе сравнения она была достоверно большей.

Регистрация теплового излучения области плечевых суставов (здорового и больного) до лечебно-реабилитационных мероприятий показала отсутствие разницы температур в симметричных точках более чем на $0,6^\circ\text{C}$. Это говорит об отсутствии термографических признаков воспаления в больном суставе (табл. 4). Показатели точек № 1 и 3 области плечевого сустава имели достоверное повышение температуры после первой процедуры на аппарате FLEX-F01. После последней процедуры повышение температуры было достоверным в трех точках. Процедуры роботизированной механотерапии повышают тепловое излучение в среднем на $0,6 \pm 0,1^\circ\text{C}$ за 20–30 минут пассивной непрерывной механотерапии.

ОБСУЖДЕНИЕ

Плечевой сустав — один из сложных суставов в организме человека. В связи с большой подвижностью и особенностями анатомического строения он нуждается в точном центрировании головки плечевой кости к поверхности сустава, что может быть достигнуто только слаженной работой мышечно-связочного аппарата ротаторной манжетки плеча [15]. Оптимальные условия воспроизведения рисунка

Таблица 2. Динамика ангулометрии по CPM ($M \pm m$)Table 2. Dynamics of angulometry by CPM ($M \pm m$)

Показатели / Indicators	Группа сравнения (n = 30) / Comparison Group (n = 30)		Основная группа (n = 30) / Main group (n = 30)	
	До лечения / Before treatment	После лечения / After treatment	До лечения / Before treatment	После лечения / After treatment
Сгибание, градус / Flexion, degree	129,2 $\pm$ 1,9	137,9 $\pm$ 0,7*	133,7 $\pm$ 1,2	161,9 $\pm$ 0,7*#
Горизонтальная аддукция, градус / Horizontal adduction, degree	23,2 $\pm$ 0,3	22,1 $\pm$ 0,2*	22,2 $\pm$ 0,4	13,5 $\pm$ 0,2*#
Абдукция, градус / Abduction, degree	127,1 $\pm$ 1,6	134,2 $\pm$ 1,3*	125,9 $\pm$ 1,4	147,7 $\pm$ 1,0*#
Внутренняя ротация, градус / Internal rotation, degree	-36,5 $\pm$ 0,6	-41,0 $\pm$ 0,6*	-38,4 $\pm$ 0,9	-58,3 $\pm$ 0,8*#
Внешняя ротация, градус / External rotation, degree	48,1 $\pm$ 0,7	55,3 $\pm$ 0,9*	46,0 $\pm$ 0,8	64,9 $\pm$ 0,5*#

Примечание: # — критерий достоверности различий среднеарифметических показателей между группами до или после лечения меньше 0,05 ($p < 0,05$); * — критерий достоверности различий среднеарифметических показателей в группе до и после лечения меньше 0,05 ($p < 0,05$).

Note. # — the criterion for the reliability of differences in arithmetic mean values between the groups before or after treatment is less than 0.05 ($p < 0.05$); * — the criterion for the reliability of differences in arithmetic mean values in the group before and after treatment is less than 0.05 ($p < 0.05$).

паттерна пассивного движения в плечевом суставе обеспечивают механоаппараты, работающие на электроприводе по заданной программе. Роботизированная механотерапия позволяет осуществлять движение в плечевом суставе в соответствии с его биомеханикой, снижать нагрузку на мышечно-связочный аппарат и тем самым предотвращать появление или усиление болевого компонента во время процедуры. Проведенное клиническое наблюдение по-

казало значимое снижение болевого синдрома у пациентов, которым проводили пассивную роботизированную механотерапию на аппарате FLEX-04. У этой категории пациентов в процессе курсового лечения в более ранние сроки увеличивалась амплитуда движений, существенно улучшались функциональные возможности плечевого сустава, что позитивно отразилось на их повседневной активности. После окончания курса реабилитации средний балл по опроснику

Таблица 3. Динамика субъективной оценки состояния пациентом ($M \pm m$)Table 3. Dynamics of subjective assessment of the patient's condition ($M \pm m$)

Показатели / Indicators	Группа сравнения (n = 30) / Comparison Group (n = 30)		Основная группа (n = 30) / Main group (n = 30)	
	До лечения / Before treatment	После лечения / After treatment	До лечения / Before treatment	После лечения / After treatment
ВАШ, балл / VAS, score	4,2 $\pm$ 0,09	2,9 $\pm$ 0,09*	4,3 $\pm$ 0,08	2,0 $\pm$ 0,08*#
Вопросник DASH, балл / Questionnaire DASH, score	56,1 $\pm$ 1,1	45,2 $\pm$ 1,3*	58,8 $\pm$ 1,7	40,3 $\pm$ 1,2*#

Примечание: # — критерий достоверности различий среднеарифметических показателей между группами до или после лечения меньше 0,05 ($p < 0,05$); * — критерий достоверности различий среднеарифметических показателей в группе до и после лечения меньше 0,05 ($p < 0,05$).

Note. # — the criterion for the reliability of differences in arithmetic mean values between the groups before or after treatment is less than 0.05 ($p < 0.05$); * — the criterion for the reliability of differences in arithmetic mean values in the group before and after treatment is less than 0.05 ($p < 0.05$).

Таблица 4. Динамика показателей электротермометрии в основной группе, $M \pm m$
Table 4. Dynamics of electrothermometry indicators in the main group, $M \pm m$

Точка измерения / Measuring point	Первая процедура (n = 30) / The first procedure (n = 30)		Последняя процедура (n = 30) / Last procedure (n = 30)	
	До лечения / Before treatment	После лечения / After treatment	До лечения / Before treatment	После лечения / After treatment
1	32,7 ± 0,19	33,4 ± 0,23*	32,6 ± 0,2	33,4 ± 0,22*
2	32,5 ± 0,18	33,0 ± 0,2	32,5 ± 0,19	33,1 ± 0,18*
3	32,6 ± 0,23	33,3 ± 0,22*	32,7 ± 0,14	33,2 ± 0,19*
Среднее значение / Average value	32,6 ± 0,2	33,2 ± 0,2*	32,6 ± 0,2	33,2 ± 0,2*

Примечание: * — критерий достоверности различий среднеарифметических показателей в группе до и после лечения меньше 0,05 ($p < 0,05$).

Note. * — the criterion for the reliability of differences in arithmetic mean values in the group before and after treatment is less than 0.05 ($p < 0.05$).

DASH улучшился в основной группе на 18,5 балла, что в 1,9 раза больше, чем в группе сравнения.

Раннее включение в реабилитационный комплекс пассивных упражнений способствовало улучшению активации регионарного кровообращения в области сустава, улучшению трофики тканей. Результаты динамической электротермометрии в нашем исследовании могут служить косвенным признаком улучшения микроциркуляции области сустава и нейрососудистой регуляции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важным звеном в физической реабилитации пациентов с нарушенной функцией плечевого сустава является применение роботизированной механотерапии. При ее использовании необходимо учитывать общие принципы лечения контрактур: раннее начало, адекватность интенсивности воздействия, многократность повторений в реабилитационном комплексе. Это повышает эффективность реабилитационных мероприятий и обеспечивает повышение уровня качества жизни пациентов с патологией плечевого сустава.

Использование аппарата роботизированной механотерапии верхних конечностей FLEX-F04 по предло-

женной методике увеличивает объем движений в плечевом суставе, снижает болевой синдром, усиливает микроциркуляцию области плечевого сустава и улучшает нейрососудистую регуляцию, уменьшает уровень ограничений в повседневной бытовой активности, что ускоряет процесс восстановления и позволяет сократить количество повторных лечебно-реабилитационных курсов.

Аппарат роботизированной механотерапии верхних конечностей FLEX-F04 можно рекомендовать как эффективное средство ранней (в течение первого года) и поздней (до 10 лет) реабилитации после перенесенных повреждений и заболеваний плечевого сустава. Раннее включение аппарата в реабилитационный процесс позволяет сократить курс восстановительного лечения, уменьшить количество проводимых курсов, увеличить вероятность достижения функционального объема движений в плечевом суставе. Использование аппарата FLEX-F04 на всех этапах реабилитации для пациентов с повреждениями и заболеваниями плечевого сустава позволит уменьшить длительность периода временной нетрудоспособности и предупредить инвалидность.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Яшков Александр Владимирович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой медицинской реабилитации, спортивной медицины, физиотерапии и курортологии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России.

E-mail: a_yashkov@mail.ru, a.v.yashkov@samsmu.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1875-572X>

Поляков Виктор Алексеевич, кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской реабилитации, спортивной медицины, физиотерапии и курортологии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России.

E-mail: viktorpolyakov47@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9161-6534>

Шелыхманова Марина Владимировна, кандидат медицинских наук, доцент кафедры медицинской реабилитации,

спортивной медицины, физиотерапии и курортологии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России.

E-mail: shelmv@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6383-6791>

Шелыхманова Анастасия Алексеевна, студентка, Институт педиатрии, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России.

E-mail: shelykhmanova99@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2365-9224>

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: Яшков А.В. — концепция и дизайн исследования, редактирование; Поляков В.А. — написание текста, сбор и обработка материала; Шельхманова М.В. — написание текста, сбор и обработка материала; Шельхманова А.А. — оформление списка литературы, статистическая обработка данных.

Источники финансирования. Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие других явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ADDITIONAL INFORMATION

Alexander V. Yashkov, Dr.Sci. (Med.), Professor, Head of the Department of Medical Rehabilitation, Sports Medicine, Physiotherapy and Balneology, Samara State Medical University.

E-mail: a_yashkov@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1875-572X>

Viktor A. Polyakov, Ph.D. (Med.), Associate Professor of the Department of Medical Rehabilitation, Sports Medicine, Physiotherapy and Balneology, Samara State Medical University.

E-mail: viktorpolyakov47@gmail.com;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9161-6534>

Marina V. Shelyhmanova, Ph.D. (Med.), Associate Professor of the Department of Medical Rehabilitation, Sports Medicine, Physiotherapy and Balneology, Samara State Medical University.

E-mail: shelmv@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6383-6791>

Anastasia A. Shelyhmanova, student of the Institute of Pediatrics, Samara State Medical University.

E-mail: shelykhmanova99@mail.ru;

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-2365-9224>

Этическое утверждение. Авторы заявляют, что все процедуры, использованные в данной статье, соответствуют этическим стандартам учреждений, проводивших исследование, и соответствуют Хельсинкской декларации в редакции 2013 г. Проведение клинического исследования согласовано с Комитетом по биоэтике при Самарском государственном университете (протокол № 186 от 04.10.2017).

Доступ к данным. Данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить по запросу у корреспондирующего автора.

Author Contributions. All authors confirm the compliance of their authorship, according to the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication). Special contributions: Yashkov A.V. — concept and design of the study, editing; Polyakov V.A. — writing the text, collecting and processing the material; Shelyhmanova M.V. — writing the text, collecting and processing the material; Shelyhmanova A.A. — design of the list of references, statistical data processing.

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

Disclosure. The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Ethics Approval. The authors state that all the procedures used in this paper comply with the ethical standards of the institutions that carried out the study and comply with the Helsinki Declaration as revised in 2013. The clinical trial was coordinated with the Bioethics Committee at Samara State University (Protocol No. 186, 04.10.2017).

Data Access Statement. The data that support the findings of this study are available on request from the corresponding author.

Список литературы / References

1. Шавловская О.А., Гордеева И.Е., Ансаров Х.Ш., Прокофьева Ю.С. Хронический болевой синдром при заболеваниях периапартулярных тканей. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2020; 120(3): 109–118. <https://doi.org/10.17116/jnevro2020120031109> [Shavlovskaya O.A., Gordeeva I.E., Ansarov K.S.h, Prokofieva Yu.S. Chronic pain syndrome in diseases of periaapartular tissues. Zhurnal Nevrologii i Psikiatrii imeni S.S. Korsakova. 2020; 120(3): 109–118. <https://doi.org/10.17116/jnevro2020120031109> (In Russ.).]
2. Кутя С.А., Ткач А.В. Функциональная анатомия плечевого сустава в норме и при повреждении вращательной манжеты. Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины. 2019; 9(3): 61–67. [Kutia S.A., Tkach A.V. Functional anatomy of the shoulder joint in normal and damaged rotator cuff. Krymskij Zhurnal Eksperimental'noj i Klinicheskoy Meditsiny. 2019; 9(3): 61–67 (In Russ.).]
3. Гаврилюк С.А. Повышение эффективности восстановительного лечения пациентов с воспалительно-дегенеративными заболеваниями ротаторной манжеты плеча. Известия Российской военно-медицинской академии. 2019; 38 (1–1): 90–92. [Gavrilyuk S.A. Improving the effectiveness of restorative treatment of patients with inflammatory and degenerative diseases of the rotator cuff of the shoulder. Izvestia of the Russian Military Medical Academy. 2019; 38 (1–1): 90–92 (In Russ.).]
4. Калинин Е.Б., Слияков Л.Ю., Черняев А.В., Гончарук Ю.Р., Лычагин А.В. Полиморфизм проявлений шейно-плечевого синдрома у пациентов с последствиями травм плечевого сустава и надплечья. Клинико-статистическое обоснование. Медицинский вестник Северного Кавказа. 2019; 14 (4): 590–595. <https://doi.org/10.14300/mnnc.2019.14147> [Kalinsky E.B., Sliaykov L.Yu., Chernyaev A.V., Goncharuk Yu.R., Lychagin A.V. Polymorphism of manifestations of the cervical-shoulder syndrome in patients with results of injuries of the shoulder joint and shoulder girdle. Clinical and statistical substantiation. Medical News of the North Caucasus. 2019; 14(4): 590–595. <https://doi.org/10.14300/mnnc.2019.14147> (In Russ.).]
5. Иванов В.А., Харченко В.В., Лашин В.Э. Плече-лопаточный периартрит. Интегративные тенденции в медицине и образовании. 2021; (1): 41–48. [Ivanov V.A., Kharchenko V.V., Lashin V.E. Shoulder-scapular periarthritis. Integrativnye Tendencii v Meditsine i Obrazovanii. 2021; (1): 41–48 (In Russ.).]
6. Майко О.Ю., Тукунова Г.Б. Оценка качества жизни при остеоартрите плечевого сустава в условиях поликлиники. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2022; (11): 30–35. [Maiko O.Yu., Tutenova G.B. Assessment of the quality of life in osteoarthritis of the shoulder joint in a polyclinic. International Journal of Applied and Fundamental Research. 2022; (11): 30–35 (In Russ.).]
7. Бобунов Д.Н., Михайлов В.Д., Овсянников М.С., Баядян Л.О., Танвердиев Д.К., Черемисина Т.Е., Кузнецова Е.Д., Гаджиев И.Г., Сироткина А.С. Лечебная физкультура при повреждении ротаторной манжеты плеча. Уральский медицинский журнал. 2019; 14(182): 92–99. [Bobunov D.N., Mikhailov V.D., Ovsyannikov M.S., Bayadyan L.O., Tanverdiev D.K., Cheremisina T.E., Kuznetsova E.D., Gadzhiev I.G., Sirotkina A.S. Therapeutic physical education in case of damage to the rotator cuff of the shoulder. Ural Medical Journal. 2019; 14(182): 92–99 (In Russ.).]
8. Тутуров А.О., Кузьмин П.Д., Пиманчев О.В. Хирургическая стабилизация плечевого сустава. Результаты пятилетнего опыта. Вестник национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2021; 16(1): 39–45. <https://doi.org/10.25881/BPNMSC.2021.48.23.007> [Tuturov A.O., Kuzmin P.D., Pimanchev O.V. Surgical stabilization of the shoulder joint. The results of five years of experience. Bulletin of Pirogov National Medical & Surgical Center. 2021; 16(1): 39–45. <https://doi.org/10.25881/BPNMSC.2021.48.23.007> (In Russ.).]

9. Бобунов Д.Н., Михайлов В.Д., Татарин Н.Т., Бровина Н.В., Думбадзе Р.Д., Борисова Н.Е., Лапаева О.Е., Щербатых Н.А., Синякова Я.Г. Лечебная физкультура при травматических повреждениях плечевой кости (1-й этап восстановительного лечения). Уральский медицинский журнал. 2020; 3(186): 133–140. <https://doi.org/10.25694/URMJ.2020.03.27> [Bobunov D.N., Mikhailov V.D., Tatarin N.T., Brovina N.V., Dumbadze R.D., Borisova N.E., Lapaeva O.E., Shcherbatykh N.A., Sinyakova Ya.G. Physical therapy for traumatic injuries of the humerus (1st stage of rehabilitation treatment). *Ural Medical Journal*. 2020; 3(186): 133–140. <https://doi.org/10.25694/URMJ.2020.03.27> (In Russ.).]
10. Кабаев Е.М., Симонов К.В., Хамад Ю.А. Совершенствование методов анализа биомеханики плечевого сустава в послеоперационной реабилитации. Медицина и высокие технологии. 2020; (1): 27–34. [Kabaev E.M., Simonov K.V., Hamad Yu.A. Improvement of methods of analysis of biomechanics of the shoulder joint in postoperative rehabilitation. *Journal Medicine and High Technology*. 2020; (1): 27–34. (In Russ.).]
11. Никитин М.В., Кончугова Т.В., Павловский С.А. Инновационные технологии в санаторно-курортном лечении пациентов с плечелопаточным болевым синдромом. Вестник восстановительной медицины. 2020; 2(96): 90–93. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-96-2-90-93> [Nikitin M.V., Konchugova T.V., Pavlovsky S.A. Innovative technologies in the sanatorium treatment of patients with shoulder pain syndrome. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2020; 2(96): 90–93. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-96-2-90-93> (In Russ.).]
12. Буйлова Т.В., Балчугов В.А., Северова Е.А. Плечелопаточный болевой синдром у пациентов, занимающихся физической культурой и спортом: современные аспекты реабилитации. Вестник восстановительной медицины. 2020; 2(96): 24–43. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-96-2-24-28> [Buylova T.V., Balchugov V.A., Severova E.A. Shoulder pain syndrome in patients engaged in physical culture and sports: modern aspects of rehabilitation. *Bulletin of Rehabilitation Medicine*. 2020; 2(96): 24–43. <https://doi.org/10.38025/2078-1962-2020-96-2-24-28> (In Russ.).]
13. Старосельский Я.Л., Мельничук Н.В., Мельничук В.И. Методика механотерапии в коррекции повреждения капсульно-связочного аппарата плечевого сустава у ватерполистов. Физическая культура студентов. 2020; 69(2): 43–46. [Staroselsky Ya.L., Melnichuk N.V., Melnichuk V.I. The method of mechanotherapy in the correction of damage to the capsule-ligamentous apparatus of the shoulder joint in water polo players. *Physical culture of students*. 2020; 69(2): 43–46 (In Russ.).]
14. Голованова М.В., Потехина Ю.П., Плохов Р.А. Руководство пользователя инфракрасного термометра СЕМ®Thermodiagnostics. Н.Новгород: «Беремот». 2008: 32 с. [Golovanova M.V., Potekhina Yu.P., Plokhov R.A. User manual of the infrared thermometer SEM® Thermodiagnostics. Nizhny Novgorod. Behemoth. 2008: 32 p. (In Russ.).]
15. Калинин Е.Б., Черняев А.В., Слияков Л.Ю., Богатов В.Б., Гончарук Ю.Р., Чеканов А.С., Колышенков В.А., Еремушкин М.А. Оценка биомеханических нарушений плечевого сустава у пациентов с шейно-плечевым синдромом после травм надплечья. Российский журнал биомеханики. 2020; 24(2): 196–202. [Kalinskiy E.B., Chernyaev A.V., Slinyakov L.Yu., Bogatov V.B., Goncharuk Yu.R., Chekanov A.S., Kolyshenkov V.A., Eremushkin M.A. Assessment of biomechanical disorders of the shoulder joint in patients with cervical-shoulder syndrome after injuries of the upper arm. *Russian Journal of Biomechanics*. 2020; 24(2): 196–202 (In Russ.).]

