

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
РЕАБИЛИТАЦИИ И КУРОРТОЛОГИИ»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

На правах рукописи

Колышенков Василий Андреевич

**ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ В
РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ПОВРЕЖДЕНИЯМИ
РОТАТОРНОЙ МАНЖЕТЫ ПЛЕЧА**

3.1.33 — «Восстановительная медицина, спортивная медицина,
лечебная физкультура, курортология и физиотерапия»

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук
Фесюн Анатолий Дмитриевич

Москва - 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА I ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	13
1.1. Эпидемиология повреждений ротаторной манжеты плеча.....	13
1.2. Анатомо-физиологические, биомеханические и кинематические особенности плечевого сустава и ротаторной манжеты плеча.....	14
1.3. Современные тенденции в реабилитации повреждений ротаторной манжеты плеча.....	23
1.4. Технологии виртуальной реальности в реабилитации пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плеча.....	28
ГЛАВА II МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	32
2.1. Материал исследования.....	32
2.2. Методы исследования.....	34
2.3. Стандартная методика реабилитации.....	35
2.4. Методика применения технологий виртуальной реальности с биологической обратной связью.....	36
2.5. Методы статистической обработки данных.....	38
ГЛАВА III. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	39
3.1. Исходная характеристика исследуемых групп.....	39
3.2. Оценка эффективности разработанной методики применения технологий виртуальной реальности у пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плеча.....	57
3.2.1. Динамика показателей специальных ортопедических тестов.....	57
3.2.2. Динамика показателей болевого синдрома по ВАШ.....	67
3.2.3. Динамика показателей опросника DASH в исследуемых	68

3.2.4	Динамика объема движений в плечевом суставе.....	70
3.2.5	Динамика координационной функции	75
3.2.6	Динамика показателей изокинетической динамометрии	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....		87
ВЫВОДЫ.....		98
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....		100
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....		101
ПРИЛОЖЕНИЯ.....		130

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и степень разработанности темы исследования

В последние десятилетия актуальность проблемы реабилитации пациентов с заболеваниями плечевого сустава значительно возросла. По данным большинства исследователей патология плечевого сустава составляет до 55% от всех заболеваний крупных суставов, (Миронов С.П., Цыкунов М.Б. с соавт., 2006; Широков В.А., 2012). и по своим количественным характеристикам приближается к эпидемии в Швеции, Великобритании, Японии и США (Sumrein B.O. et al., 2018).

Повреждения плечевого сустава, являющегося наиболее сложно организованным суставом опорно-двигательного аппарата, существенно снижают качество жизни пациентов. В связи с чем, восстановление функции плечевого сустава имеет серьезное социальное значение.

В настоящее время повреждения ротаторной манжеты, протекающие с длительным болевым синдромом и нарушением функции, становятся ведущей причиной временной или стойкой утраты трудоспособности пациентов различных возрастных групп (Aitken S.A. et al., 2014).

Традиционные консервативные методы лечения, такие как аппаратная физиотерапия, лечебная физкультура, механотерапия и различные другие реабилитационные мероприятия позволяют существенно снизить степень выраженности болевого синдрома и улучшить функциональное состояние плечевого сустава. Однако комплексы восстановительного лечения, учитывающие биомеханический характер движения, уровень функциональных возможностей и прочие факторы, в том числе и степень нарушения функции плечевого сустава нуждаются в дополнительных исследованиях и модификациях (Littlewood C. et al., 2019).

Несмотря на то, что в последние годы проблемам ранней диагностики и восстановительного лечения патологии плечевого сустава уделяется много внимания, тем не менее, в настоящее время они еще не полностью соответствуют запросам практикующих врачей. (Kailai Zhang B.H., Darren de S.A. et al., 2019).

Доказано, что одним из наиболее эффективных методов лечения при травмах ротаторной манжеты плеча является лечебная физкультура, которая направлена на снижение уровня болевых ощущений, увеличения объема движений в плечевом суставе и увеличение мышечной силы. (Цыкунов М.Б., 2015).

Сравнительно недавно в практику физической и реабилитационной медицины начали внедряться технологии виртуальной реальности, которые не только позволяют моделировать различные двигательные стереотипы в иммерсивной среде и оценивать характер движения, с последующим программным анализом данных, но и способствуют вовлечению пациента в процесс реабилитации в качестве мотивирующего инструмента (Yoon-Hee Choi, Nam-Jong Paik, 2018).

Применение технологий виртуальной реальности активно исследовалось в рамках нейрореабилитации у пациентов после перенесенного инсульта (Laver K., 2017), при детском церебральном параличе и болезни Паркинсона (Dockx K., 2016; Ravi D.K., 2017;). Однако, несмотря на многообещающие результаты исследований, качество научных данных было недостаточным для внедрения данных методов в рутинную практику.

В ортопедической реабилитации клинические исследования применения виртуальной реальности проводились для пациентов с переломами лодыжек (Kim K.J. et al., 2015), травмами передней крестообразной связки (Gokeler A. et al., 2016), синдромом замороженного плеча (Lee S-H., et al., 2016) и у пациентов с хронической шейной болью и болью внизу спины (Bahat H.S. et al., 2015; Thomas J.S. et al., 2016).

Однако, исследований в области применения технологий виртуальной реальности у пациентов с травмами плечевого сустава, а именно с повреждением ротаторной манжеты плеча проведено недостаточно (Berton A. et al., 2020; Gumaа M. et al., 2019).

В связи с этим разработка новых и совершенствование традиционных программ реабилитации пациентов с повреждениями ротаторной манжеты является весьма актуальной и недостаточно разработанной темой и нуждается в дополнительных исследованиях.

Цель исследования

Разработка и научное обоснование применения технологий виртуальной реальности в комплексной программе медицинской реабилитации пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча.

Задачи исследования

1. Изучить изменения биомеханических характеристик плечевого сустава у пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плеча.
2. Разработать и оценить эффективность применения технологий виртуальной реальности в комплексной программе медицинской реабилитации пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча.
3. В сравнительном аспекте оценить эффективность разработанной программы со стандартной методикой медицинской реабилитации пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча.
4. Оценить отдаленные результаты применения разработанной технологии виртуальной реальности в комплексной программе медицинской реабилитации пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча.

Научная новизна

Впервые разработана комплексная программа медицинской реабилитации с использованием технологии виртуальной реальности с биологической обратной связью у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча.

Впервые разработано оригинальное программное обеспечение аппаратной платформы виртуальной реальности для медицинской реабилитации пациентов после повреждения ротаторной манжеты плеча.

Доказано, что применение разработанной комплексной программы медицинской реабилитации с применением технологий виртуальной реальности позволяет снизить субъективный уровень болевых ощущений, улучшить функциональное состояние плечевого сустава, повысить биомеханические характеристики плечевого сустава (максимальный крутящий момент, средний крутящий момент, средний крутящий момент/кг, средняя мощность и средняя работа), а также улучшить координационную функцию верхней конечности.

Доказано, что применение технологии виртуальной реальности в комплексной программе медицинской реабилитации пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча превосходит эффективность стандартного метода медицинской реабилитации, как непосредственно после лечения, так и в отдаленном периоде (6 мес.).

Теоретическая значимость

Теоретическая значимость исследования заключается в расширении представлений о возможности применения технологий виртуальной реальности в медицинской реабилитации пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча.

Практическая значимость

Для практического здравоохранения разработана эффективная комплексная программа реабилитации пациентов с применением технологий виртуальной реальности у пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плеча, позволяющая повысить эффективность лечения пациентов, способствующая достоверно значимому снижению уровня болевого синдрома, улучшению функционального состояния и биомеханических характеристик плечевого сустава.

Предложенная методика может быть использована в отделениях медицинской реабилитации, а также в условиях санаторно-курортных организаций с целью повышения эффективности лечения пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плеча.

Методология и методы исследования

В исследование было включено 119 пациентов, из них 59 пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча и 60 практически здоровых добровольцев, чьи результаты принимались за возрастную норму. Все пациенты с повреждением ротаторной манжеты плеча были рандомизированы на две группы. Пациенты контрольной группы получали стандартный метод медицинской реабилитации, включавший в себя: лечебную физкультуру; медицинский массаж верхней конечности, магнитную и лазерную терапию на область плечевого сустава. Пациенты основной группы дополнительно получали занятия с применением технологий виртуальной реальности, проводимых с использованием оригинального программного обеспечения (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021614784, 30.03.2021) и шлема виртуальной реальности HTC VIVE. В исследовании изучались биомеханические характеристики плечевого сустава, объем движений в плечевом суставе и координационная функция верхней конечности, оценивалась функция верхней конечности по результатам опросника DASH и

субъективная оценка болевых ощущений по ВАШ. Также применяли методы исследования, такие как: изокинетическая динамометрия, магнитно-резонансная томография плечевого сустава. Полученные результаты статистически обработаны с использованием программы StatTech v. 2.8.5 (разработчик - ООО "Статтех", Россия).

Положения, выносимые на защиту

Повреждения вращательной манжеты плеча характеризуются выраженным нарушением функционального состояния плечевого сустава, высоким уровнем болевых ощущений, снижением биомеханических показателей (максимальный крутящий момент, средний крутящий момент, средний крутящий момент/кг, средняя мощность, средняя работа), что приводит к значительному снижению силы и выносливости мышц ротаторной манжеты плеча, а также мышц верхней конечности.

Применение разработанной комплексной программы медицинской реабилитации с использованием технологии виртуальной реальности с биологической обратной связью у пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плеча позволяет достоверно значимо снизить уровень болевых ощущений, улучшить функциональное состояние и биомеханические показатели плечевого сустава, а также силовые возможности мышц, окружающих плечевой сустав и статистически достоверно превосходит по эффективности стандартный метод медицинской реабилитации.

В отдаленном периоде (6 мес.) применение комплексной программы медицинской реабилитации пациентов с использованием технологий виртуальной реальности с биологической обратной связью у пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плеча позволяет достоверно значимо снизить болевой синдром в плечевом суставе, улучшить функционирование верхней конечности, а также улучшить биомеханические и координационные

показатели плечевого сустава по сравнению с исходным уровнем у 82% пациентов.

Внедрение результатов работы

Разработанная методика применения технологий виртуальной реальности у пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плечевого сустава внедрена в лечебную практику ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России, лечебно-реабилитационном клиническом центре «Юдино», в ГБУЗ «КДЦ №2 ДЗМ», а также в учебном процессе на кафедре восстановительной медицины, физической терапии и медицинской реабилитации ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России.

Степень достоверности и апробация материалов диссертации

Достоверность результатов диссертационной работы, обоснованность выводов и практических рекомендаций обусловлена достаточным количеством наблюдений и использованием современных методов статистической обработки полученных данных

Проведение диссертационного исследования одобрено локальным этическим комитетом при ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России протокол № 1 от «16» июня 2020.

Апробация диссертационной работы состоялась 29 июня 2022 г. на заседании научно-методического совета по проблемам медицинской реабилитации, клинической восстановительной медицины, лечебной физкультуры и спортивной медицины, курортологии и физиотерапии ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России.

Основные положения доложены на конгрессах:

III международный конгресс Vita Rehab Week 2019 «Современные технологии и оборудование для медицинской реабилитации, санаторно-курортного лечения и спортивной медицины» (г. Екатеринбург), IV

международный конгресс Vita Rehab Week 2020 «Современные технологии и оборудование для медицинской реабилитации, санаторно-курортного лечения и спортивной медицины» (г. Екатеринбург), X Юбилейный Всероссийский конгресс с международным участием «Медицина для Sports 2021» (г. Москва), Евразийский Ортопедический Форум 2021, V международный конгресс Vita Rehab Week 2021 «Современные технологии и оборудование для медицинской реабилитации, санаторно-курортного лечения и спортивной медицины» (г. Екатеринбург).

Личный вклад автора

Автором самостоятельно обоснованы и сформулированы цель и задачи научного исследования, проводились занятия с использованием технологии виртуальной реальности при повреждении ротаторной манжеты плеча, а также осуществлялась всесторонняя оценка и анализ полученных результатов с применением современных методов статистической обработки. Личный вклад автора также состоит в подготовке научных публикаций и написании диссертации.

Публикации

Всего по теме диссертационного исследования опубликовано 8 печатных работ, из них 3 - в научных рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 5 - в изданиях, индексируемых базой данных РИНЦ, а также получены «Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ» №2021101008 и патент на изобретение №2751977 «Способ комплексной физической реабилитации пациентов с использованием технологии виртуальной реальности при импиджмент-синдроме плечевого сустава».

Объем и структура диссертации

Диссертационная работа содержит введение, обзор литературы, описание материалов и методов исследования, собственные результаты исследования, заключение, выводы, практические рекомендации и список литературы, который включает 61 отечественный и 175 зарубежных источников. Работа выполнена на 138 страницах машинописного текста, иллюстрирована 32 таблицами и 29 рисунками.

ГЛАВА I. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Эпидемиология повреждений ротаторной манжеты плеча

Патология ротаторной манжеты плеча (ВМП) является наиболее частой причиной боли в плечевом суставе, ее распространенность растет по мере увеличения возраста пациентов [196,181]. Разрывы и повреждения ротаторной манжеты приводят к выраженному болевому синдрому, существенному снижению функции, а, следовательно к нетрудоспособности с ограничением повседневной активности [95].

Экономические затраты на лечение патологий плечевого сустава в 2000 году оценивались порядком 7 миллиардов долларов и занимают одно из ведущих мест среди обращений за первичной медицинской помощью в США [166].

Повреждения ротаторной 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% [200]. С учетом высокой распространенности разрывов следует предположить, что дегенеративные разрывы зачастую протекают бессимптомно [199].

Несмотря на то, что разрывы ротаторной манжеты плеча, происходящие в молодом возрасте, чаще коррелируют с травмой, однако в среднем и пожилом возрасте невозможно провести четкой корреляции с травмирующими факторами [112].

Напротив, многие исследования показывают, что повреждения ротаторной манжеты плеча являются многофакториальной проблемой. Гистологические исследования показывают изменения различной степени в матриксе сосудов, клетках сухожилий, типичных для дегенеративно дистрофических поражений [113].

К факторам риска, в развитии патологий ротаторной манжеты плеча можно отнести возраст, высокий индекс массы тела, гипертонию и курение, а также весьма высокую роль играют наследственные факторы [216,95]. 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 [185].

Пациенты с симптомами повреждений ротаторной 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 ротаторной 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 [122].

Стоит заметить, что несмотря на многофакториальность проблематики эпидемиологии повреждений ротаторной 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.

1.2 Анатомо-физиологические, биомеханические и кинематические особенности плечевого сустава и вращательной манжеты плеча

Плечевой сустав благодаря своей сложной структуре обладает наибольшей степенью свободы среди всех суставов человеческого организма. Эта особенность обусловлена преимущественно ограниченной площадью сочленяющихся суставных поверхностей плечевой кости и лопатки, что, в свою

очередь, требует наличия сложной сети связок, сухожилий и других соединительнотканых структур для поддержания стабильности и обеспечения нормальной функции сустава [212]. С учетом ограниченной конгруэнтности суставных поверхностей плече-лопаточного сочленения плечевой сустав отличается низкой стабильностью, которая существенно зависит от движений в нем и часто приводит к травмам. Анатомо-физиологические особенности способствуют повышенной травматизации плечевого сустава и развитию дегенеративных процессов на фоне как острых повреждений, так и хронического перенапряжения мышечно-связочного аппарата [56].

К настоящему времени проведен ряд исследований, посвященных изучению биомеханических характеристик плечевого сустава, взаимодействий между его структурами и ответам на стрессовые воздействия. Разработаны и апробированы различные методы восстановления сухожилий ротаторной манжеты после острых повреждений [35, 54]. По результатам экспериментальных и клинических исследований получены новые данные о морфофункциональных и биомеханических характеристиках повреждений плечевого сустава, которые способствовали пересмотру ранее применявшихся клинических подходов к ведению данной категории пациентов.

Функционирование плечевого сустава обеспечивается взаимодействием лопатки, ключицы и плечевой кости. К костным ориентирам лопатки относятся клювовидный отросток сверху, суставная впадина с латеральной стороны, подлопаточная ямка спереди, надостная и подостная ямки, разделенные остью лопатки - сзади. Ость лопатки продолжается в латеральном направлении до завершения свободным концом – акромионом, который сочленяется с латеральным концом ключицы. На передней поверхности проксимального отдела плечевой кости в медиально-латеральном направлении выделяют малый бугорок плечевой кости, межбугорковую борозду плечевой кости и большой бугорок плечевой кости [187, 220].

Несмотря на то, что поверхность головки плечевой кости значительно превышает поверхность суставной впадины лопатки, величина их кривизны различается лишь на 1% [12]. Форма и степень вогнутости суставной впадины лопатки характеризуется межиндивидуальной вариабельностью, однако, как правило, наблюдается ретроверсия суставной впадины на 5-7° относительно медиолатеральной оси лопатки [2].

Поддержку плечевого сустава обеспечивает комплекс связок, среди них: акромиально-ключичная, клювовидно-ключичная, клювовидно-плечевая связку, клювовидно-акромиальная, а также верхняя, средняя и нижняя связки плечевого сустава. Клювовидно-акромиальная связка выступает в качестве «крыши» подлопаточного пространства и формирует клювовидно-акромиальную дугу вместе с акромионом и клювовидным отростком.

Губа плечевого сустава представляет собой пучок, состоящий из волокнистой хрящевой ткани, который может принимать различную форму и прикрепляется в области края суставной впадины лопатки. Суставная капсула плечевого сустава прикрепляется к суставной губе, шейке лопатки и анатомической шейке плечевой кости. Капсула стабилизируется связками плечевого сустава спереди, клювовидно-плечевой связкой сверху, а также клювовидно-акромиальной и акромиально-ключичной связками. Нижние отделы капсулы не усилены соединительнотканными структурами, что обуславливает формирование подмышечной впадины.

Ротаторная манжета плеча представляет собой уникальную анатомическую структуру ввиду того, что сухожилия мышц, входящих в ее состав, сращены между собой и формируют единое анатомическое образование в области их прикрепления. В состав ротаторной манжеты входят четыре мышцы [22]. Надостная мышца начинается от надостной ямки лопатки; ее сухожилие проходит через подлопаточное пространство и прикрепляется к верхнему и среднему отделам большого бугорка плечевой кости. Подостная мышца и малая круглая мышца начинаются от подостной ямки лопатки

и фиброзной перегородки; их сухожилия прикрепляются к среднему и нижнему отделам большого бугорка плечевой кости, соответственно. Подлопаточная мышца начинается от подлопаточной ямки, ее сухожилие прикрепляется к малому бугорку плечевой кости.

Подробное описание анатомии областей прикрепления мышц в составе ротаторной манжеты к костным структурам представляется принципиально важно в точки зрения диагностики и выработки тактики восстановления ее повреждений [93]. Максимальной площадью прикрепления характеризуется подлопаточная мышца, которая прикрепляется в области медиальной части межбугорковой борозды плечевой кости. На втором месте по величине площади прикрепления - подостная мышца: передняя граница ее прикрепления накладывается на заднюю границу прикрепления надостной мышцы. Пространство между суставной поверхностью и нижней частью прикрепления подостной мышцы носит название «голой» зоны.

Область прикрепления надостной мышцы, третья по площади, распространяется от латеральной части межбугорковой борозды плечевой кости до вышеупомянутой «голой» зоны. Область наложения площадей прикрепления надостной и подостной мышц располагается несколько кпереди от вершины «голой» зоны и служит ориентиром при проведении артроскопии. Надостная мышца прикрепляется ближе к суставной поверхности. Минимальная площадь прикрепления характерна для малой круглой мышцы, которая прикрепляется непосредственно книзу по отношению к подостной мышце.

Область слияния сухожилий надостной и подостной мышц представлена пятислойной структурой [26]. Первый слой, расположенный наиболее поверхностно, содержит волокна клювовидно-плечевой связки. Вторым слоем образуют соединительнотканые волокна, идущие непосредственно из сухожилий, плотно упакованные параллельно друг другу. Третий слой соответствует макроскопическому наложению сухожилий, волокна в его

составе упакованы более рыхло по сравнению со вторым слоем. Четвертый слой содержит рыхлую соединительную ткань и плотные волокна, происходящие из глубоких отделов клювовидно-плечевой связки. Пятый слой представляет собой собственно капсулярный слой, в составе которого волокна ориентированы случайным образом [77].

Плечевой сустав включает также ряд дополнительных структур, связанных с ротаторной манжетой, одной из которых является сухожилие длинной головки двуглавой мышцы плеча, которая начинается от надсуставного бугорка лопатки. Данное сухожилие перфорирует суставную капсулу плечевого сустава, проходит в дистальном направлении в межбугорковой борозде плечевой кости и в конце прикрепляется к бугристости лучевой кости. В межбугорковой борозде плечевой кости сухожилие длинной головки двуглавой мышцы плеча переплетается с волокнами сухожилий надостной и подостной мышц [77, 138].

Сухожилия мышц, образующих ротаторную манжету плеча, характеризуются нелинейностью, вязкоэластичностью и гетерогенностью структуры. Являясь основным компонентом внеклеточного матрикса как самих сухожилий, так и костно-сухожильных прикреплений, коллаген в значительной степени обеспечивает поддержание этих характеристик.

Иерархическая организация коллагеновых волокон, состоящих из более мелких фибрилл, которые, в свою очередь, состоят из отдельных молекул коллагена, обеспечивает возможность поэтапной деформации под воздействием осевой нагрузки, включающей расправление волнообразных коллагеновых фибрилл, выпрямление скрученных трехспиральных молекул коллагена и, в конечном счете, разматывание отдельных коллагеновых нитей. Данные процессы обеспечивают значительную растяжимость сухожилий и устойчивость их к нагрузкам [114]. Циклические нагрузки способствуют выравниванию коллагеновых волокон по оси нагрузки, что способствует

увеличению стабильности сухожилия и поддержанию его нелинейной прочности в ответ на приложенную нагрузку [180].

Как указано выше, плечевой сустав характеризуется относительно низкой стабильностью ввиду того, что сочленяющиеся суставные поверхности проксимального отдела плечевой кости и суставного отростка лопатки несоразмерны (неконгруэнтны) между собой. Дополнительно стабильность плечевого сустава обеспечивается наличием фиброзно-хрящевой суставной губы вместе с суставной капсулой и связками плечевого сустава. Ткани суставной губы увеличивают глубину суставной впадины лопатки на 50% и в комбинации с компрессионным воздействием со стороны мышц вращательной манжеты плеча обеспечивают придавливание выпуклой головки плечевой кости к вогнутой поверхности суставной впадины лопатки [59]. Поддержание отрицательного внутрисуставного давления в замкнутой системе внутри суставной капсулы также помогает предупредить смещение головки плечевой кости относительно суставной впадины [71].

Описанные взаимодействия мягких тканей обеспечивают широкий диапазон движений в плечевом суставе и определяют роль отдельных сухожилий и связок в качестве активных и пассивных стабилизаторов при движениях в суставе. В положении полного приведения плеча роль основного стабилизатора играет подлопаточная мышца; в положении отведения плеча на 45° стабильность обеспечивают подлопаточная мышца, средняя связка плечевого сустава и часть нижней связки плечевого сустава; в положении отведения плеча на 90° дислокацию предупреждает преимущественно нижняя связка плечевого сустава [77].

В нейтральном положении ротации плеча сухожилие длинной головки двуглавой мышцы плеча обеспечивает переднюю стабильность плечевого сустава при нагрузке более чем в 30 Н, в то время как при ротации плеча кнаружи стабильность в основном обеспечивает подлопаточная мышца.

Роль связок в обеспечении стабильности плечевого сустава увеличивается по мере возрастания нагрузки, при этом происходит отклонение плеча относительно нейтрального положения [51]. Надостная мышца и двуглавая мышца плеча являются важными активными стабилизаторами, обеспечивающие нижнюю стабильность плечевого сустава, в то время как нижняя связка плечевого сустава пассивно стабилизирует сустав в положении наружной ротации плеча [110].

Снизу в нейтральном положении ротации плеча подвывиху плечевой кости противостоят подлопаточная мышца и клювовидно-плечевая связка. Релиз клювовидно-акромиальной связки в качестве метода лечения импинджмент-синдрома плечевого сустава вызывает развитие как передней, так и нижней нестабильности, что указывает на важность данной связки как пассивного стабилизатора плечевого сустава [51].

Нормальное анатомическое положение мышц, формирующих ВПМ и сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча, создает идеальную конфигурацию для активной компрессии головки плечевой кости к поверхности суставной впадины лопатки [110]. Анатомия плечевого сустава также обеспечивает приложение мышц в составе ротаторной манжеты к рычагам короткой длины, что, согласно данным Lugo R. et al. (2008), устанавливает одновременно стабильный и динамический центр вращения при отведении плеча.

Индивидуальные анатомические особенности плечевого сустава, в частности, длина акромиона и величина инклинации суставной впадины лопатки, могут служить предрасполагающими факторами к развитию остеоартроза плечевого сустава либо повреждений ротаторной манжеты плеча [59, 182].

Пара сил возникает в условиях, когда две противодействующие мышечные группы создают момент силы вокруг одного центра вращения. Мышцы в составе ВМП создают пары сил вокруг плечевого сустава с

координированной активацией и инактивацией мышц-агонистов и мышц-антагонистов. Таким образом, в плечевом суставе баланс сил в сагиттальной плоскости определяется функцией подлопаточной мышцы спереди и подостной мышцы сзади [46].

В исследованиях на трупах было установлено, что объем движений в плечевом суставе остается интактным до тех пор, пока не нарушен данный баланс сил [110]. Показано, показатели вектора и амплитуды сил реакции сустава наибольшим образом зависят от сохранности баланса сил в сагиттальной плоскости и не подвергаются значительным изменениям как при неполном, так и при полном разрыве сухожилия надостной мышцы [49]. Вышеперечисленные динамические взаимоотношения различных анатомических структур плечевого сустава обеспечивают его нормальную двигательную функцию плечевого сустава. При этом нарушение баланса сил может играть значительную роль в развитии патологических изменений ротаторной манжеты плеча.

Нарушение физиологического баланса сил, действующих на плечевой сустав, приводит к нарушениям биомеханических взаимодействий структур плечевого сустава вследствие потери стабильного центра вращения головки плечевой кости в суставной впадине лопатки [193]. Изменения распределения сил, действующих на сустав, зависят от выраженности и локализации повреждений ротаторной манжеты. Для передних повреждений в области места прикрепления надостной мышцы более характерно симптоматическое течение и прогрессирование патологических изменений вследствие регионального перераспределения нагрузки, обусловленного нарушением баланса действующих сил. Эти изменения в свою очередь способствуют усилению болевого синдрома и могут потребовать хирургического вмешательства [176].

Полноценное восстановление ротаторной манжеты плеча при хроническом повреждении нескольких сухожилий является достаточно сложным вследствие сокращения длины сухожилий и развития ригидности

тканей. В подобных случаях, например, при сочетанном повреждении сухожилий надостной и подостной мышц восстановление баланса сил в сагиттальной плоскости и функции плечевого сустава может быть достигнуто путем восстановления только сухожилия подостной мышцы [132].

Травматические повреждения ротаторной манжеты плеча часто ассоциированы с повреждением суставной губы плечевого сустава. Смещение головки плечевой кости кверху и нагрузка на сухожилие длинной головки двуглавой мышцы плеча, обусловленные снижением стабильности, вызывают смещение суставной губы и увеличение нагрузки на ее ткани [135].

Несвоевременное лечение повреждений ротаторной манжеты может приводить к развитию дегенеративных изменений хрящевой ткани суставной губы [205]. Повторные высокие нагрузки на сустав способствуют увеличению тяжести повреждений суставной губы вследствие значительного снижения экспрессии матриксных белков хрящевой ткани, таких как коллаген II типа и протеогликан агрекан, в области суставной впадины [205]. В суставном хряще головки плечевой кости примерно через 12 недель после повреждения ротаторной манжеты также наблюдаются такие гистологические признаки, как снижение содержания протеогликанов и образования хондроцитов [157].

При нарушении целостности прилегающих сухожилий их механические свойства (в частности сухожилий длинной головки двуглавой мышцы плеча и подлопаточной мышцы) также нарушаются, при этом сухожилия становятся более жесткими как в области костно-сухожильного прикрепления, так и в средней части [206,207].

Нарушения функции мышечных тканей, связанных с поврежденными сухожилиями, снижают их способность поддерживать нормальный баланс сил после восстановления, преимущественно вследствие процессов атрофии и жировой инфильтрации [100]. Кроме того, хронический фиброз способствует увеличению жесткости мышечной ткани, увеличивая тем самым нагрузку на область восстановления, затрудняя течение репаративных процессов [215].

Прилегающие мышцы реагируют на вышеописанные изменения, подвергаясь компенсаторной гипертрофии [151].

Очевидно, что стабильность и нормальная подвижность в плечевом суставе определяются состоянием ротаторной манжеты и принципиально важны для поддержания нормального функционального состояния всего плечевого сустава. Повреждения сухожилий двуглавой мышцы плеча ассоциированы с повреждениями ротаторной манжеты плеча при этом тяжесть повреждений сухожилий бицепса коррелирует с выраженностью травмы манжеты [233]. В экспериментальных исследованиях на крысах было установлено, что размеры сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча могут увеличиваться на 220% на фоне повреждений вращательной манжеты, при этом механические свойства сухожилия со временем ухудшаются [199].

Развитие воспалительного процесса приводит к возникновению силы трения между сухожилием и поверхностью межбугорковой борозды плечевой кости, вызывая выраженный болевой синдром [100, 236].

Учитывая все вышесказанное, мы можем отметить значительную анатомическую и биомеханическую сложность строения плечевого сустава, а в частности вращательной манжеты плеча.

1.3 Современные тенденции в реабилитации повреждений вращательной манжеты плеча

Ведущее место в реабилитации пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плеча принадлежит консервативному лечению. Оперативное вмешательство показано только при полных разрывах сухожилий ВМП или длинной головки двухглавой мышцы плеча.

Несмотря на оптимизацию хирургической техники и протоколов послеоперационных реабилитационных мероприятий, частота неблагоприятных исходов повреждений ротаторной манжеты плеча колеблется в широких пределах от 9 до 94% [161, 104]. Установлено, что факторами,

ассоциированными с неблагоприятным исходом восстановления ротаторной манжеты, являются: размер повреждения, состояние тканей, наличие жировой инфильтрации сухожилия, возраст пациента, наличие сахарного диабета, курение, наличие остеопороза, а также срок от начала клинических проявлений до момента выполнения операции [65, 136].

Среди вышеперечисленных факторов наиболее значимыми предикторами исхода являются возраст, размер повреждения, степень выраженности жировой инфильтрации и мышечной атрофии, а также степень стягивания, необходимого для сопоставления концов сухожилия во время проведения операции [170, 136].

В процессе заживления сухожилий ротаторной манжеты выделяют три стадии, которые частично накладываются друг на друга по времени: воспалительная стадия, фибропластическая стадия и стадия ремоделирования [170, 136]. В ходе заживления происходят сложные взаимодействия между различными тканевыми факторами роста и клетками, приводящие в итоге к формированию ткани, значительно отличающейся от нормального неповрежденного сухожилия. Заживающее сухожилие представлено преимущественно волокнами коллагена I и III типов, которые в большей степени характерны для рубцовой ткани.

После хирургического лечения целью послеоперационной реабилитации является предотвращение скованности плечевого сустава и укрепления вращательной манжеты и лопаточной мускулатуры. Реабилитация после повреждения ротаторной манжеты плеча является ключевым фактором, определяющих исход как при консервативном, так и при хирургическом лечении. В ходе ее проведения осуществляется купирование болевого синдрома, восстановление силы, амплитуды движений и повседневной активности [40, 43].

Большинство методик направлены на снижение уровня болевых ощущений и уменьшение отека, увеличения объема движений в плечевом

суставе. Данные методики включают в себя лечебную физкультуру, массаж, физиотерапевтическое лечение, а также прием нестероидных противовоспалительных средств.

Общепринятый протокол реабилитации пациентов с повреждениями вращательной манжеты плеча включает в себя 4 этапа, которые по мере усложнения и модификации нагрузок позволяют вернуть верхнюю конечность к дооперационному уровню активности [134].

На первом этапе, длительностью до 4-6 недель пациентам предлагается носить иммобилизирующую повязку, в некоторых случаях с отводящей подушкой, для предотвращения повторной травматизации мышц вращающей манжеты плеча [127]. В целом иммобилизация в течение 4-6 недель позволяет сухожильно-костному соединению пройти через все три фазы нормального процесса заживления: воспаление, пролиферацию и ремоделирование [85].

Однако не стоит забывать, что на данном этапе также следует использовать упражнения пассивного и активного характера для локтевого сустава, запястья, кисти и шейного отдела позвоночника.

Применение упражнений пассивного характера для увеличения объема движений в плечевом суставе является общепризнанным подходом на ранних этапах восстановления. Методика пассивных упражнений описана многими авторами и имеет доказанную эффективность.

Однако в настоящее время среди специалистов в области физической и реабилитационной медицины нет единого мнения относительно начала мобилизационных мероприятий после травм вращательной манжеты плеча. Некоторые выступают за раннее включение СРМ терапии в протоколы реабилитации, другие, напротив выступают за отсрочку иммобилизации, чтобы избежать нарушения заживления и повторной травматизации [214].

Также на первом этапе реабилитации принято включать пассивные упражнения, упражнениями выбора на первом этапе могут стать: маятник, подъем плеч, сведение лопаток. Стоит обратить внимание на то, что на данном

этапе категорически запрещается использование упражнений активного характера с вовлечением плечевого сустава, одна не стоит забывать об активных упражнениях для локтевого и лучезапястного суставов, а также кисти.

Начало фазы ремоделирования коллагена соответствует 4-6 недели после оперативного лечения и соответствует второму этапу реабилитации.

В экспериментальных исследованиях на крысах было показано, что тканевой фактор роста (ТФР)-бета-1 представляет собой важную сигнальную молекулу ремоделирования, которая оказывает свое действие непосредственно в месте, где происходит заживление после повреждения ротаторной манжеты плеча, причем ее содержание коррелирует с пиковой клеточной активностью [112, 87]. Напротив, ТФР- β -3, который также участвует в процессах тканевой регенерации, не определяется непосредственно в месте повреждения, однако было показано, что данный фактор стимулирует процессы заживления в области костно-сухожильных прикреплений после экзогенной доставки [156].

На данном этапе целесообразно продолжать пассивные упражнения для увеличения объема движений в оперированном суставе, а также внедрять упражнения с активной поддержкой в облегченных условиях, что может способствовать улучшению нервно-мышечного контроля, а также минимизации боли и воспаления. На втором этапе для увеличения объема движений активно применяются упражнения с использованием трости, различных блоков, а также различных аппаратов для СРМ терапии. Примером таких упражнений могут стать упражнения на увеличения объема движений в функциональных движениях вращение наружу и внутрь лежа на спине при помощи гимнастической трости и неоперированной конечности, упражнения с использованием фитбола.

Через 5-7 недель после операции к упражнениям можно добавлять упражнения с открытой кинематической цепью. Данные упражнения помогают восстановить мышечную силу и улучшить проприоцепцию. Упражнения

выполняются лежа на спине, прооперированная конечность находится в сгибании в плечевом суставе под углом 90°. Пациента просят рисовать круги или алфавит в воздухе, с минимальной амплитудой движения в плечевом суставе.

Также на данном этапе целесообразно включение гидрокинезотерапии, так как данный вид тренировок считается активным, но проводится в облегченных гравитационных условиях, исследования показали, что при занятиях в водной среде активность вращательной манжеты ниже, чем при занятиях на суше [147].

Следующим этапом, который начинается с 10-12 недель после оперативного вмешательства можно считать этап «укрепления». На данном этапе завершается фаза гистологического ремоделирования, что позволяет нам переходить к упражнениям на укрепление мышц вращательной манжеты плеча [84]. Основными целями данного этапа являются: полный объем движений без болевых ощущений в области оперированного сустава, оптимизация нервно-мышечного контроля и повышение выносливости. Однако стоит отметить, что при наличии контрактуры плечевого сустава упражнения, применяемые на данном этапе могут вызывать боль и чрезмерную нагрузку в месте оперативного вмешательства. Упражнения на данном этапе могут включать в себя различные комбинации внутренней и наружной ротации, сгибания и разгибания, а также упражнения с использованием дополнительных средств, таких как фитболл, медицинский набивной мяч.

Четвертый этап, так называемый «фаза расширенного укрепления» мышц ротаторной манжеты плеча. Ориентировочное начало данного этапа 16-22 неделя после операции. На данном этапе фаза ремоделирования должна быть завершена и появляется возможность переходить к более высоким нагрузкам. На данном этапе стоит уделить внимание более сложным упражнениям, направленным на нормализацию плече-лопаточного ритма, а также комплексному увеличению силы верхней конечности. Упражнениями выборы

здесь могут стать: упражнения с эластичным сопротивлением во внешней и внутренней ротации, отведение и приведение с различной степенью отягощений, более сложные упражнения – отжимания от стены, с постепенным переходом к спинке стула, а также различные плиометрические упражнения: бросание и ловля мяча с утяжелением, начиная с уровня плеч и постепенно переходя к упражнениям над головой.

Несмотря на то, что на данный момент существует большое количество рекомендаций и «стандартных протоколов» реабилитации после повреждений ротаторной манжеты плеча, необходимо в каждом конкретном случае подходить к составлению программы реабилитации строго индивидуально, объективно оценивая функциональные возможности каждого пациента, а также ориентироваться и на патофизиологические основы восстановления поврежденной структуры.

1.4 Технологии виртуальной реальности в реабилитации пациентов с повреждениями плечевого сустава

В последнее десятилетие технологии виртуальной реальности вызывают неподдельный интерес специалистов в области физической и реабилитационной медицины.

Реабилитация после ортопедических нарушений имеет первостепенное значение для восстановления утраченной функции. Успешная программа реабилитации требует включения в себя не только традиционных методов восстановления, таких как лечебная гимнастика, физиотерапия, но и ряда высокотехнологичных методов медицинской помощи, в число которых включена виртуальная реальность.

Преимущества технологий VR были продемонстрированы в различных областях медицины. Большинство авторов полагают, что положительное действие виртуальной реальности связано с полимодальным принципом воздействия, основанным на принципах биологически обратной связи.

Так, например, Ahmadpour в своем аналитическом обзоре, посвященном оценке действия виртуальной реальности в качестве анализирующего объекта, отмечает, что технологии виртуальной реальности являются эффективным дополнением или альтернативным методом терапии боли как у детей, так и у взрослых. Vr – аналгезия может воздействовать на различных уровнях, чтобы просто облегчить боль, или смещать фокус и отвлекать внимание от болевого агента. К сожалению, авторам не удалось провести четкой взаимосвязи между воздействием виртуальной реальности на острую и хроническую боль [64].

Matamala Gomes с коллегами, приводят большой объем данных, касательно терапии фантомной боли у пациентов с ампутациями конечностей, а также отмечают положительное влияние виртуальной реальности в терапии фантомных болей. Авторы предлагают новое направление – цифровая терапия боли, однако единогласно сходятся в том, что в этой области необходимо продолжать дальнейшие исследования [171].

Jones и Mooge, рассматривают виртуальную реальность как, неопиоидный метод лечения хронической боли. В ходе исследования 30 участникам задавали ряд вопросов, о степени погружения в виртуальную среду, о реалистичности объектов в vr-среде, также оценивали уровень боли до и сразу после сеанса виртуальной реальности. Результаты исследования показали, что большинство респондентов отметили снижение боли после короткого сеанса виртуальной реальности, также пациенты отмечали крайне малое количество негативных эффектов, связанных с виртуальной реальностью [142].

Исследования в области виртуальной реальности с применением носимых датчиков для оценки объема движений в суставах в данный момент являются достаточно редкими, однако Jianjun Cui с коллегами предложили модель оценки движений отведения, приведения, внутренней ротации и наружной ротации для пациентов с “замороженным” плечом. В ходе исследования всем

пациентам исследовали объем движений в плечевом суставе с использованием предлагаемого метода и медицинского гониометра.

В результате исследования была обнаружена высокая корреляционная связь параметров между контрольной и основной группой, что в свою очередь позволяет утверждать, что технологии виртуальной реальности возможно использовать в совокупности с носимыми датчиками для оценки объема движений в плечевом суставе [92].

В своем исследовании Çubukçu B., проводил анализ достоверности возможности использования датчика Microsoft Kinect в качестве метода для оценки объема движений в плечевом суставе, сравнивая его с классическим аналоговым медицинским гониометром и цифровым. Исследование проводилось у 40 здоровых добровольцев в возрасте 19-33 года. Всем испытуемым провели исследование объема движений с использованием вышеописанных инструментов [90]. В результате применения датчика Microsoft Kinect были получены достоверные результаты для использования его, в качестве альтернативы аналоговому и цифровому гониометру [90].

Nihan O. P. проводил сравнение упражнений лечебной гимнастики, выполняемых в домашних условиях с методом реабилитации с использованием виртуальной реальности при импиджмент синдроме плечевого сустава. В результате проведенного исследования было обнаружено, что методика с применением технологии виртуальной реальности показала более лучшие результаты, нежели традиционный метод [198].

Padilla-Castaneda с коллегами предложили к использованию в реабилитационной практике роботизированной системы, совмещенной с технологией виртуальной реальности, основанной на так называемой “цифровой лечебной физкультуре”. Их предложение заключается в усовершенствовании механизма восприятия тактильной связи конечного эффектора, позволяющего пациентам выполнять упражнения в виртуальной реальности с использованием геймифицированных методик [196].

Роботизированный комплекс BRANDO представляет из себя интеграцию четырехосного роботизированного манипулятора с 6 степенями свободы, а также специально разработанным VR-программным обеспечением с игровыми механиками. Как утверждают авторы, данный робот является единственной системой с таким набором функционала [196].

Применение технологий виртуальной реальности в клинической практике позволяет сократить время и стоимость реабилитации пациентов, а также могут увеличивать количество пациентов, проходящий реабилитацию одновременно. [101]. Одним из положительных аспектов использования систем виртуальной реальности является непосредственное и постоянное взаимодействие пациента с лечащим врачом в удаленном формате, что повышает приверженность к лечению [160]. Исследования в данной области показали, что телереабилитационные технологии могут способствовать увеличению мотивации пациента к занятиям.

Однако, несмотря на видимы преимущества применения технологий виртуальной реальности в реабилитационном процессе, многие из процессов все еще требуют всестороннего анализа и доработок, по сравнению с традиционными методами реабилитации.

Несмотря на то, что во многих исследованиях технологии виртуальной реальности предоставляются исключительно положительным опытом, для восстановления функции плечевого сустава они применяются относительно редко.

ГЛАВА II. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Материал исследования

Исследование проводилось на базе Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Минздрава России с соблюдением правил Хельсинской декларации Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных и медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава РФ от 19.06.2003г. № 266.

Всеми пациентами было подписано индивидуальное добровольное согласие на исследование после проведения врачом разъяснительной беседы о целях, методах и ожидаемых результатах лечения.

В рамках исследования было обследовано 119 пациентов, в возрасте от 18 до 66 лет, возраст которых составил 48,00 [35,00;54,00] лет, из них 59 пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча и 60 практически здоровых добровольцев, не имеющих в анамнезе травм и заболеваний плечевого сустава, значения которых принимались за возрастную норму.

Все пациенты с повреждением ротаторной манжеты плеча методом рандомизации были разделены на две группы.

В контрольную группу было включено 30 человек, 16 мужчин и 14 женщин, получавших стандартную методику медицинской реабилитации.

В основной группе, состоявшей из 29 пациентов, 13 мужчин и 16 женщин, на фоне стандартного комплекса медицинской реабилитации проводили занятия с применением технологий виртуальной реальности.

Все пациенты заполнили опросники DASH, а также прошли клиническое обследование травматолога, невролога и врача по лечебной физкультуре, а также биомеханическое исследование плечевого сустава.

Критериями включения в исследование являлись: возраст от 18 до 66 лет вне зависимости от пола, установленный диагноз повреждение вращательной манжеты плеча, импиджмент синдром плечевого сустава не ранее чем 2 месяца после оперативного вмешательства, наличие добровольно подписанного информированного согласия.

Критериями не включения в исследование являлись: - возраст моложе 18 лет и старше 66 лет, острые инфекционные и воспалительные заболевания с высокой температурой тела и общей интоксикацией, острый период заболевания и его прогрессирующее течение, злокачественные новообразования до их радикального лечения, злокачественные новообразования с метастазами, выраженные психические заболевания, наличие инородного тела вблизи крупных сосудов и нервных стволов, острые нарушения коронарного и мозгового кровообращения, острые тромбозы и эмболии, нарастание сердечно-сосудистой недостаточности с декомпенсацией кровообращения и дыхания, кровотечения, общее тяжелое состояние больного, значительно выраженный болевой синдром по ВАШ (9-10 баллов), атриовентрикулярная блокада, обострение хронических заболеваний, появление признаков, свидетельствующих о прогрессировании заболевания и ухудшении состояния больного, нарушение ритма сердечных сокращений: синусовая тахикардия (свыше 100 уд./мин.), брадикардия (менее 50 уд./мин.), приступ пароксизмальной или мерцательной аритмии, экстрасистолы с частотой более чем 1:10, выраженный остеопороз, беременность и планирование беременности в ближайшие 2 месяца, отказ пациента подписать информированное согласие на участие в исследовании, участие пациента параллельно в других клинических исследованиях.

Критериями исключения из исследования являлись: не соблюдение пациентом протокола исследования, наличие нежелательных явлений в ходе исследования.

2.2 Методы исследования

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

При выполнении исследования проводили опрос с выяснением жалоб и анамнестических данных пациента, анкетирование пациента по опросникам DASH, клиническое и инструментальное обследование, биомеханическое исследование плечевого сустава. После курса реабилитации и через 6 месяцев проводилось повторное обследование пациентов и оценка результатов.

При сборе жалоб существенное внимание уделяли специфическому болевому синдрому в области плечевого сустава. Учитывая жалобы на болевой синдром в области плечевого сустава, все пациенты проходили клинических осмотр у невролога. Обследование позволило исключить вертеброгенную патологию и подтвердить наличие неспецифического болевого синдрома в области плечевого сустава.

Для оценки степени выраженности болевого синдрома в плечевом суставе использовалась визуальная аналоговая шкала (ВАШ).

Оценка функционального состояния верхней конечности проводилась с использованием опросника «Исходов и неспособностей руки и кисти» (DASH).

Опросник представляет из себя анкету из 30 пунктов, которые описывают способность пациента выполнять определенные действия верхней конечностью. Оценка каждого из пунктов проводится по 5 бальной шкале Лайкерта [74].

Подсчет баллов осуществляется по шкале от 0 (нет нарушения функции) до 100 баллов (максимальное нарушение функции), чем выше балл, тем выше степень нарушения функции [121,123].

Регистрация объема (сгибание, разгибание, отведение, приведение, наружная и внутренняя ротация) движений проходила с использованием медицинского гониометра. Специфические тесты вращательной манжеты плечевого сустава: симптом импиджмента Neer, симптом Hawkins-Kennedy, тест надостной мышцы Jobe, тест подостной мышцы, тест «Hornblower sign», тест отрыва Gerber (“Lift-off”). Методика проведения тестов представлена в приложении №3.

МРТ плечевого сустава было выполнялось на высокопольном томографе закрытого типа TOSHIBA VANTAGE ATLAS (Toshiba Medical Corporation, Япония), мощностью 1,5 Тл, в положении пациента лежа на спине.

Изокинетическое тестирование проводилось с использованием универсального динамометра CON-TREX MJ (Physiomed) в соответствии с рекомендациями Швейцарского общества физиотерапии. Для проведения изокинетического тестирования были выбраны следующие тесты: вращение внутрь/наружу, отведение/приведение, сгибание/разгибание. Изокинетические тесты вращение внутрь и вращение наружу были выбраны для оценки непосредственно функции вращательной манжеты плеча, тесты отведение/приведение, сгибание/разгибание для более точной оценки функции верхней конечности в целом. Подробное описание методики проведения тестирования представлено в приложении №1.

Все исследования проводились до, после и через 6 месяцев после прохождения курса медицинской реабилитации.

2.3 Стандартная методика реабилитации

Стандартная методика реабилитации пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча включала в себя:

Комплекс лечебной физкультуры, состоявший из упражнений, направленных на увеличение активного и пассивного объема движений, снижения уровня боли и минимизации отека. Упражнения, выполнялись в

различных типах мышечной работы, темпе и числе повторений, направленные на улучшение функционального состояния плечевого сустава, увеличения объема движений, развитие координационных способностей, увеличение силы и выносливости мышц ротаторной манжеты плеча, а также мышц, окружающих плечевой сустав. Длительность 30 минут, курс 10 процедур (методические рекомендации представлены в приложении №2);

Медицинский массаж верхней конечности и области плечевого сустава проводился в седативных и тонизирующих методиках, с использованием всех основных и вспомогательных приемов (поглаживание, растирание, разминание и вибрация) для улучшения кровообращения, снятия отека и минимизации боли. Акцент производился на мышцы ротаторной манжеты плеча. Длительность 20 минут на курс 10 процедур;

Магнитотерапия выполнялась на область плечевого сустава, дозировкой 35-50 мЛТл, длительностью 15 минут, на аппарате «MAG-Expert» (PHYSIOMED, Германия), курс 10 процедур;

Лазерная терапия производилась на область плечевого сустава, дозировкой 4-6 Вт в импульсе, длительностью 20 минут, на аппарате «Азор2к» (МТЦ ООО «АЗОР», Россия), курс 10 процедур.

Всем пациентам после прохождения курса реабилитации были даны рекомендации для продолжения лечения на амбулаторном этапе.

2.4 Методика применения технологий виртуальной реальности с биологической обратной связью

Перед началом процедуры пациенту объясняли механику занятий в виртуальной среде, его цели и задачи. На голову пациента надевали шлем виртуальной реальности. После этого происходила настройка шлема под индивидуальные физиологические особенности пациента, фокусное расстояние, межзрачковое расстояние, размер шлема.

В руках у пациента находились джойстики для взаимодействия с виртуальной средой. Виртуальная среда представляла из себя нейтральное окружение, в котором пациенту было комфортно находиться (рис. 1).

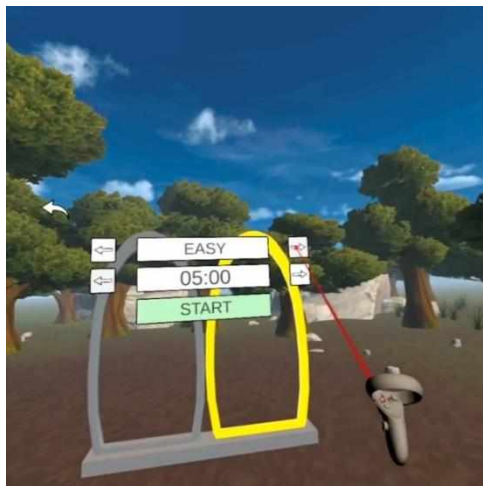


Рисунок 1. Выбор уровня сложности и пример виртуального окружения.

Задачей пациента в виртуальной реальности являлось провести специальное кольцо по трубе (с минимальным количеством ошибок), которая изменяла свою форму в произвольном порядке в зависимости от выбранного уровня сложности, которое полностью повторяло движения джойстика в виртуальной среде (рис. 2).



Рисунок 2. Тренировка для левой и правой руки в виртуальной реальности.

При касании кольца и трубы раздавался сигнал и вибрация на джойстике, что подразумевало под собой ошибку. Время выполнения одной сессии

ограничивалось 5 минутами. После выполнения задания и небольшого перерыва равного примерно 1 минуте, сессия повторялась. Длительность 30 минут, курс 10 процедур.

2.5 Методы статистической обработки данных

Статистический анализ проводился с использованием программы StatTech v. 2.8.5 (разработчик - ООО "Статтех", Россия).

Количественные показатели оценивались на предмет соответствия нормальному распределению с помощью критерия Шапиро-Уилка (при числе исследуемых менее 50) или критерия Колмогорова-Смирнова (при числе исследуемых более 50).

В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывались с помощью медианы (Me) и нижнего и верхнего квартилей (Q1 – Q3). Категориальные данные описывались с указанием абсолютных значений и процентных долей. Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполнялось с помощью U-критерия Манна-Уитни.

Сравнение процентных долей при анализе четырехпольных таблиц сопряженности выполнялось с помощью критерия хи-квадрат Пирсона (при значениях ожидаемого явления более 10), точного критерия Фишера (при значениях ожидаемого явления менее 10)

При сравнении трех и более зависимых совокупностей, распределение которых отличалось от нормального, использовался непараметрический критерий Фридмана с апостериорными сравнениями с помощью критерия Коновера-Имана с поправкой Холма.

Сравнение бинарных показателей, характеризующих более двух связанных совокупностей, выполнялось с помощью Q-критерия Кохрена. Апостериорный анализ проводился с помощью теста МакНемара с поправкой Холма.

ГЛАВА III. РЕЗУЛЬТАТЫ СОБСТВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Исходная характеристика исследуемых групп

В ходе исследования были обследованы 119 пациентов, 63 (52,9%) мужчины и 56 (47,1%) женщин, возраст 48,00 [35,00;54,50] лет, рост 1,74 [1,63;1,79] м, вес 79,00 [70,00;85,50] кг, из них 59 пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча, которые были разделены на две группы: контрольную и основную, а также 60 практически здоровых добровольцев, не имеющих в анамнезе травм и заболеваний плечевого сустава, которые составили группу пациентов, чьи результаты принимались за возрастную норму.

Таблица 1. Исходная характеристика исследуемых групп, Me [Q₁;Q₃].

Показатель	Контрольная группа	Основная группа	Здоровые добровольцы
Количество человек	30	29	60
Возраст (лет)	47,00 [27,00;54,00]	48 [39,50;56,50]	48 [36,50;55,50]
Пол, (муж/жен), чел.	16/14	13/16	34/26
Пол, (муж/жен), %	53,3/46,7	44,8/55,2	56,7/43,3
Рост (м)	1,71 [1,63;1,78]	1,72 [1,62;1,78]	1,74 [1,64;1,82]
Вес (кг)	77,50 [70,50;88,25]	81,00 [70,00;86,00]	77,50 [69,75;85,00]

В контрольную группу было включено 30 пациентов, среди которых было 16 мужчин и 14 женщин, возраст составил 47,00 [27,00;54,00] лет, рост и вес составили 1,71 [1,63;1,78] м и 77,50 [70,50;88,25] кг соответственно.

Основную группу составили 29 человек, 13 мужчин и 16 женщин, возраст которых составил 48 [39,50;56,50] лет, рост 1,72 [1,62;1,78] м, вес 81,00 [70,00;86,00] кг.

Группу здоровых добровольцев составили 60 практически здоровых человек, 34 мужчины и 26 женщин, возраст 48 [36,50;55,50], рост 1,74 [1,64;1,82] м, вес 77,50 [69,75;85,00] кг.

Для подтверждения диагноза, его уточнения или дифференцировки были проведены специальные тесты ротаторной манжеты плеча.

При проведении «Neer test» 94,9% пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча отметили болевой синдром в области плечевого сустава при пассивном сгибании во внутренней ротации, что является «положительным» результатом теста, в свою очередь здоровые добровольцы не отмечали болевого синдрома при выполнении данного движения (табл. 2, рис. 3).

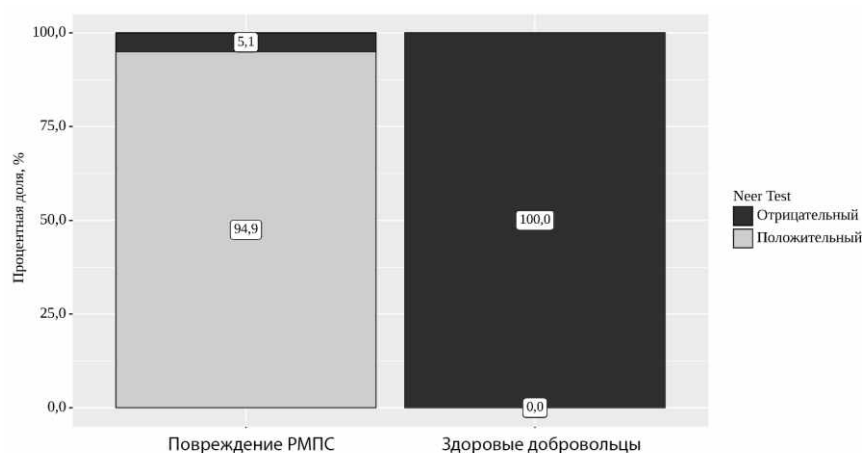


Рисунок 3. Исходные результаты «Neer test».

Тест «Hawkins/Kennedy» показал 94,9% «положительных» результатов у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча, пациенты отмечали болевые ощущения при внутреннем вращении верхней конечности при

согнутом плече и локте в 90 град, здоровые добровольцы при выполнении данного теста жалоб не предъявляли (табл. 2, рис. 4).

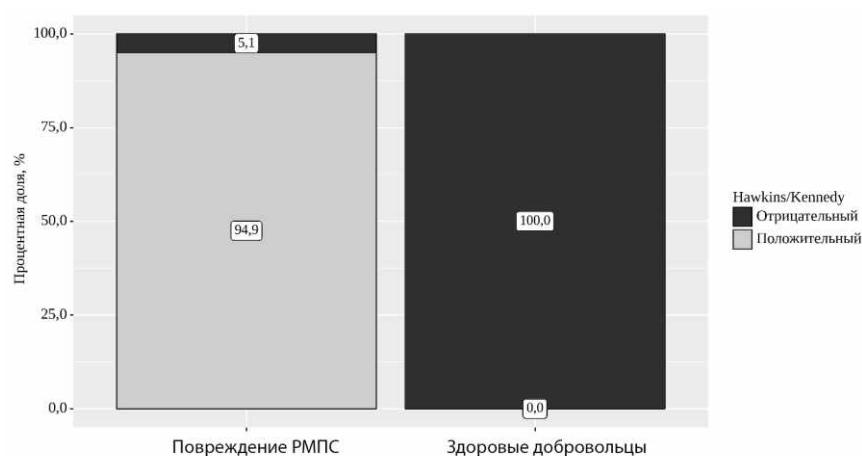


Рисунок 4. Исходные результаты «Hawkins/Kennedy test».

При выполнении диагностического теста «Drop Arm Test» 91,5% пациентов не смогли удержать или отмечали слабость при опускании руки во время эксцентрической фазы отведения из положения отведения 90 град. и полной наружной ротации, что принималось за «положительный» результат, в тоже время здоровые добровольцы свободно удерживали верхнюю конечность в данном положении (табл.2, рис. 5).

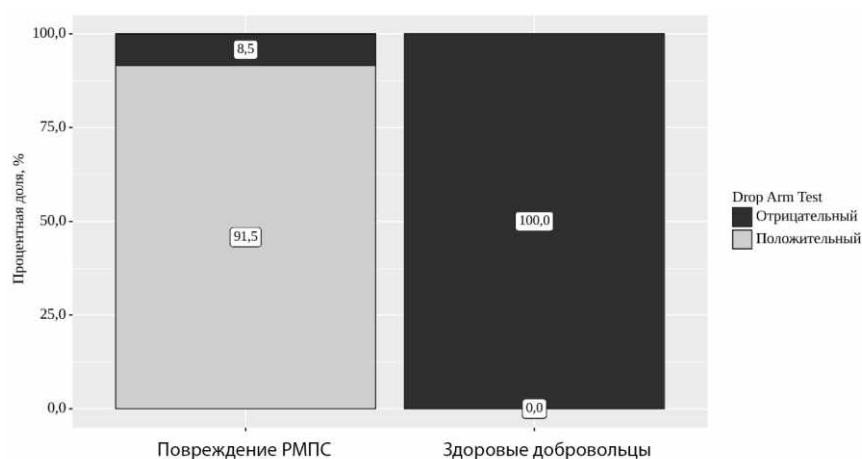


Рисунок 5. Исходные результаты «Drop Arm Test».

В положении стоя, при отведении руки в лопаточной плоскости на 90 град. с полной внутренней ротацией и пронацией предплечья, как если бы пациент выливал воду из банки, приложение силы вниз вызывало болевые ощущения у 84,7% пациентов, что говорит о «положительном» результате теста, у здоровых добровольцев, в свою очередь, болевых ощущений не отмечалось и тест считался «отрицательным» (табл. 2, рис. 6).

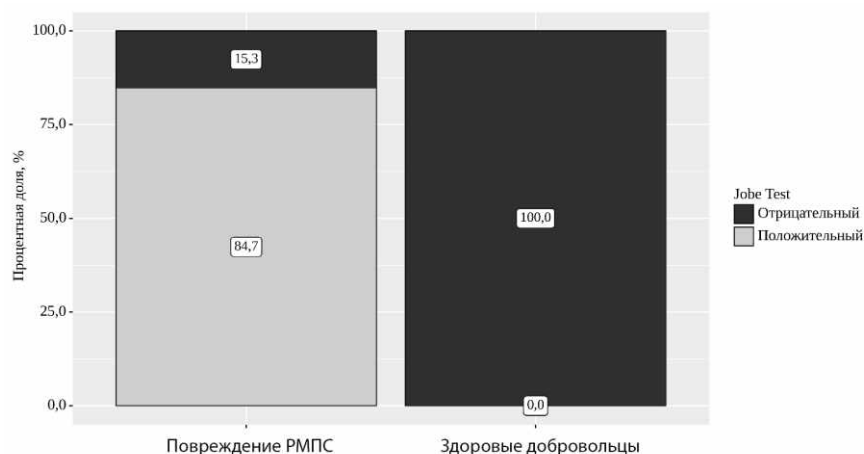


Рисунок 6. Исходные результаты «Jobe test».

Во время проведения «Теста подостной мышцы» 89,8% респондентов отметили слабость и болевые ощущения при наружном вращении согнутой и приведенной к туловищу верхней конечности, у здоровых добровольцев болевых ощущений при выполнении данного теста не отмечалось (рис. 7).

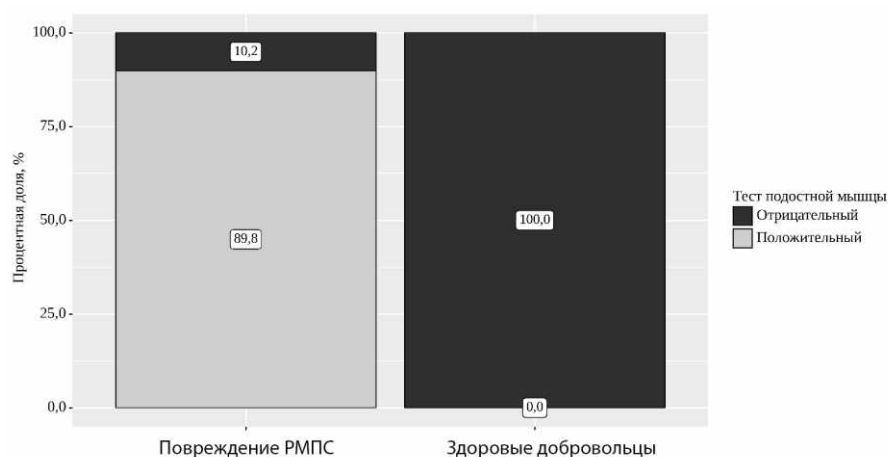


Рисунок 7. Исходные результаты «Тест подостной мышцы».

При проведении теста «Lift off» 81,4 % пациентов не могли отвести руку из положения заведения за спину в плоскости лопатки или выполняли это движение со сниженной силой, что являлось «положительным» результатом теста, в свою очередь здоровые добровольцы свободно выполняли это движение (табл. 2, рис. 8).

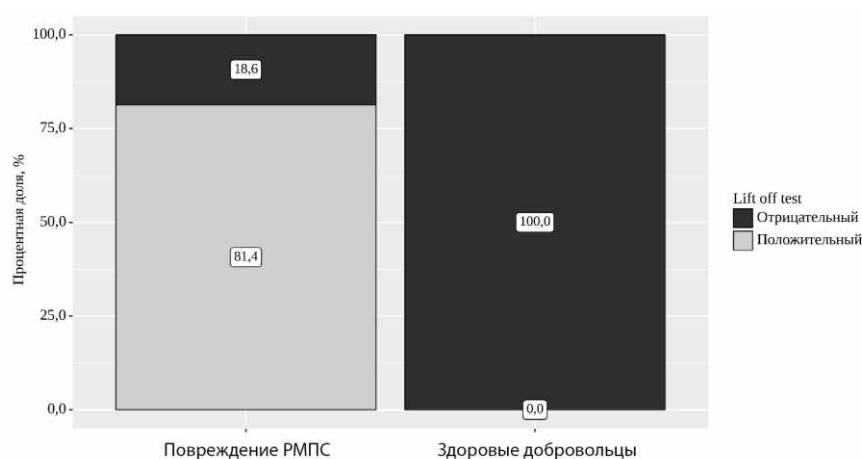


Рисунок 8. Исходные результаты «Lift off test».

При отведении верхней конечности в плоскости лопатки под углом 90 град. и согнутой в локтевом суставе на 90 град. пациента просили выполнить наружное вращение через сопротивление специалиста, проводящего тест, 13,6% пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча отмечали слабость или не могли выполнить это движение (табл. 2, рис. 9).

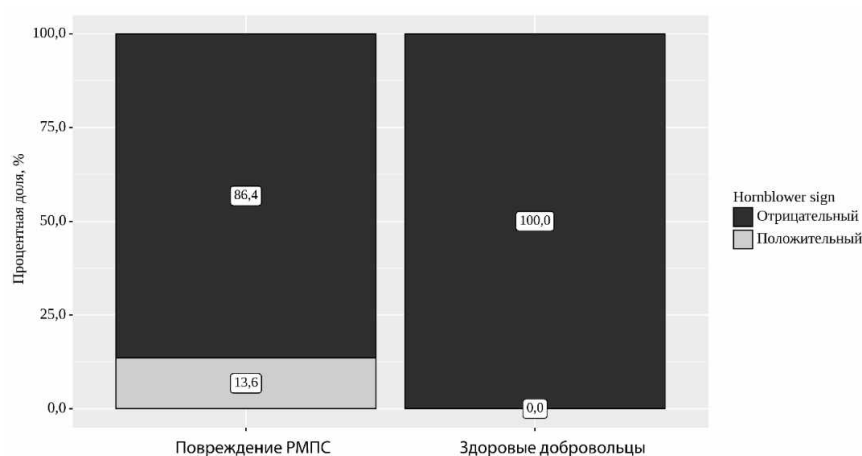


Рисунок 9. Исходные результаты «Hornblower sign».

В то же время здоровые добровольцы выполняли данный тест без каких-либо ограничений (табл.2).

Таблица 2. Исходные результаты ортопедических тестов.

Название теста	Результат	Повреждение РМПС	Здоровые добровольцы
Neer Test	Отрицательный	3 (5,1)	60 (100,0)*
	Положительный	56 (94,9)	0 (0,0)*
Hawkins/Kennedy	Отрицательный	3 (5,1)	60 (100,0)*
	Положительный	56 (94,9)	0 (0,0)*
Drop Arm Test	Отрицательный	5 (8,5)	60 (100,0)*
	Положительный	54 (91,5)	0 (0,0)*
Jobe Test	Отрицательный	9 (15,3)	60 (100,0)*
	Положительный	50 (84,7)	0 (0,0)*
Тест подостной мышцы	Отрицательный	6 (10,2)	60 (100,0)*
	Положительный	53 (89,8)	0 (0,0)*
Lift off test До	Отрицательный	11 (18,6)	60 (100,0)
	Положительный	48 (81,4)	0 (0,0)
Hornblower sign До	Отрицательный	51 (86,4)	60 (100,0)
	Положительный	8 (13,6)	0 (0,0)

Примечание: * - различия показателей статистически значимы ($p < 0,001$) (используемый метод: Хи-квадрат Пирсона).

В начале исследования все пациенты с повреждением вращательной манжеты плеча предъявляли жалобы на болевой синдром в области плечевого сустава.

Исходные значения субъективной выраженности болевого синдрома в плечевом суставе у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча составили 6,00 [5,00;7,00] баллов по ВАШ, в свою очередь у здоровых добровольцев болевой синдром в плечевом суставе определялся на уровне 0 [0;1,00] баллов ($p < 0,001$) (рис. 10).

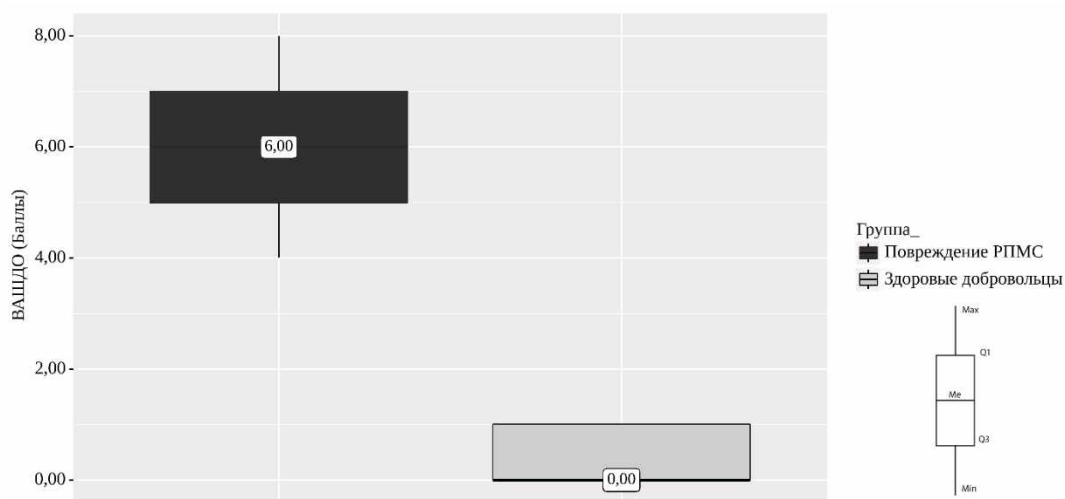


Рисунок 10. Исходные значения болевого синдрома по ВАШ.

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. 3).

Таблица 3. Распределение уровня болевого синдрома по ВАШ у пациентов с повреждением вращательной манжеты плеча (Abs/%).

Уровень выраженности болевого синдрома				
4 балла	5 баллов	6 баллов	7 баллов	8 баллов
11	15	9	15	9
(18,6%)	(25,4%)	(15,3%)	(25,4%)	(15,3%)

У 45% пациентов болевой синдром носил постоянный хронический характер, у 36% обследованных болевой синдром преимущественно возникал при выполнении движений в плечевом суставе. У 18% пациентов болевой синдром не купировался медикаментозно.

Значения уровня функционирования плечевого сустава согласно опроснику DASH составили 63,33 [55,92;66,67] баллов до начала лечения (рис. 10), что достоверно значимо превышало показатели здоровых добровольцев 3,30 [1,45;5,00] баллов ($p < 0,001$) (рис. 11).

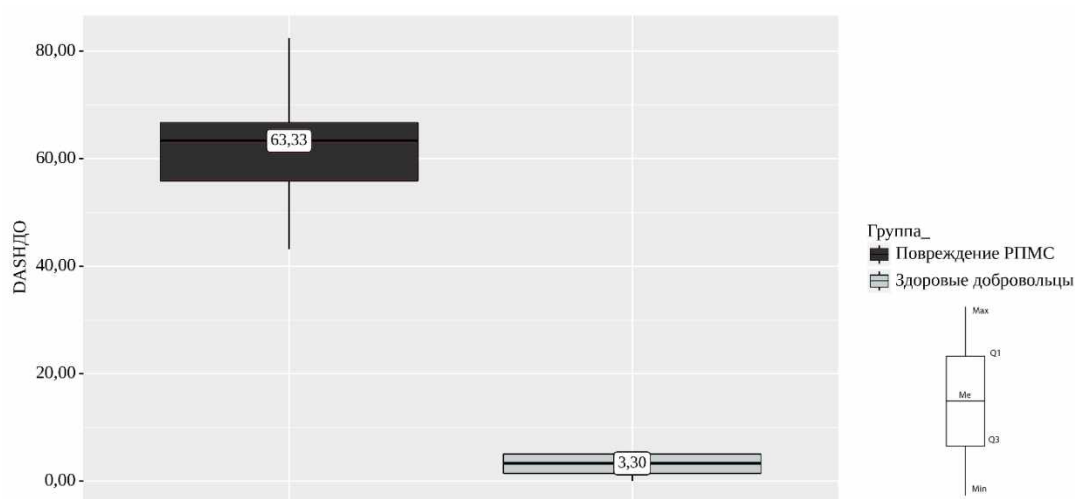


Рисунок 11. Исходные значения уровня функционирования верхней конечности по результатам опросника DASH.

Более углубленный анализ опросника DASH показал, что пациенты с повреждением ротаторной манжеты плеча наиболее часто испытывают проблемы с действиями и активностями, где необходимо приложение значительной мышечной силы верхней конечности.

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. В тоже время действия, при которых необходимо использовать силовые возможности верхней конечности вызвали затруднение у 70,7% опрошенных, 16% опрошенных отмечали, что действия, требующие приложения силы выполнить невозможно. Действия, связанные со свободным перемещением верхней конечности, например активные игры или игра в теннис 46,6% пациентов охарактеризовали невозможностью их выполнения. 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).

Таблица 4. Результаты ответов опросника DASH пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плеча о силовых возможностях верхней конечности.

Вопрос опросника DASH	Нетрудно	Немного трудно	Умеренно трудно	Очень трудно	Невозможно
Открыть плотно-закрытую банку с резьбовой крышкой	-	1 (1,7%)	6 (10,3%)	24 (41,4%)	27 (46,6%)
Толкая открыть тяжелую дверь	-	-	20 (34,5%)	20 (34,5%)	11 (19,0%)
Разместить предмет на полку выше головы	-	-	12 (20,7%)	34 (58,6%)	12 (20,7%)
Делать тяжелые домашние дела	-	1 (1,7%)	12 (20,7%)	30 (51,7%)	15 (25,9%)
Ухаживать за садом	-	-	24 (41,4%)	24 (41,4%)	10 (17,2%)
Нести хозяйственную сумку	-	-	17 (29,3%)	39 (67,2%)	2 (3,4%)
Нести тяжелый предмет	-	-	3 (5,2%)	27 (46,6%)	28 (48,3%)
Действия требующие некоторую силу или воздействие через вашу руку	-	-	1 (1,7%)	41 (70,7%)	16 (27,6%)
Действия при которых рука перемещается свободно	-	-	1 (1,7%)	30 (51,7%)	27 (46,6%)

До начала лечения все пациенты с повреждением вращательной манжеты плеча предъявляли жалобы на снижение объема движений в плечевом суставе.

Исходный объем движений во внутренней и наружной ротации у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча составил 27,00 [19,00;33,00] град. и 32,00 [20,00;40,50] град. соответственно, когда как у здоровых добровольцев объем движений был отмечен на уровне 78,00

[75,75;80,00] град. и 88,00 [85,75;90,00] соответственно ($p < 0,001$) (табл. 5, рис. 12, 13).

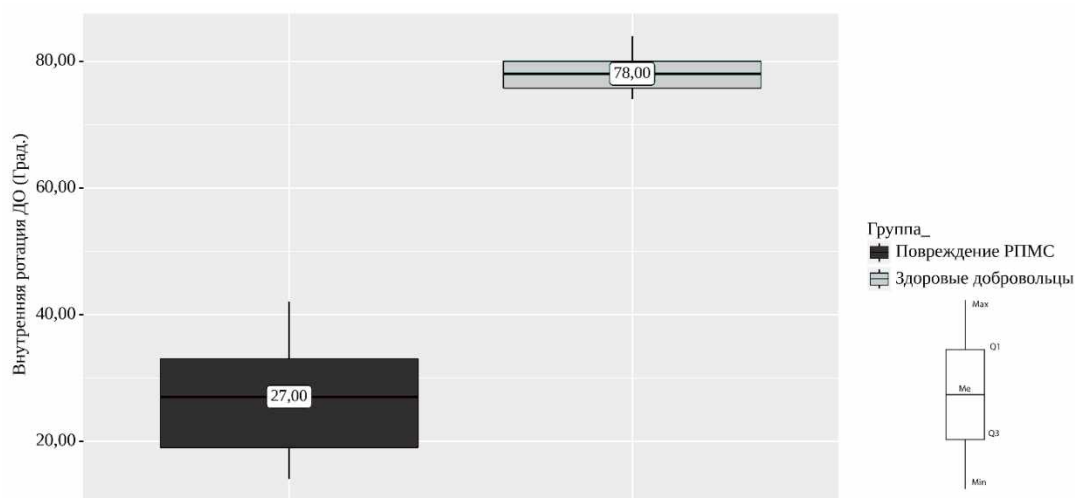


Рисунок 12. Исходный объем движений во внутренней ротации в плечевом суставе.

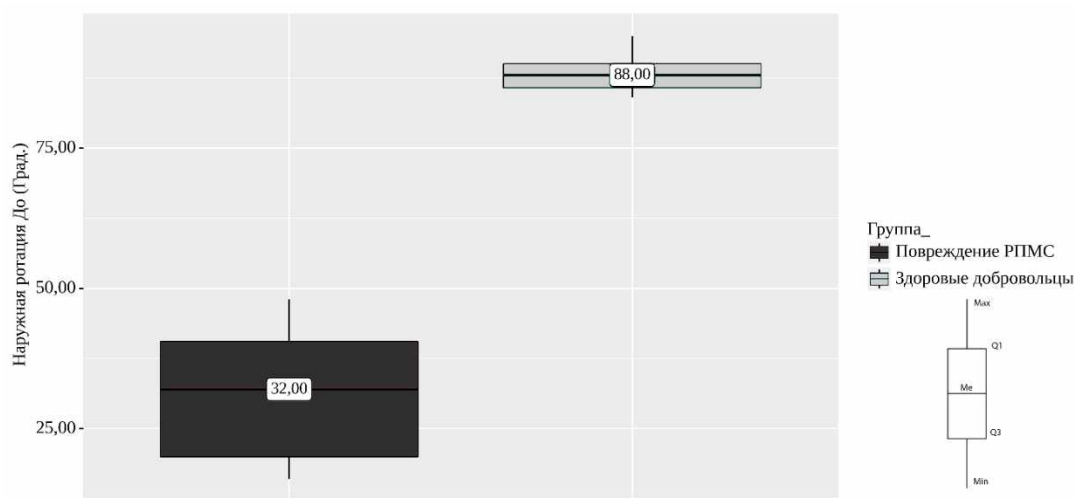


Рисунок 13. Исходный объем движений в наружной ротации в плечевом суставе.

До начала курса реабилитации объем движений в сгибании у пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плеча был равен 84,00 [77,50;99,50] град., в тоже время у здоровых добровольцев объем движений составил 176,00 [174,00;178,00] град ($p < 0,001$) (табл. 5, рис. 14).

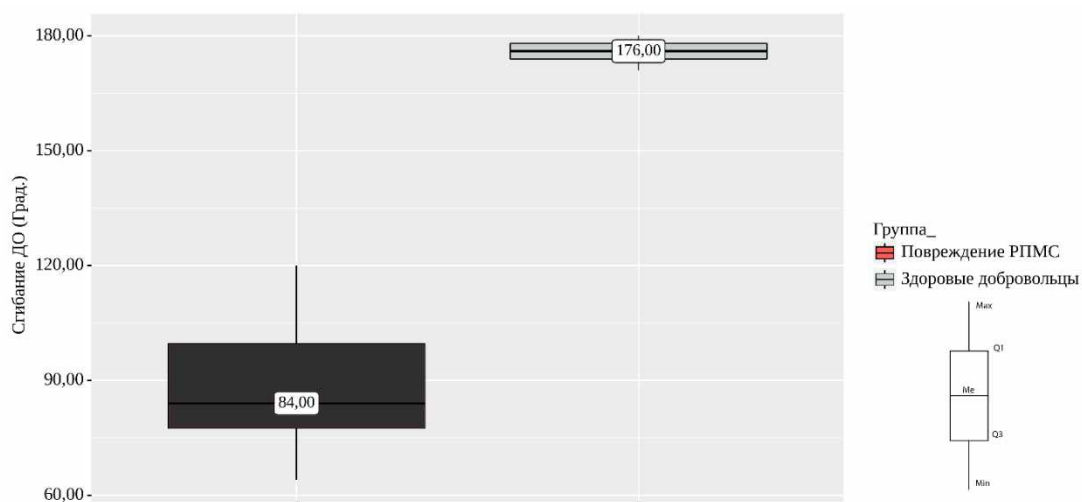


Рисунок 14. Исходный объем движений в сгибании в плечевом суставе.

Изначальный объем движений в отведении у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча составил 70,00 [61,00;77,00] град. и достоверно отличался от объема движений здоровых добровольцев, который отмечался на уровне 175,00 [172,00;177,00] град ($p < 0,001$) (табл. 5, рис. 15).

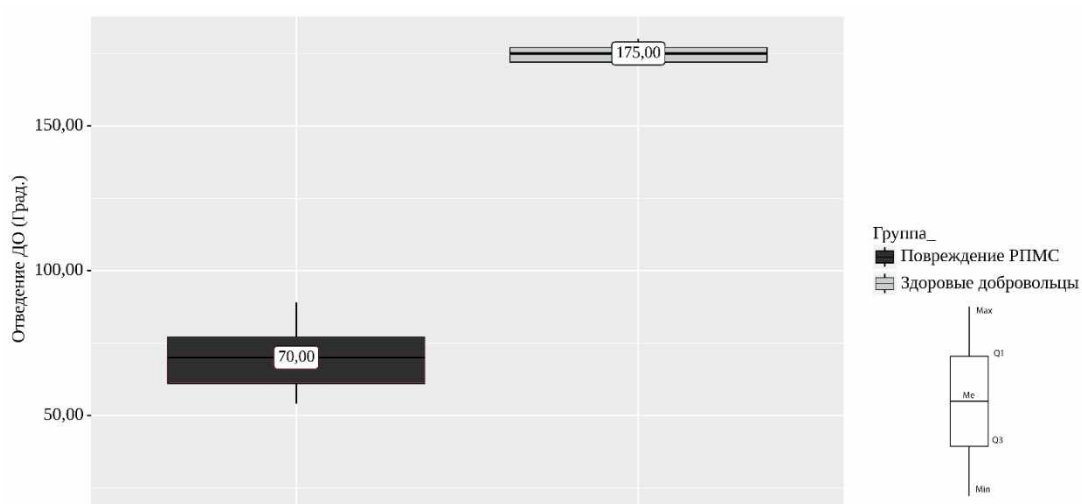


Рисунок 15. Исходный объем движений в отведении в плечевом суставе

Дефицит объема движений во внутренней и наружной ротации у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча составил 65,38% и 63,63% соответственно. В сгибании объем движений в плечевом суставе был снижен на 52,27%, а в отведении на 60,00% град.

Существенное снижение объема движений в плечевом суставе было обусловлено непосредственно травматическим фактором, отеком околосуставных тканей, высоким уровнем боли, а также снижением силы мышц, окружающих плечевой сустав.

Таблица 5. Исходный объем движений в плечевом суставе, Me [Q₁;Q₃].

Показатель	Пациенты с повреждением РМПС	Здоровые добровольцы
Внутренняя ротация (град.)	27,00 [19,00;33,00]	78,00 [75,75;80,00]*
Наружная ротация (град.)	32,00 [20,00;40,50]	88,00 [85,75;90,00]*
Сгибание (град.)	84,00 [77,50;99,50]	176,00 [174,00;178,00]*
Отведение (град.)	70,00 [61,00;77,00]	175,00 [172,00;177,00]*

Примечание: * - различия показателей статистически значимы ($p < 0,001$), используемый метод: U-критерий Манна-Уитни.

Исходные значения функции координации верхней конечности у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча составили 98 [87;104] баллов, в свою очередь у здоровых добровольцев данный показатель составил 55 [52;59] балла (рис. 16).

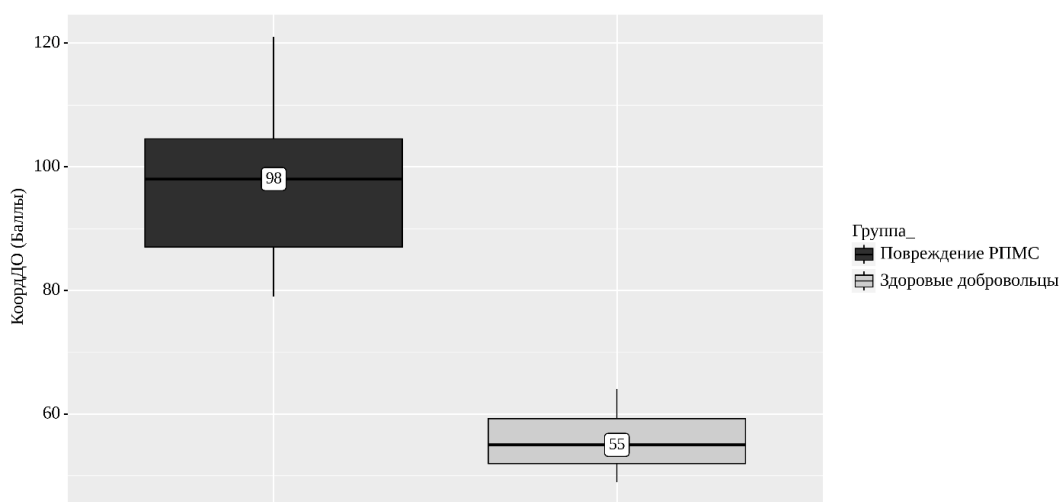


Рисунок 16. Исходные показатели функции координации верхней конечности.

Снижение функции координации верхней конечности у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча составило 43,87% по сравнению со здоровыми добровольцами (табл. 6).

Таблица 6. Исходные показатели координации верхней конечности, Me [Q₁;Q₃].

Показатель	Пациенты с повреждением РМПС	Здоровые добровольцы
Функция координации (баллы)	98 [87;104]	55 [52;59]*

Примечание: * - различия показателей статистически значимы ($p < 0,001$), используемый метод: U-критерий Манна-Уитни.

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).

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).

Таблица 7. Исходные показатели изокинетической динамометрии в тесте «Вращение внутрь», Me [Q₁;Q₃].

Показатель	Пациенты с повреждением РМПС (n=59)	Здоровые добровольцы (n=60)
Максимальный крутящий момент (Н*м)	12,00 [8,54;17,94]	21,00 [15,06;26,98]*
Средний крутящий момент (Н*м)	11,22 [7,67;16,07]	19,24 [14,17;23,54]*
Средний крутящий момент/кг (Н*м/кг)	0,15 [0,10;0,23]	0,26 [0,20;0,39]*
Средняя мощность (Вт)	2,27 [1,08;3,31]	4,19 [2,83;5,40]*
Средняя работа (Дж)	13,93 [5,60;24,63]	26,48 [17,24;35,18]*

Примечание: * - различия показателей статистически значимы ($p < 0,001$), используемый метод: U-критерий Манна-Уитни.

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 (табл. 7).

При анализе полученных данных изокинетической диагностики в тесте «Вращение наружу» установлено статистически достоверное 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. 8).

Таблица 8. Исходные показатели изокинетической динамометрии в тесте «Вращение наружу», Me [Q₁;Q₃].

Показатель	Пациенты с повреждением РМПС (n=59)	Здоровые добровольцы (n=60)
Максимальный крутящий момент (Н*м)	12,54 [9,48;17,17]	19,21 [15,72;23,15]*
Средний крутящий момент (Н*м)	12,15 [8,71;15,49]	17,30 [13,94;21,70]*
Средний крутящий момент/кг (Н*м/кг)	0,15 [0,10;0,22]	0,24 [0,17;0,30]*
Средняя мощность (Вт)	2,26 [1,28;3,30]	3,69 [2,46;5,54]*
Средняя работа (Дж)	13,92 [6,68;21,48]	24,30 [16,07;32,28]*

Примечание: * - различия показателей статистически значимы ($p<0,001$), используемый метод: U-критерий Манна-Уитни.

Силовые характеристики, показатели выносливости и мышечной производительности мышечного комплекса (*M. deltoideus (Pars spinata)*, *M. infraspinatus*, *M. supraspinatus*, *M. teres minor*), принимающего участие в движение «Вращение наружу», были достоверно значимо снижены по сравнению со здоровыми добровольцами по показателям: максимального крутящего момента в 1,53 раза ($p<0,001$), в среднего крутящего момента в 1,42 раза ($p<0,001$), среднего крутящего момента/кг в 1,60 раза ($p<0,001$), средней мощности в 1,63 раза ($p<0,001$), средней работы в 1,74 раза ($p<0,001$).

При сравнении показателей изокинетической динамометрии пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча и здоровых добровольцев в тесте «Приведение» отмечалось статистически достоверное снижение ($p<0,001$), как динамической силы, так и выносливости и производительности мышц *M. deltoideus (pars clavicularis, pars spinata)*, *M. pectoralis major*, *M. latissimus dorsi*, *M. teres major et minor*, *M. coracobrachialis*, *M. triceps (caput longum)*, *M. biceps (caput breve)*, *M. Subscapularis* (табл. 9).

Таблица 9. Исходные показатели изокинетической динамометрии в тесте «Приведение», Me [Q_1 ; Q_3].

Показатель	Пациенты с повреждением РМПС (n=59)	Здоровые добровольцы (n=60)
Максимальный крутящий момент (Н*м)	24,07 [16,37;31,58]	48,88 [37,80;59,02]*
Средний крутящий момент (Н*м)	18,07 [13,22;29,82]	46,58 [35,77;56,29]*
Средний крутящий момент/кг (Н*м/кг)	0,26 [0,16;0,36]	0,61 [0,42;0,76]*
Средняя мощность (Вт)	2,96 [1,98;6,75]	9,86 [7,72;12,54]*
Средняя работа (Дж)	12,12 [8,76;32,62]	50,83 [40,93;60,05]*

Примечание: * - различия показателей статистически значимы ($p<0,001$), используемый метод: U-критерий Манна-Уитни.

Силовые, показатели выносливости и мышечной производительности, выше описанных мышц, у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча достоверно значимо снижены относительно показателей здоровых добровольцев, так например, значения максимального крутящего момента, среднего крутящего момента и среднего крутящего момента/на кг снижены в 2,03 раза ($p<0,001$), в 2,57 раза ($p<0,001$) и в 2,34 раза ($p<0,001$) соответственно, в тоже время средняя мощность и средняя работа снижены в 3,33 раза ($p<0,001$) и в 4,19 раза ($p<0,001$) соответственно.

При проведении анализа показателей изокинетической динамометрии мышечных групп *M. deltoideus (pars acromialis)*, *M. supraspinatus*, *M. biceps (caput longum)* в тесте «Отведение» было выявлено статистически достоверное снижение показателей динамической силы, мышечной выносливости и производительности исследуемых мышечных групп ($p<0,001$) (табл. 10).

Таблица 10. Исходные показатели изокинетической динамометрии в тесте «Отведение», $Me [Q_1; Q_3]$.

Показатель	Пациенты с повреждением РМПС (n=59)	Здоровые добровольцы (n=60)
Максимальный крутящий момент ($H^*_{\text{м}}$)	18,60 [10,39;25,57]	26,52 [20,68;36,45]*
Средний крутящий момент ($H^*_{\text{м}}$)	16,12 [7,87;23,80]	24,31 [19,67;33,09]*
Средний крутящий момент/кг ($H^*_{\text{м/кг}}$)	0,21 [0,11;0,27]	0,34 [0,23;0,41]*
Средняя мощность (Вт)	3,27 [1,12;3,93]	4,67 [3,34;6,15]*
Средняя работа (Дж)	14,00 [5,19;17,56]	21,45 [13,77;27,16]*

Примечание: * - различия показателей статистически значимы ($p<0,001$), используемый метод: U-критерий Манна-Уитни.

Снижение силовых показателей, выше описанных мышечных групп в максимальном, среднем крутящем моменте и среднем крутящем моменте/кг составило 1,42 раза ($p<0,001$), 1,50 раза ($p<0,001$) и 1,61 раза ($p<0,001$)

соответственно, в тоже время значения мышечной выносливости и производительности, а именно средней мощности и средней работы достоверно снижены в 1,42 раза ($p<0,001$) и в 1,50 раза ($p<0,001$) соответственно.

При анализе полученных данных изокинетического тестирования в «Разгибание» отмечается достоверное снижение биомеханических показателей плечевого сустава, а именно: динамической силы ($p<0,001$) и мышечной выносливости и производительности ($p<0,001$) (табл. 11).

Таблица 11. Исходные показатели изокинетической динамометрии в тесте «Разгибание», Me [$Q_1; Q_3$].

Показатель	Пациенты с повреждением РМПС (n=59)	Здоровые добровольцы (n=60)
Максимальный крутящий момент (Н*м)	27,74 [14,67;42,59]	59,89 [45,65;67,76]*
Средний крутящий момент (Н*м)	19,13 [13,58;36,84]	52,46 [42,61;61,55]*
Средний крутящий момент/кг (Н*м/кг)	0,25 [0,17;0,41]	0,69 [0,55;0,85]*
Средняя мощность (Вт)	3,08 [2,11;8,67]	11,11 [8,57;14,66]*
Средняя работа (Дж)	15,20 [9,52;43,04]	58,11 [42,11;69,97]*

Примечание: * - различия показателей статистически значимы ($p<0,001$), используемый метод: U-критерий Манна-Уитни.

Снижение силовых характеристик мышечного комплекса *M. deltoideus* (pars clavicularis), *M. biceps brachii* (caput breve), *M. pectoralis major* (pars clavicularis), *M. Coracobrachialis* достоверно значимо были снижены относительно здоровых добровольцев, так например, максимальный крутящий момент был снижен в 2,15 раза ($p<0,001$), средний крутящий момент в 2,74 раза ($p<0,001$), средний крутящий момент/кг в 2,76 раза ($p<0,001$), в то же время мышечная выносливость и производительность, выражаемая в средней

мощности и средней работе статистически значимо была снижена в 3,6 раза ($p < 0,001$) и 3,82 раза ($p < 0,001$) соответственно.

Проведенный анализ результатов изокинетической диагностики в тесте «Сгибание» показал достоверно значимые снижения биомеханических показателей плечевого сустава у пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плеча по сравнению со здоровыми добровольцами ($p < 0,001$) (табл. 12).

Таблица 12. Исходные показатели изокинетической динамометрии в тесте «Сгибание», Me [Q_1 ; Q_3].

Сгибание	Пациенты с повреждением РМПС (n=59)	Здоровые добровольцы (n=60)
Максимальный крутящий момент (Н*м)	17,07 [11,95;27,17]	30,23 [19,16;42,67]*
Средний крутящий момент (Н*м)	13,01 [9,69;21,77]	28,28 [18,07;38,95]*
Средний крутящий момент/кг (Н*м/кг)	0,17 [0,11;0,26]	0,40 [0,23;0,54]*
Средняя мощность (Вт)	2,73 [1,40;4,38]	5,33 [3,60;8,74]*
Средняя работа (Дж)	11,67 [6,04;19,16]	25,94 [16,71;40,66]*

Примечание: * - различия показателей статистически значимы ($p < 0,001$), используемый метод: U-критерий Манна-Уитни.

У пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча отмечается достоверно значимый выраженный дефицит динамической силы мышечного комплекса M. deltoideus (pars spinata), M. latissimus dorsi, M. teres major, M. triceps (caput longum), а именно крутящий момент снижен в 1,77 раза ($p < 0,001$), средний крутящий момент в 2,17 раза ($p < 0,001$), средний крутящий момент/кг в 2,35 раза ($p < 0,001$), в свою очередь показатели мышечной работы и производительности снижены в 1,95 раза ($p < 0,001$) и в 2,22 раза ($p < 0,001$).

3.2 Оценка эффективности разработанной методики применения технологий виртуальной реальности у пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плеча

3.2.1 Динамика показателей специальных ортопедических тестов

До начала исследования пациенты основной и контрольной группы испытывали болевые ощущения в плечевом суставе при пассивном сгибании во внутренней ротации, что являлось положительным результатом теста. В основной группе количество «положительных» и «отрицательных тестов» составило 93,1% и 6,9% соответственно, в тоже время в контрольной группе был выявлено 3,3% «отрицательных» тестов и 96,7% «положительных» тестов ($p = 0,612$) (рис. 17).

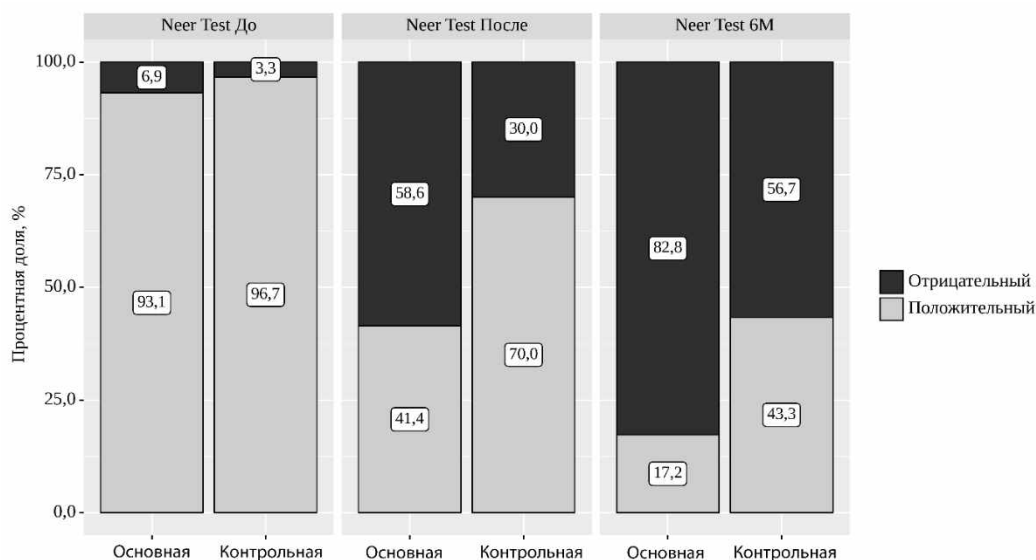


Рисунок 17. Динамика показателей «Neer test».

После прохождения курса реабилитации количество «отрицательных» тестов увеличилось до 58,6%, а положительных снизилось до 41,4% в группе с использованием виртуальной реальности, в группе стандартного метода

количество «отрицательных» тестов равнялось 30,0%, а «положительных» 70,0% ($p = 0,027$) (табл. 15).

Через 6 месяцев после прохождения курса реабилитации положительная динамика сохранялась в основной и контрольной группе, однако более выраженные изменения были зафиксированы в группе с включением виртуальной реальности ($p=0,047$) (табл.13).

Таблица 13. Динамика показателей «Neer test», Abs (%).

Группа	Результаты	Этапы наблюдения			p
		До лечения	После лечения	Через 6 мес.	
Основная группа	Отриц.	2 (6,9)	17 (58,6)	24 (82,8)	$P_{\text{до-после-6 мес.}} < 0,001^{**}$ $P_{\text{до-после}} < 0,001^*$
	Полож.	27 (93,1)	12 (41,4)	5 (17,2)	$P_{\text{до-6 мес.}} < 0,001^*$ $P_{\text{после-6 мес.}} = 0,008^*$
Контрольная группа	Отриц.	1 (3,3)	9 (30,0)	17 (56,7)	$P_{\text{до-после-6 мес.}} < 0,001^{**}$ $P_{\text{до-после}} < 0,009^*$
	Полож.	29 (96,7)	21 (70,0)	13 (43,3)	$P_{\text{до-6 мес.}} < 0,001^*$ $P_{\text{после-6 мес.}} = 0,009^*$
p		0,612	0,027 Δ	0,047 $\#$	—

Примечание: * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: тест Макнемара); ** - различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: Q-критерий Кохрена); Δ - различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: Хи-квадрат Пирсона; # – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: Точный критерий Фишера.

До начала курса медицинской реабилитации пациенты основной и контрольной группы не могли удерживать или отмечали слабость при опускании верхней конечности во время эксцентрической фазы отведения из положения отведения 90 град. в плечевом суставе и полной наружной ротации: в группе с включением виртуальной реальности болевой синдром отмечали 96,6% респондентов, в группе стандартного метода 86,7%. По результатам теста группы были статистически однородны. ($p=0,353$) (табл. 14).

Таблица 14. Динамика показателей «Drop Arm Test», Abs (%).

Группа	Результаты	Этапы наблюдения			p
		До лечения	После лечения	Через 6 мес.	
Основная группа	Отриц.	1 (3,4)	15 (51,7)	24 (82,8)	$P_{\text{до-после-6 мес.}} < 0,001^{**}$ $P_{\text{до-после}} < 0,001^*$ $P_{\text{до-6 мес.}} < 0,001^*$ $P_{\text{после-6 мес.}} = 0,003^*$
	Полож.	28 (96,6)	14 (48,3)	5 (17,2)	
Контрольная группа	Отриц.	4 (13,3)	8 (26,7)	25 (83,3)	$P_{\text{до-после-6 мес.}} < 0,001^{**}$ $P_{\text{до-после}} < 0,001^*$ $P_{\text{до-6 мес.}} < 0,001^*$ $P_{\text{после-6 мес.}} = 0,006^*$
	Полож.	26 (86,7)	22 (73,3)	5 (16,7)	
p		0,353	0,049 Δ	1,000	—

Примечание: * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: тест Макнемара); ** - различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: Q-критерий Кохрена); Δ - различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: Хи-квадрат Пирсона.

Сразу после прохождения курса реабилитации количество «положительных» тестов в основной группе достоверно значимо снизилось до 48,3% ($p < 0,001$), а в контрольной группе до 73,3% ($p < 0,001$), более выраженные изменения были отмечены в группе с включением технологий виртуальной реальности ($p = 0,049$) (рис. 18).

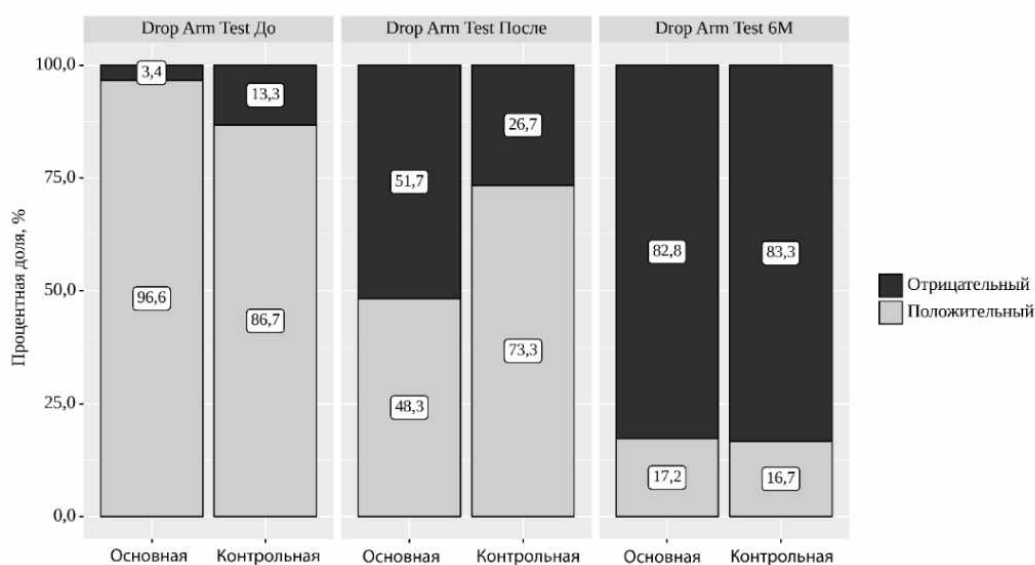


Рисунок 18. Динамика показателей Drop Arm Test.

При контрольном обследовании, через 6 месяцев после прохождения курса реабилитации в основной и контрольной группах сохранялась положительная динамика, количество положительных тестов снизилось в основной группе снизилось до 17,2%, а в контрольной до 16,7% ($p=1,000$).

Анализ результатов «Hawkins/Kennedy test» показал, что 89,7% пациентов основной группы предъявляли жалобы на болевые ощущений при внутреннем вращении верхней конечности при согнутом плечевом и локтевом суставе на 90 град, в контрольной группе «положительных» тестов было выявлено 100%. Статистических отличий между группами выявлено не было ($p=0,112$) (рис. 19).

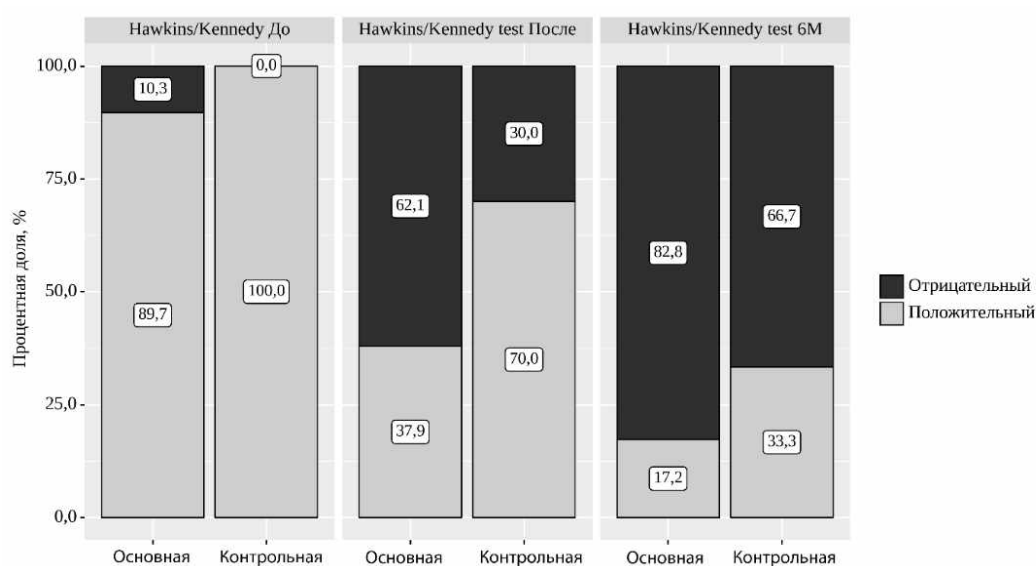


Рисунок 19. Динамика показателей «Hawkins/Kennedy test».

После прохождения курса реабилитации в группе с включением технологий виртуальной реальности количество «положительных» тестов сократилось до 37,9% ($p<0,001$), а в группе стандартного метода до 70% ($p<0,001$). Результаты пациентов основной группы статистически достоверно превышали результаты пациентов контрольной ($p=0,013$).

В отдаленном периоде, через 6 месяцев, после прохождения курса реабилитации во всех исследуемых группах наблюдалась положительная динамика, так в основной группе количество «положительных» тестов уменьшилось до 17,2% ($p < 0,001$), в то же время в контрольной группе количество «положительных» тестов снизилось до 33,3% ($p < 0,001$), статистически достоверной разницы между группами получено не было ($p = 0,233$) (табл. 15).

Таблица 15. Динамика показателей «Hawkins/Kennedy test», Abs (%).

Группа	Результат	Этапы наблюдения			Р
		До лечения	После лечения	Через 6 мес.	
Основная группа	Отриц.	3 (10,3)	18 (62,1)	24 (82,8)	$P_{\text{до-после-6 мес.}} < 0,001^{**}$ $P_{\text{до-после}} < 0,001^*$
	Полож.	26 (89,7)	11 (37,9)	5 (17,2)	$P_{\text{до-6 мес.}} < 0,001^*$ $P_{\text{после-6 мес.}} = 0,034^*$
Контрольная группа	Отриц.	0 (0,0)	9 (30,0)	20 (66,7)	$P_{\text{до-после-6 мес.}} < 0,001^{**}$ $P_{\text{до-после}} < 0,001^*$
	Полож.	30 (100,0)	21 (70,0)	10 (33,3)	$P_{\text{до-6 мес.}} < 0,001^*$ $P_{\text{после-6 мес.}} = 0,002^*$
р		0,112	0,013Δ	0,233	—

Примечание: * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: тест Макнемара); ** - различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: Q-критерий Кохрена); Δ - различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: Хи-квадрат Пирсона;

До начала медицинской реабилитации количество «положительных» результатов «Jobe test» в основной группе составило 82,8%, в контрольной группе 86,7%, в основной и контрольной группе статистически достоверных различий отмечено не было ($p = 0,731$).

После прохождения курса медицинской реабилитации количество «положительных» результатов тестирования в основной группе снизилось до 37,9%, в контрольной до 63,3%, более выраженные изменения были характерны для основной группы ($p = 0,049$) (рис. 20).

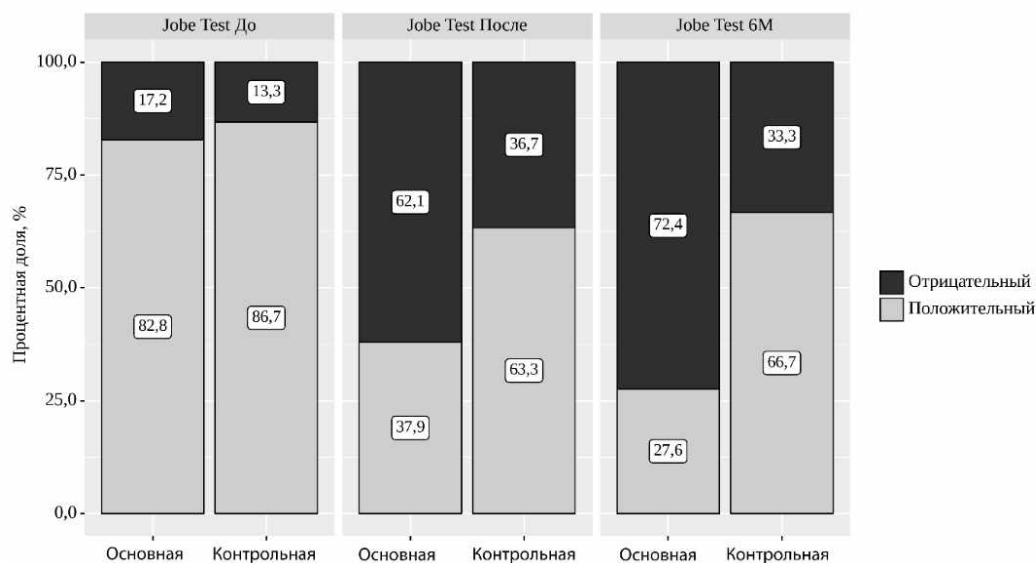


Рисунок 20. Динамика показателей «Jobe test».

Через 6 месяцев после курса лечения, в основной группе количество «положительных» тестов снизилось до 27,6%, а в контрольной группе количество положительных тестов увеличилось до 66,7% по сравнению с результатами сразу после курса реабилитации. Более достоверно значимые изменения были отмечены в основной группе ($p = 0,003$) (табл. 16).

Таблица 16. Динамика показателей «Jobe test», Abs (%).

Группа	Результат	Этапы наблюдения			p
		До лечения	После лечения	Через 6 мес.	
Основная группа	Отриц.	5 (17,2)	18 (62,1)	21 (72,4)	$P_{\text{до-после-6 мес.}} < 0,001^{**}$ $P_{\text{до-после}} < 0,001^*$ $P_{\text{до-6 мес.}} < 0,001^*$ $P_{\text{после-6 мес.}} > 0,05$
	Полож.	24 (82,8)	11 (37,9)	8 (27,6)	
Контрольная группа	Отриц.	4 (13,3)	11 (36,7)	10 (33,3)	$P_{\text{до-после-6 мес.}} = 0,014^{**}$ $P_{\text{до-после}} = 0,020^*$ $P_{\text{до-6 мес.}} < 0,034^*$ $P_{\text{после-6 мес.}} > 0,05$
	Полож.	26 (86,7)	19 (63,3)	20 (66,7)	
p		0,731	0,049Δ	0,003Δ	—

Примечание: * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: тест Макнемара); ** - различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: Q-критерий Кохрена); Δ - различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: Хи-квадрат Пирсона;

При анализе результатов «Теста подостной мышцы» в основной группе было зафиксировано 89,7% «положительных тестов», в свою очередь в контрольной группе количество «положительных» тестов составило 90,0%. Статистически достоверных отличий между группами получено не было ($p=1,000$).

После прохождения курса реабилитации количество «положительных» тестов статистически достоверно снизилось в основной группе до 27,6% ($p<0,001$), а в контрольной до 53,3% ($p<0,005$), по сравнению с исходными результатами (рис. 21).

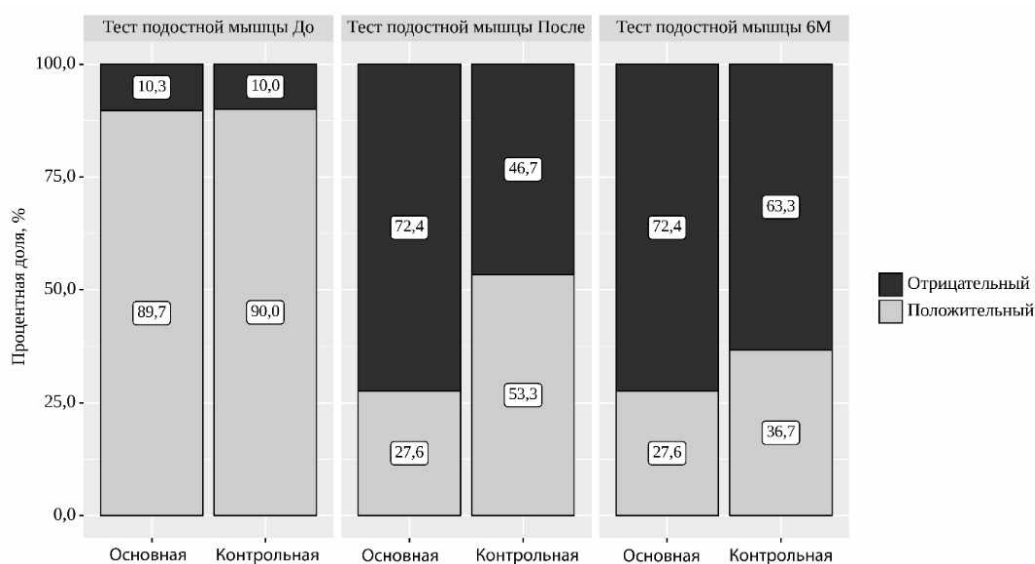


Рисунок 21. Динамика показателей «Тест подостной мышцы».

Через 6 месяцев после курса лечения, в отдаленном периоде количество «положительных» тестов в основной группе осталось неизменным (27,6%), а в контрольной группе снизилось до 36,7% (табл.17).

Таблица 17. Динамика показателей «Тест подостной мышцы», Abs (%).

Группа	Результат	Этапы наблюдения			Р
		Тест подостной мышцы До	Тест подостной мышцы После	Тест подостной мышцы 6М	
Основная группа	Отриц.	3 (10,3)	21 (72,4)	21 (72,4)	Р _{до-после-6 мес.} < 0,001** Р _{до-после} < 0,001*
	Полож.	26 (89,7)	8 (27,6)	8 (27,6)	Р _{до-6 мес.} < 0,001* Р _{после-6 мес.} > 0,05
Контрольная группа	Отриц.	3 (10,0)	14 (46,7)	19 (63,3)	Р _{до-после-6 мес.} < 0,001** Р _{до-после} < 0,005*
	Полож.	27 (90,0)	16 (53,3)	11 (36,7)	Р _{до-6 мес.} < 0,002* Р _{после-6 мес.} > 0,05
р		1,000	0,044Δ	0,580	—

Примечание: * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: тест Макнемара); ** - различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: Q-критерий Кохрена); Δ - различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: Хи-квадрат Пирсона;

При проведении «Lift off test» 82,8% пациентов основной группы не смогли отвести руку от туловища из положения заведения за спину или выполняли данное движение со сниженной силой, в контрольной группе 80% пациентов испытывали трудности при выполнении данного действия. Статистической разницы между группами выявлено не было ($p = 1,000$) (табл. 20).

После прохождения курса реабилитации положительная динамика сохранялась во всех исследуемых группах. Количество «положительных» тестов в основной группе снизилось до 31% ($p < 0,001$), а в контрольной до 56,7% ($p < 0,001$), более выраженные изменения были отмечались в основной группе ($p = 0,047$) (рис. 22).

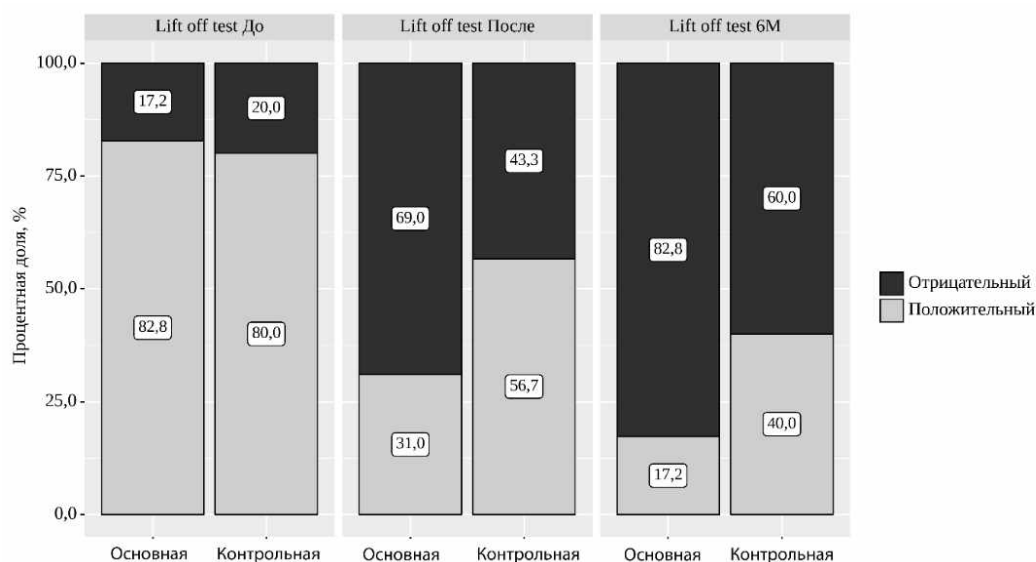


Рис. 22. Динамика показателей «Lift off test» в исследуемых группах.

Через 6 месяцев, при контрольном приеме в группе с включением технологий виртуальной реальности статистически количество «положительных» тестов уменьшилось до 5 (17,2%), а в группе стандартного метода до 12 (40%) (табл. 18).

Таблица 18. Динамика показателей «Lift off test», Abs (%).

Группа	Результат	Этапы наблюдения			p
		Lift off test До	Lift off test После	Lift off test 6М	
Основная группа	Отриц.	5 (17,2)	20 (69,0)	24 (82,8)	$P_{\text{до-после-6 мес}} < 0,001^{**}$ $P_{\text{до-после}} < 0,001^*$ $P_{\text{до-6 мес.}} < 0,001^*$ $P_{\text{после-6 мес.}} > 0,05$
	Полож.	24 (82,8)	9 (31,0)	5 (17,2)	
Контрольная группа	Отриц.	6 (20,0)	13 (43,3)	18 (60,0)	$P_{\text{общ.}} < 0,001^{**}$ $P_{\text{до-после}} < 0,016^*$ $P_{\text{до-6 мес.}} < 0,004^*$ $P_{\text{после-6 мес.}} > 0,05$
	Полож.	24 (80,0)	17 (56,7)	12 (40,0)	
p		1,000	0,047Δ	0,084	—

Примечание: * – различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: тест Макнемара); ** - различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: Q-критерий Кохрена); Δ - различия показателей статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: Хи-квадрат Пирсона;

При проведении теста «Hornblower Sign» 13,8% пациентов основной группы отмечали слабость в наружном вращении при отведении верхней конечности в плоскости лопатки на 90 град. и согнутом локтевом суставе на 90 град., в тоже время в контрольной группе 13,3% пациентов испытывали сложности при выполнении данного движения (рис. 23).

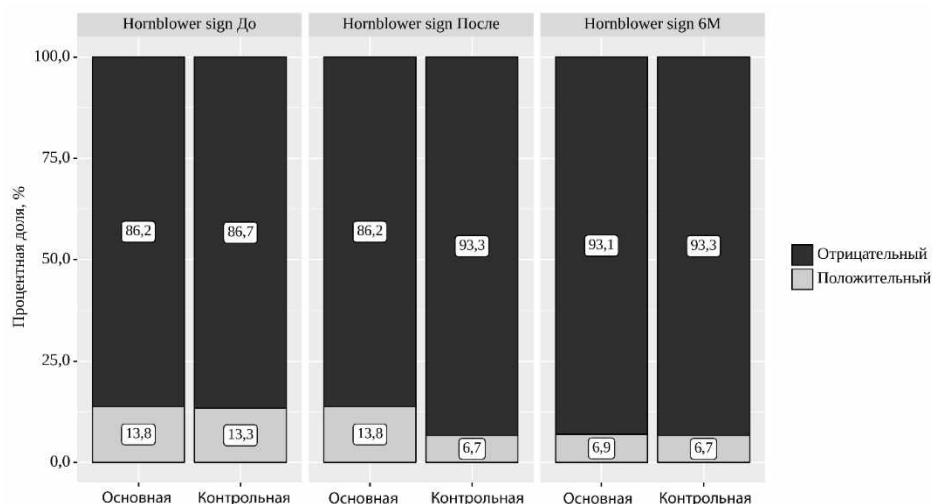


Рисунок 23. Динамика показателей «Hornblower Sign» в исследуемых группах.

Сразу после прохождения курса реабилитации и в отдаленном периоде результаты теста статистически не отличались с исходными значениями (табл. 19).

Таблица 19. Динамика показателей «Hornblower Sign» в исследуемых группах.

Группа	Результат	Этапы наблюдения			P
		Hornblower sign До	Hornblower sign После	Hornblower sign 6М	
Основная группа	Отриц.	25 (86,2)	25 (86,2)	27 (93,1)	0,135
	Полож.	4 (13,8)	4 (13,8)	2 (6,9)	
Контрольная группа	Отриц.	26 (86,7)	28 (93,3)	28 (93,3)	0,135
	Полож.	4 (13,3)	2 (6,7)	2 (6,7)	
p		1,000	0,424	1,000	—

3.2.2 Динамика показателей болевого синдрома по ВАШ

После проведенного курса реабилитации все пациенты отмечали положительную динамику болевого синдрома в плечевом суставе по шкале ВАШ, как сразу после лечения, так и в отдаленном периоде.

Исходный уровень болевого синдрома в основной группе составил 6,00 [5,00;7,00] баллов, в контрольной группе 6,00 [5,00;7,00] баллов по шкале ВАШ. Статистических отличий между группами выявлено не было ($p=0,576$) (рис. 24).

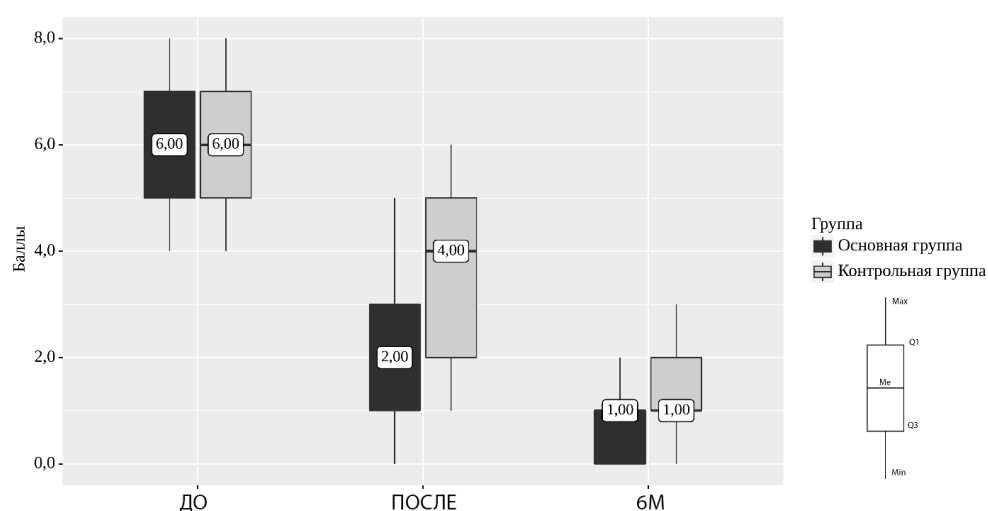


Рисунок 24. Динамика показателей болевого синдрома по ВАШ.

После прохождения курса реабилитации, уровень боли достоверно значимо снизился в обеих исследуемых группах: в группе с применением технологии виртуальной реальности болевой синдром снизился с 6,00 [5,00;7,00] баллов до 2,00 [1,00;3,00] баллов ($p<0,001$), а в группе с использованием стандартного метода до 4,00 [2,00;5,00] баллов ($p<0,001$), однако более выраженная степень снижения болевого синдрома была достигнута в основной группе (табл. 20).

Таблица 20. Динамика показателей болевого синдрома по ВАШ, Ме [Q₁;Q₃].

Уровень болевого синдрома		Основная группа	Контрольная группа	p
ВАШ (баллы)	До	6,00 [5,00;7,00]	6,00 [5,00;7,00]	0,576
	После	2,00 [1,00;3,00]Δ	4,00 [2,00;5,00]Δ	<0,001
	Через 6 месяцев	1,00 [0,00;1,00]#	1,00 [1,00;2,00]#	0,002

Примечание: p – достоверность различий, используемый метод: U–критерий Манна–Уитни; Δ – различия показателей (до и после лечения) статистически значимы (p<0,001), используемый метод: критерий Уилкоксона; # – различия показателей (до и через 6 месяцев) статистически значимы (p<0,001), используемый метод: критерий Уилкоксона;

Через 6 месяцев после лечения, при контрольном визите, в основной группе и группе сравнения сохранялась положительная динамика в отношении снижения болевого синдрома. Уровень болевых ощущений по ВАШ соответствовал 1,00 [0,00;1,00] балла в основной группе и статистически значимо отличался от результатов пациентов контрольной группы (1,00 [1,00;2,00] балла, p=0,002).

3.2.3 Динамика показателей опросника DASH

Исходно пациенты основной и контрольной групп предъявляли жалобы на снижение уровня функционирования верхней конечности, что проявлялось в невозможности полноценно использовать оперированную конечность при выполнении бытовой активности.

После прохождения курса лечения уровень функционирования верхней конечности по результатам опросника DASH достоверно значимо улучшился в основной и контрольной группе (рис. 25).

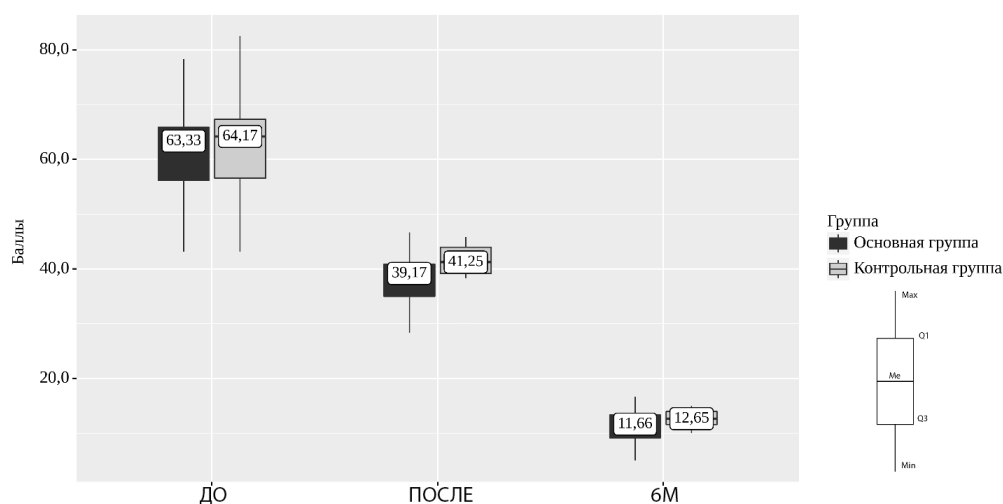


Рисунок 25. Динамика показателей опросника DASH.

В группе с применением технологий виртуальной реальности результаты опросника DASH статистически достоверно снизились с 63,33 [56,17;65,83] до 39,17 [35,00;40,83] баллов ($p < 0,001$), в группе стандартного метода с 64,17 [56,54;67,29] до 41,25 [39,17;43,96] баллов ($p < 0,001$), однако пациенты, основной группы показали более выраженное достоверно значимое улучшение ($p = 0,039$) по результатам опросника DASH (табл. 21).

Таблица 21. Динамика показателей опросника DASH в исследуемых группах, Me [Q₁;Q₃].

Уровень функционирования верхней конечности		Основная группа	Контрольная группа	p
DASH (баллы)	До	63,33 [56,17;65,83]	64,17 [56,54;67,29]	0,485
	После	39,17 [35,00;40,83]Δ	41,25 [39,17;43,96]Δ	0,039
	Через 6 месяцев	11,66 [9,16;13,30]#	12,65 [11,60;13,95]#	0,030

Примечание: p – достоверность различий, используемый метод: U–критерий Манна–Уитни; Δ – различия показателей (до и после лечения) статистически значимы ($p < 0,001$), используемый метод: критерий Уилкоксона; # – различия показателей (до и через 6 месяцев) статистически значимы ($p < 0,001$), используемый метод: критерий Уилкоксона;

Через 6 месяцев после прохождения курса медицинской реабилитации уровень функционирования верхней конечности по результатам опросника DASH в основной группе достоверно значимо снизился до 11,66 [9,16;13,30] баллов, в свою очередь, в контрольной группе снижение был отмечен на уровне 12,65 [11,60;13,95] баллов. Более выраженные изменения были зафиксированы в основной группе ($p=0,030$).

3.2.4 Динамика объема движений в плечевом суставе

До начала курса реабилитации снижение объема движений в плечевом суставе отмечалось у пациентов всех исследуемых групп.

Исходный объем движений во внутренней ротации статистически не отличался в исследуемых группах ($p= 0,796$). После лечения объем движений во внутренней ротации в основной группе статистически достоверно увеличился до 46,00 [38,00;49,00] град. ($p= 0,002$), а в контрольной группе до 36,00 [29,50;47,50] град. ($p= 0,024$), однако более выраженные изменения были отмечены в контрольной группе ($p=0,019$) (рис. 26).

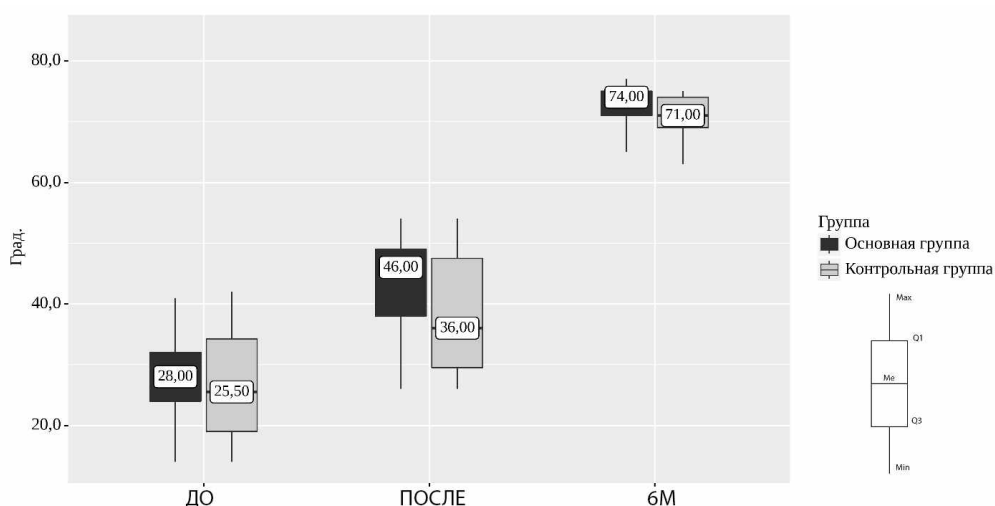


Рисунок 26. Динамика показателей объема движений во внутренней ротации в плечевом суставе.

Через 6 месяцев после курса лечения отмечалась существенная положительная динамика по показателям объема движений во внутренней ротации у всех пациентов исследуемых групп, так например, в группе с применением технологий виртуальной реальности объем движений достоверно значимо увеличился до 74,00 [71,00;75,00] град. ($p<0,001$), а в группе контроля до 71,00 [69,00;74,00] град. ($p<0,001$), в тоже время более значимое улучшение было достигнуто в основной группе ($p=0,042$) (табл. 22).

Таблица 22. Динамика показателей объема движений во внутренней ротации в плечевом суставе в исследуемых группах.

Объем движений		Основная группа	Контрольная группа	p
Внутренняя ротация (град.)	До	28,00 [24,00;32,00]	25,50 [19,00;34,25]	0,796
	После	46,00 [38,00;49,00] Δ	36,00 [29,50;47,50] Δ	0,019
	Через 6 месяцев	74,00 [71,00;75,00] $\#$	71,00 [69,00;74,00] $\#$	0,042

Примечание: p – достоверность различий между группами, используемый метод: U–критерий Манна–Уитни; Δ – различия показателей (до и после лечения) статистически значимы ($p<0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона; $\#$ – различия показателей (до и через 6 месяцев) статистически значимы ($p<0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона;

Исходный объем движений в наружной ротации в основной и контрольной группе был статистически сопоставим (рис. 27) ($p=0,801$).

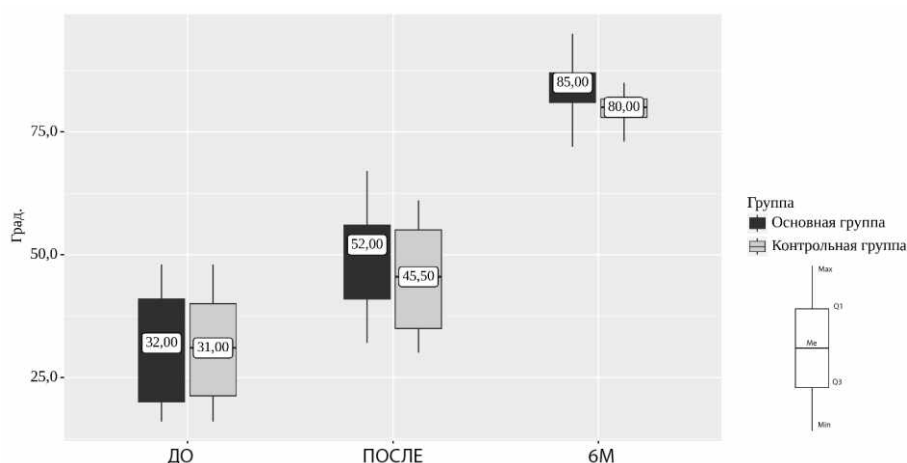


Рисунок 27. Динамика показателей объема движений в наружной ротации в плечевом суставе.

После прохождения курса реабилитации объем движений в группе с применением технологий виртуальной реальности статистически значимо увеличился до 52,00 [41,00;56,00] град. ($p=0,002$), в группе стандартного метода до 45,50 [35,00;55,00] град. ($p=0,017$), однако более выраженное улучшение было отмечено в основной группе ($p=0,041$) (табл. 23).

Таблица 23. Динамика показателей объема движений в наружной ротации в плечевом суставе в исследуемых группах, Me [Q_1 ; Q_3].

Объем движений		Основная группа	Контрольная группа	p
Наружная ротация (град.)	До	32,00 [20,00;41,00]	31,00 [21,25;40,00]	0,801
	После	52,00 [41,00;56,00] Δ	45,50 [35,00;55,00] Δ	0,041*
	6 Месяцев	85,00 [81,00;87,00] $\#$	80,00 [78,00;81,75] $\#$	0,002*

Примечание: p – достоверность различий между группами, используемый метод: U–критерий Манна–Уитни; Δ – различия показателей (до и после лечения) статистически значимы ($p<0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона; $\#$ – различия показателей (до и через 6 месяцев) статистически значимы ($p<0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона;

При контрольном осмотре, через 6 месяцев, после лечения отмечалась положительная динамика в основной и в контрольной группах. В основной группе объем движений увеличился до 85,00 [81,00;87,00] град., в контрольной до 80,00 [78,00;81,75] град. Более выраженные изменения были отмечены в основной группе ($p=0,002$).

Исходный объем движений в отведении в основной группе составил 72,00 [61,00;76,00] град., в свою очередь значения объема движений в контрольной группе составили 69,50 [60,25;77,25] град. При проведении межгруппового сравнения статистических различий выявлено не было ($p=0,585$) (рис. 28).

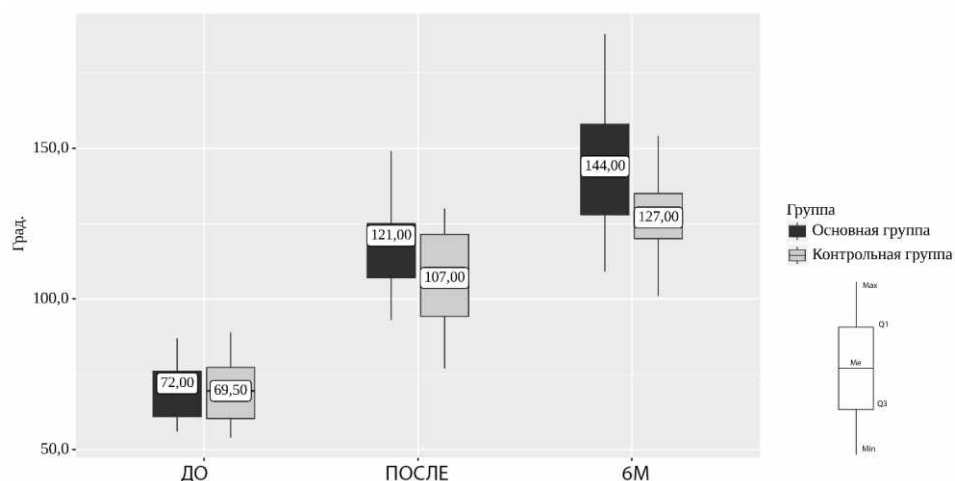


Рисунок 28. Динамика показателей объема движений в отведении в плечевом суставе.

После прохождения курса реабилитации в основной группе объем движений в отведении достоверно увеличился с 72,00 [61,00;76,00] град. до 121,00 [107,00;125,00] град. ($p < 0,001$), в группе с применением стандартного метода объем движений статистически значимо возрос с 69,50 [60,25;77,25] град. до 107,00 [94,25;121,50] град. ($p < 0,001$), однако более выраженные изменения были достигнуты в группе с применением технологии виртуальной реальности ($p = 0,015$) (табл. 24).

Таблица 24. Динамика показателей объема движений в отведении в плечевом суставе, Me [Q₁;Q₃].

Объем движений		Основная группа	Контрольная группа	p
Отведение (град.)	До	72,00 [61,00;76,00]	69,50 [60,25;77,25]	0,585
	После	121,00 [107,00;125,00]Δ	107,00 [94,25;121,50]Δ	0,015
	Через 6 месяцев	144,00 [128,00;158,00]#	127,00 [120,00;135,00]#	<0,001

Примечание: p – достоверность различий между группами, используемый метод: U–критерий Манна–Уитни; Δ – различия показателей (до и после лечения) статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона; # – различия показателей (до

и через 6 месяцев) статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона;

Через 6 месяцев после прохождения курса реабилитации, во всех исследуемых группах отмечалась положительная динамика в объеме движений в отведении. В основной группе объем движений составил 144,00 [128,00;158,00] град. ($p < 0,001$), в контрольной группе 127,00 [120,00;135,00] град ($p < 0,001$). Наиболее выраженная динамика была достигнута в основной группе ($p < 0,001$).

Изначальные значения объема движений в сгибании в основной и контрольной группе были сопоставимы ($p = 0,970$). После прохождения курса медицинской реабилитации отмечалась существенная положительная динамика, как основной, так и в контрольной группе.

Значение объема движений в основной группе составило 127,00 [117,00;142,00] град. ($p < 0,001$), а в контрольной группе 116,00 [109,50;129,00] град. ($p < 0,001$), более выраженные изменения были зафиксированы в основной группе ($p = 0,031$) (рис. 29).

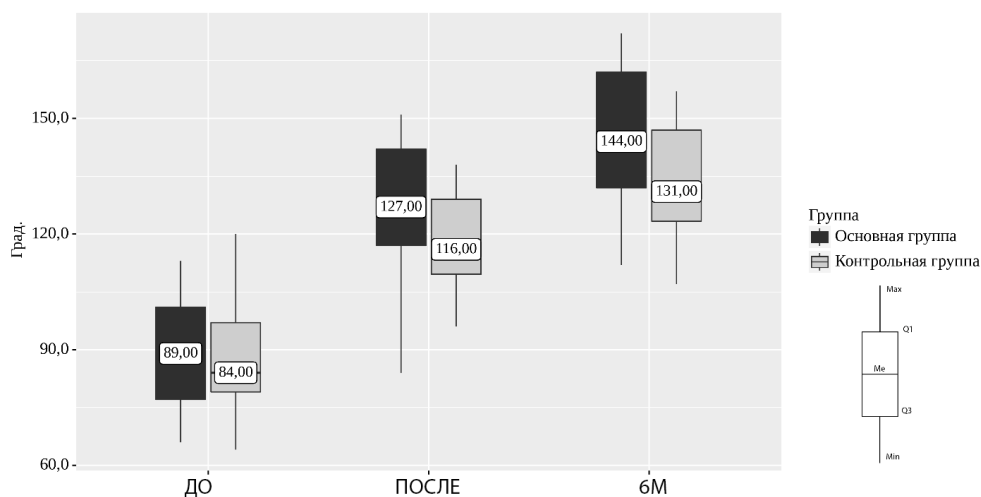


Рисунок 29. Динамика показателей объема движений в сгибании в плечевом суставе в исследуемых группах.

Через 6 месяцев, отмечались статистически достоверные улучшения объема движений по сравнению с исходными показателями в основной и

контрольной группе и составили 144,00 [132,00;162,00] град ($p<0,001$). и 131,00 [123,25;147,00] град. ($p<0,001$) соответственно. Более значимые изменения были зафиксированы в основной группе ($p= 0,032$), по сравнению с группой контроля (табл. 25).

Таблица 25. Динамика показателей объема движений в сгибании в плечевом суставе, Me [Q_1 ; Q_3].

Объем движений		Основная группа	Контрольная группа	p
Сгибание (град.)	До	89,00 [77,00;101,00]	84,00 [79,00;97,00]	0,970
	После	127,00 [117,00;142,00] Δ	116,00 [109,50;129,00] Δ	0,031
	Через 6 месяцев	144,00 [132,00;162,00] $\#$	131,00 [123,25;147,00]	0,032

Примечание: p – достоверность различий между группами, используемый метод: U–критерий Манна–Уитни; Δ – различия показателей (до и после лечения) статистически значимы ($p<0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона; $\#$ – различия показателей (до и через 6 месяцев) статистически значимы ($p<0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона;

Таким образом, в основной и контрольной группах отмечается достоверно значимая положительная динамика объема движений в плечевом суставе во всех исследуемых движениях (вращение внутрь, вращение наружу, сгибание, отведение), как после прохождения курса медицинской реабилитации, так и в отдаленном периоде, через 6 месяцев.

3.2.5 Динамика координационной функции

Исходные показатели функции координации верхней конечности были статистически сопоставимы в основной и контрольной группе (табл. 29).

После проведенного курса медицинской реабилитации значения функции координации верхней конечности достоверно значимо улучшились до 82 [74;87] баллов в основной группе ($p<0,001$) и до 88 [84;93] баллов в группе

стандартного метода ($p < 0,001$), однако степень выраженности изменений была выше в группе с использованием метода виртуальной реальности (табл. 26).

Таблица 26. Динамика показателей функции координации, Me [$Q_1; Q_3$].

Показатель		Основная группа	Контрольная группа	p
Функция координации (баллы)	До	98 [87;101]	100 [93;108]	0,061
	После	82 [74;87] Δ	88 [84;93] Δ	0,003*
	Через 6 месяцев	76 [69;84] $\#$	86 [81;92]	< 0,001*

Примечание: p – достоверность различий между группами, используемый метод: U–критерий Манна–Уитни; Δ – различия показателей (до и после лечения) статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона; $\#$ – различия показателей (до и через 6 месяцев) статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона;

Через 6 месяцев, после прохождения курса реабилитации координационные возможности пациентов в группе с применением технологий виртуальной реальности статистически достоверно улучшились до 76 [69;84] баллов ($p < 0,001$), в тоже время в группе контроля статистически достоверных результатов выявлено не было по сравнению с результатами после реабилитации.

3.2.6 Динамика показателей изокинетической динамометрии

Анализ полученных данных изокинетической динамометрии в тесте «Вращение внутрь» показал статистически достоверные изменения, динамической силы (максимальный крутящий момент, средний крутящий момент, средний крутящий момент/кг), так и мышечной выносливости и производительности (средняя мощность и средняя работа), в основной и контрольной группе, как сразу после лечения, так и в отдаленном периоде.

Исходно показатели изокинетического тестирования между группами статистически не различались ($p>0,05$).

При контрольном осмотре, сразу после курса реабилитации, значения динамических силовых возможностей исследуемых мышечных групп статистически значимо возросли в основной ($p<0,001$) и контрольной группе ($p<0,001$). В тоже время, отмечалось достоверное увеличение показателей мышечной выносливости и производительность, как в группе с применением виртуальной реальности, так и в группе стандартного метода. Однако, более выраженные изменения по результатам изокинетического теста «Вращение внутрь» были отмечены в основной группе (табл. 27) ($p<0,05$).

Таблица 27. Динамика показателей изокинетической динамометрии в тесте «Вращение внутрь», Me [$Q_1; Q_3$].

Показатель		Основная группа	Контрольная группа	p
Максимальный крутящий момент (Н*м)	До	11,20 [9,60;17,13]	12,87 [7,26;18,58]	0,649
	После	19,93 [15,27;24,67] Δ	14,90[8,41;21,59] Δ	0,003
	6 мес.	18,58[13,53;23,12] $\dagger\#$	13,09[7,96;19,24] $\dagger\#$	0,004
Средний крутящий момент (Н*м)	До	11,20 [7,87;16,07]	11,92 [6,83;15,55]	0,773
	После	19,13 [14,13;24,07] Δ	13,81 [7,57;17,86] Δ	0,008
	6 мес.	16,65[12,31;21,53] $\dagger\#$	12,20 [6,83;16,49] $\dagger\#$	0,014
Средний крутящий момент/кг (Н*м/кг)	До	0,15 [0,10;0,23]	0,15 [0,10;0,22]	0,797
	После	0,25 [0,15;0,34] Δ	0,16 [0,11;0,26] Δ	0,017
	6 мес.	0,22 [0,13;0,29] $\dagger\#$	0,14 [0,09;0,25] $\dagger\#$	0,031
Средняя мощность (Вт)	До	2,13 [1,20;3,73]	2,30 [1,06;3,14]	0,750
	После	4,33 [2,60;4,93] Δ	2,76 [1,23;3,68] Δ	0,007
	6 мес.	3,87 [2,30;4,68] $\dagger\#$	2,56 [1,11;3,47] $\dagger\#$	0,008
Средняя работа (Дж)	До	13,93 [5,60;24,40]	11,96 [5,82;25,38]	0,879
	После	21,60 [14,20;35,07] Δ	13,28 [6,71;29,90] Δ	0,038
	6 мес.	19,92[13,44;32,61] $\dagger\#$	11,55 [6,32;26,98] $\dagger\#$	0,038

Примечание: p – достоверность различий между группами, используемый метод: U–критерий Манна–Уитни; Δ – различия показателей (до и после лечения) статистически значимы ($p<0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона; # – различия показателей (до и через 6 месяцев) статистически значимы ($p<0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона; $\dagger$ – различия показателей (после и через 6 месяцев) статистически значимы ($p<0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона.

Через 6 месяцев после лечения значения силовых характеристик (максимальный крутящий момент, средний крутящий момент, средний крутящий момент/кг) и показателей выносливости и мышечной производительности (средняя работа и средняя мощность) были достоверно выше, чем до начала реабилитации, как в основной, так и контрольной группе ($p < 0,05$). При проведении межгруппового сравнения более выраженные результаты отмечались в основной группе ($p < 0,05$).

В тоже время, в отдаленном периоде, у пациентов основной и контрольной групп отмечается достоверное снижение силовых показателей и значений выносливости по сравнению со значениями после курса лечения ($p < 0,05$). Однако, менее выраженная степень снижения отмечается в основной группе ($p < 0,05$).

Повреждения ротаторной манжеты плеча ассоциируются со значимым снижением показателей силы, выносливости и мышечной производительности. Предложенная программа реабилитации с использованием технологий виртуальной реальности способствует увеличению кондиционных показателей мышц (*M. deltoideus (Pars spinata)*, *M. infraspinatus*, *M. supraspinatus*, *M. teres minor*) у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плечевого сустава, в следствии более акцентированного статодинамического воздействия на мышечный комплекс ротаторной манжеты плеча, в частности *M. Infraspinatus* и *M. Supraspinatus*.

Анализ полученных данных изокинетического теста «Вращение наружу» показал достоверно значимые улучшения силовых характеристик и показателей выносливости исследуемых мышечных групп во всех исследуемых группах.

Исходные значения показателей динамической силы, мышечной выносливости и производительности в группе с включением виртуальной реальности и в группе стандартного метода были статистически схожи ($p > 0,05$).

После прохождения курса лечения мышечная сила, выражаемая в максимальном и среднем крутящем моменте, среднем крутящем моменте/кг и

показатели выносливости и мышечной производительности достоверно значимо увеличились в обеих исследуемых группах ($p < 0,001$). Вместе с тем, более выраженный достоверно значимый прирост исследуемых параметров был отмечен в основной группе (табл. 28) ($p < 0,05$).

Таблица 28. Динамика показателей изокинетической динамометрии в тесте «Вращение наружу», Me [$Q_1; Q_3$].

Показатель		Основная группа	Контрольная группа	p
Максимальный крутящий момент (Н*м)	До	13,20 [10,00;17,33]	12,30 [8,54;16,75]	0,324
	После	20,87 [15,93;27,73] Δ	15,23 [9,93;19,11] Δ	<0,001
	6 мес.	18,66 [14,74;24,67] $\dagger\#$	14,02 [9,46;16,75] $\dagger\#$	<0,001
Средний крутящий момент (Н*м)	До	12,07 [9,27;15,67]	12,16 [8,27;15,29]	0,564
	После	19,00 [13,60;24,20] Δ	14,56 [9,54;17,44] Δ	0,001
	6 мес.	17,24 [12,21;22,34] $\dagger\#$	13,62 [8,77;15,83] $\dagger\#$	0,001
Средний крутящий момент/кг (Н*м/кг)	До	0,15 [0,10;0,23]	0,15 [0,08;0,22]	0,705
	После	0,26 [0,19;0,32] Δ	0,16 [0,11;0,24] Δ	0,009
	6 мес.	0,24 [0,17;0,30] $\dagger\#$	0,15 [0,10;0,22] $\dagger\#$	0,009
Средняя мощность (Вт)	До	2,26 [1,40;3,40]	2,37 [1,27;3,10]	0,727
	После	4,33 [2,40;5,40] Δ	2,70 [1,44;3,53] Δ	0,002
	6 мес.	3,92 [2,23;5,01] $\dagger\#$	2,53 [1,32;3,30] $\dagger\#$	0,001
Средняя работа (Дж)	До	13,92 [8,27;25,27]	12,15 [6,63;21,04]	0,495
	После	25,60 [15,07;32,13] Δ	13,53 [7,54;23,15] Δ	0,003
	6 мес.	22,90 [13,44;29,68] $\dagger\#$	12,49 [7,29;21,24] $\dagger\#$	0,003

Примечание: p – достоверность различий между группами, используемый метод: U–критерий Манна–Уитни; Δ – различия показателей (до и после лечения) статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона; # – различия показателей (до и через 6 месяцев) статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона; $\dagger$ – различия показателей (после и через 6 месяцев) статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона.

Через 6 месяцев после прохождения курса реабилитации, по результатам изокинетического тестирования, было отмечено достоверно значимое увеличение, как силовых показателей (максимальный крутящий момент, средний крутящий момент и средний крутящий момент/кг), так и значений

мышечной выносливости и производительности (средняя мощность и средняя работа), как в основной, так и в контрольной группе ($p < 0,05$).

Однако, при проведении межгруппового сравнения, более выраженная степень улучшения биомеханических характеристик была зарегистрирована в основной группе ($p < 0,05$).

Стоит отметить, что при проведении сравнения показателей изокинетической динамометрии после прохождения лечения и через 6 месяцев отмечается достоверное снижение исследуемых параметров, как в основной, так и в контрольной группе ($p < 0,05$). Степень выраженности снижения биомеханических параметров была ниже в основной группе ($p < 0,05$).

Таким образом, у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча выявляются резко выраженные изменения силовых и кондиционных характеристик мышц, окружающих плечевой сустав. Включение технологий виртуальной реальности в программу реабилитации у данной когорты пациентов позволяет статистически значимо улучшить силовые характеристики и показатели мышечной выносливости и производительности *M. deltoideus* (pars clavicularis, pars spinata), *M. pectoralis major*, *M. latissimus dorsi*, *M. teres major et minor*, *M. coracobrachialis*, *M. triceps* (caput longum), *M. biceps* (caput breve) и, в частности, *M. Subscapularis* по сравнению со стандартным методом медицинской реабилитации.

Значения данных изокинетической динамометрии в тесте «Приведение» перед началом реабилитации статистически значимо не отличались ($p > 0,05$).

После лечения, биомеханические показатели плечевого сустава в тесте «Приведение» статистически значимо улучшились по значениям динамической мышечной силы (максимальный крутящий момент, средний крутящий момент и средний крутящий момент/кг ($p < 0,001$, в обеих группах)), также показателей мышечной выносливости и производительности (средняя мощность и средняя работа ($p < 0,001$, в основной и контрольной группе)). Более выраженное

улучшение биомеханических показателей отмечалось в основной группе (табл. 29) ($p < 0,05$).

Таблица 29. Динамика показателей изокинетической динамометрии в тесте «Приведение», Me [Q_1 ; Q_3].

Показатель		Основная группа	Контрольная группа	p
Максимальный крутящий момент (N^*m)	До	24,07 [15,67;33,93]	23,34 [17,20;31,24]	0,988
	После	40,60 [33,47;52,13] Δ	26,75 [19,27;36,02] Δ	$<0,001$
	6 мес.	37,47 [29,60;50,42] $\dagger\#$	25,03 [18,09;33,35] $\dagger\#$	$<0,001$
Средний крутящий момент (N^*m)	До	18,13 [13,00;30,47]	17,33 [13,58;28,38]	0,638
	После	39,20 [30,07;49,47] Δ	19,94 [15,35;36,65] Δ	$<0,001$
	6 мес.	35,16 [26,35;45,04] $\dagger\#$	18,79 [14,39;33,24] $\dagger\#$	$<0,001$
Средний крутящий момент/кг (N^*m/kg)	До	0,26 [0,16;0,40]	0,26 [0,16;0,33]	0,379
	После	0,46 [0,37;0,70] Δ	0,33 [0,18;0,40] Δ	$<0,001$
	6 мес.	0,42 [0,33;0,66] $\dagger\#$	0,30 [0,16;0,36] $\dagger\#$	$<0,001$
Средняя мощность (Вт)	До	3,13 [1,87;6,87]	2,88 [2,17;6,64]	0,988
	После	6,07 [3,40;10,27] Δ	3,18 [2,46;7,61] Δ	0,012
	6 мес.	2,94 [2,29;6,78] $\dagger\#$	2,94 [2,29;6,78] $\dagger\#$	0,016
Средняя работа (Дж)	До	14,80 [8,73;35,07]	12,03 [8,88;32,10]	1,000
	После	27,67 [15,60;54,53] Δ	14,06 [10,39;37,05] Δ	0,013
	6 мес.	25,15 [13,93;49,48] $\dagger\#$	13,22 [9,94;32,74] $\dagger\#$	0,013

Примечание: p – достоверность различий между группами, используемый метод: U–критерий Манна–Уитни; Δ – различия показателей (до и после лечения) статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона; # – различия показателей (до и через 6 месяцев) статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона; $\dagger$ – различия показателей (после и через 6 месяцев) статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона.

В отдаленном периоде, через 6 месяцев после курса лечения, положительные изменения наблюдались, как в основной, так и в контрольной группе. В частности, было отмечено улучшение показателей динамической силы, мышечной выносливости и производительности по сравнению с исходными значениями ($p < 0,05$).

Однако, при проведении анализа биомеханических данных после курса лечения и в отдаленном периоде, отмечается статистически достоверное снижение исследуемых показателей, как в основной, так и в контрольной

группе ($p < 0,05$). Степень снижения биомеханических показателей была ниже в основной группе ($p < 0,05$).

При повреждениях ротаторной манжеты плеча пациенты испытывают выраженный дефицит силы и выносливости приводящих мышечных групп плечевого сустава. Применение технологий виртуальной реальности позволяет в процессе реабилитации пациентов с данной патологией более качественно включать исследуемые мышечные группы (*M. deltoideus (pars clavicularis, pars spinata)*, *M. pectoralis major*, *M. latissimus dorsi*, *M. teres major et minor*, *M. coracobrachialis*, *M. triceps (caput longum)*, *M. biceps (caput breve)*, *M. subscapularis*, *M. Infraspinatus*) в ходе реабилитационных занятий, что в конечном итоге положительно сказывается на восстановлении мышечной силы, выносливости и работы, превосходя стандартную методику реабилитации.

Исходно, в тесте «Отведение» значения исследуемых показателей статистически не отличались между основной и контрольной группой ($p > 0,05$).

После завершения курса медицинской реабилитации, при контрольном тестировании, во всех исследуемых группах отмечалось улучшение показателей динамической силы (максимальный крутящий момент, средний крутящий момент, средний крутящий момент/кг), мышечной выносливости и производительности (средняя работа и средняя мощность) ($p < 0,05$).

При повторном обследовании, через 6 месяцев после прохождения курса реабилитации, в группе с применением технологий виртуальной реальности и в группе стандартного метода показатели силовых характеристик (максимальный крутящий момент, средний крутящий момент, средний крутящий момент/кг), показателей мышечной выносливости и работы (средняя мощность, средняя работа) были достоверно выше, чем до начала лечения ($p < 0,05$).

Степень выраженности улучшения биомеханических показателей плечевого сустава в тесте «Отведение» достоверно значимо была выше в основной группе (табл. 30) ($p < 0,05$).

Таблица 30. Динамика показателей изокинетической динамометрии в тесте «Отведение», Me [Q₁;Q₃].

Показатель		Основная группа	Контрольная группа	p
Максимальный крутящий момент (Н*м)	До	19,33 [9,40;25,40]	18,27 [10,86;26,86]	0,952
	После	31,13 [21,20;36,53]Δ	21,09 [12,54;30,67]Δ	0,002
	6 мес.	29,93 [19,65;33,11]†#	18,93 [11,28;28,98]†#	0,003
Средний крутящий момент (Н*м)	До	16,87 [7,80;23,80]	16,07 [8,36;24,47]	0,868
	После	28,60 [20,13;32,87]Δ	18,92 [9,49;27,61]Δ	0,005
	6 мес.	25,86 [18,88;28,74]†#	17,87 [8,59;25,08]†#	0,007
Средний крутящий момент/кг (Н*м/кг)	До	0,21 [0,10;0,29]	0,21 [0,11;0,26]	0,514
	После	0,39 [0,25;0,42]Δ	0,23 [0,12;0,29]Δ	<0,001
	6 мес.	0,34 [0,23;0,38]†#	0,22 [0,11;0,27]†#	<0,001
Средняя мощность (Вт)	До	3,53 [1,13;3,93]	3,26 [1,13;4,02]	0,705
	После	5,07 [3,40;5,60]Δ	3,76 [1,28;4,56]Δ	0,012
	6 мес.	4,61 [3,29;5,39]†#	3,44 [1,14;4,26]†#	0,011
Средняя работа (Дж)	До	14,53 [5,00;18,60]	13,56 [5,43;17,46]	0,976
	После	21,93 [13,27;32,27]Δ	15,48 [6,05;20,19]Δ	0,006
	6 мес.	19,46 [12,47;29,76]†#	14,55 [5,52;18,40]†#	0,006

Примечание: p – достоверность различий между группами, используемый метод: U–критерий Манна–Уитни; Δ – различия показателей (до и после лечения) статистически значимы (p<0,05), используемый метод: критерий Уилкоксона; # – различия показателей (до и через 6 месяцев) статистически значимы (p<0,05), используемый метод: критерий Уилкоксона; † – различия показателей (после и через 6 месяцев) статистически значимы (p<0,05), используемый метод: критерий Уилкоксона.

Однако, при сравнении результатов изокинетического тестирования после курса лечения и через 6 месяцев, отмечается достоверное снижение биомеханических показателей (p<0,05).

Степень снижения значений мышечной силы выносливости и работы была ниже в основной группе (p<0,05).

У пациентов с повреждениями ротаторной манжеты плеча определялся достоверно значимый дефицит мышечной силы и выносливости M. deltoideus (pars acromialis), M. supraspinatus, M. biceps (caput longum), что выражается в снижении исследуемых биомеханических параметров.

Исходно значения биомеханических показателей в тесте «Разгибание» статистически не отличались ($p > 0,05$).

После завершения курса реабилитации, статистически значимое увеличение показателей силы (максимальный крутящий момент, средний крутящий момент, средний крутящий момент/кг), выносливости и мышечной производительности (средняя мощность и средняя работа) было отмечено у всех исследуемых групп (табл. 31) ($p < 0,05$).

Таблица 31. Динамика показателей изокинетической динамометрии в тесте «разгибание»,

Показатель		Основная группа	Контрольная группа	p
Максимальный крутящий момент (Н*м)	До	26,40 [14,40;42,00]	27,75 [14,99;41,82]	0,952
	После	43,60 [35,07;54,20] Δ	31,08 [17,29;47,16] Δ	0,006
	6 мес.	38,51 [32,97;49,43] $\dagger\#$	28,31 [15,68;42,05] $\dagger\#$	0,006
Средний крутящий момент (Н*м)	До	17,33 [13,53;36,87]	19,27 [13,72;35,58]	0,891
	После	35,20 [26,87;50,33] Δ	21,83 [16,32;40,12] Δ	0,007
	6 мес.	32,41 [24,25;47,36] $\dagger\#$	20,09 [14,72;37,12] $\dagger\#$	0,013
Средний крутящий момент/кг (Н*м/кг)	До	0,25 [0,17;0,52]	0,24 [0,17;0,40]	0,554
	После	0,45 [0,32;0,72] Δ	0,28 [0,20;0,44] Δ	0,002
	6 мес.	0,40 [0,28;0,65] $\dagger\#$	0,26 [0,18;0,42] $\dagger\#$	0,003
Средняя мощность (Вт)	До	3,07 [2,13;8,67]	3,12 [2,18;8,52]	0,879
	После	8,47 [5,33;12,33] Δ	4,33 [2,80;9,79] Δ	0,011
	6 мес.	8,15 [5,04;11,51] $\dagger\#$	3,94 [2,70;9,07] $\dagger\#$	0,009
Средняя работа (Дж)	До	15,20 [10,00;44,13]	15,10 [9,48;40,32]	0,820
	После	41,73 [20,80;61,60] Δ	18,82 [12,35;45,87] Δ	0,014
	6 мес.	36,83 [18,37;58,33] $\dagger\#$	16,95 [11,31;40,88] $\dagger\#$	0,013

Примечание: p – достоверность различий между группами, используемый метод: U–критерий Манна–Уитни; Δ – различия показателей (до и после лечения) статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона; # – различия показателей (до и через 6 месяцев) статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона; $\dagger$ – различия показателей (после и через 6 месяцев) статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона.

Через 6 месяцев после лечения, отмечались достоверно значимые улучшения максимального крутящего момента, среднего крутящего момента, среднего крутящего момента/кг, средней мощности и средней работы по

сравнению с исходными значениями в обеих исследуемых группах, однако степень выраженности изменений была выше в основной группе ($p < 0,05$).

Пациенты с повреждениями ротаторной манжеты плеча испытывают выраженный дефицит силовых возможностей и показателей выносливости *M. deltoideus* (pars clavicularis), *M. biceps brachii* (caput breve), *M. pectoralis major* (pars clavicularis), *M. Coracobrachialis*, что выражается в достоверно значимом снижении регистрируемых биомеханических показателей.

До начала курса лечения статистически значимых отличий по показателям динамической мышечной силы, мышечной выносливости и производительности в тесте «Сгибание» отмечено не было (табл. 32) ($p > 0,05$).

Таблица 32. Динамика показателей изокинетической динамометрии в тесте «Сгибание».

Показатель		Основная группа	Контрольная группа	p
Максимальный крутящий момент (Н*м)	До	17,53 [12,40;27,53]	16,94 [11,36;26,17]	0,891
	После	34,40 [23,07;39,80] Δ	20,93 [12,96;29,94] Δ	0,004
	6 мес.	30,62[20,49;35,05] $\dagger\#$	19,11 [11,62;28,66] $\dagger\#$	0,006
Средний крутящий момент (Н*м)	До	13,20 [10,40;21,27]	12,39 [9,69;22,46]	0,682
	После	29,87 [15,80;36,13] Δ	14,67 [11,22;25,59] Δ	<0,001
	6 мес.	26,83 [14,51;31,76] $\dagger\#$	13,08 [10,05;23,02] $\dagger\#$	<0,001
Средний крутящий момент/кг (Н*м/кг)	До	0,19 [0,11;0,33]	0,17 [0,12;0,25]	0,544
	После	0,37 [0,20;0,51] Δ	0,20 [0,14;0,29] Δ	<0,001
	6 мес.	0,35 [0,18;0,45] $\dagger\#$	0,19 [0,12;0,27] $\dagger\#$	<0,001
Средняя мощность (Вт)	До	2,73 [1,40;4,33]	2,77 [1,44;4,38]	0,762
	После	5,27 [2,47;7,93] Δ	3,21 [1,72;5,14] Δ	0,008
	6 мес.	4,74 [2,22;7,17] $\dagger\#$	3,05 [1,60;4,58] $\dagger\#$	0,010
Средняя работа (Дж)	До	11,67 [5,80;20,07]	11,83 [6,22;18,25]	0,940
	После	24,13 [10,13;40,87] Δ	15,21 [7,21;23,39] Δ	0,010
	6 мес.	22,25 [8,91;36,97] $\dagger\#$	14,11 [6,56;20,89] $\dagger\#$	0,008

Примечание: p – достоверность различий между группами, используемый метод: U–критерий Манна–Уитни; Δ – различия показателей (до и после лечения) статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона; # – различия показателей (до и через 6 месяцев) статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона; $\dagger$ – различия показателей (после и через 6 месяцев) статистически значимы ($p < 0,05$), используемый метод: критерий Уилкоксона.

После прохождения курса лечения исследуемые показатели достоверно значимо увеличились в основной и контрольной группе ($p < 0,001$), однако прирост показателей был статистически значимо выше в группе с применением технологий виртуальной реальности ($p < 0,05$).

Через 6 месяцев после окончания курса реабилитации во всех исследуемых группах отмечается положительная динамика по сравнению с исходными значениями по показателям динамической силы ($p < 0,001$) и мышечной выносливости и производительности ($p < 0,001$), в тоже время более выраженные изменения исследуемых показателей зафиксированы в основной группе.

Включение технологий виртуальной реальности в комплексную программу реабилитации пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча позволяет статистически достоверно улучшить биомеханические показатели *M. deltoideus (pars spinata)*, *M. latissimus dorsi*, *M. teres major*, *M. triceps (caput longum)*, что выражается в увеличении максимального крутящего момента, среднего крутящего момента, среднего крутящего момента/кг, средней мощности и средней работы, по сравнению со стандартным методом реабилитации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время в нашей стране происходит активное развитие медицинской реабилитации и восстановительной медицины. В тоже время с появлением все более совершенных методик, разработкой высокотехнологичного оборудования и развитием научно-технологического прогресса, появляются новые возможности для восстановления пациентов травматолого-ортопедического профиля.

Повреждения ротаторной манжеты плеча ассоциируются у пациентов с высоким уровнем болевых ощущений в плечевом суставе, снижением объема движений, а также нарушением функции верхней конечности [63,73]. Учитывая различные степени повреждений ротаторной манжеты, пациенты данной группы нуждаются в специальных программах реабилитации, основанных на индивидуальном подходе. Однако, комплексные программы реабилитации разработаны не в полном объеме и не до конца соответствуют запросам практикующих врачей [149].

В этой связи разработка и исследование новых программ медицинской реабилитации с включением инновационных решений, а именно технологий виртуальной реальности, у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча имеет важное научное и клиническое значение.

В литературных данных достаточно хорошо освещен вопрос применения технологий виртуальной реальности у пациентов неврологического профиля. Эффективность виртуальной реальности в нейрореабилитации широко изучалась у пациентов с церебральным параличом, болезнью Паркинсона и инсультом [199,227]. Однако, не смотря на многообещающие эффекты виртуальной реальности, качество полученных научных данных было недостаточным для рутинного использования в клинической практике.

В реабилитации пациентов ортопедического профиля клинические исследования проводились для пациентов с повреждением голеностопного сустава, травмами передней крестообразной связки, замороженным плечом и

хронической болью в пояснице и шее [72,117,151]. Однако в литературе представлено недостаточное количество данных о применении технологий виртуальной реальности у пациентов с травмами плечевого сустава, а именно с повреждением ротаторной манжеты плеча. На основе имеющихся данных была выдвинута гипотеза о высокой эффективности применения технологий виртуальной реальности у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плечевого сустава, с целью снижения уровня боли, увеличения объема движений, улучшения биомеханических характеристик и координационной функции, а также улучшению функционального состояния верхней конечности.

В ФГБУ «НМИЦ РК» Минздрава России была разработана методика медицинской реабилитации применения технологий виртуальной реальности у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча и проведено исследование и оценка эффективности, предлагаемой методики, как сразу после прохождения курса реабилитации, так и в отдаленном периоде.

Целью исследования являлась разработка и научное обоснование применения технологий виртуальной реальности в комплексной программе медицинской реабилитации пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча.

Всего в исследование было включено 119 пациентов (59 пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча и 60 здоровых добровольцев) в возрасте от 18 до 66 лет.

Все пациенты с повреждением ротаторной манжеты плеча были рандомизировано разделены на две группы.

В контрольную группу было включено 30 человек, 16 мужчин и 14 женщин, получавших стандартную методику медицинской реабилитации.

В основной группе, состоявшей из 29 пациентов, 13 мужского пола и 16 женского, на фоне стандартного комплекса медицинской реабилитации проводили занятия с применением технологий виртуальной реальности.

Группу здоровых добровольцев составили 60 пациентов, из них 34 мужчины и 26 женщин, не имеющих в анамнезе травм верхней конечности, в частности плечевого сустава, а также заболеваний, которые косвенно могут повлиять на функционирование верхней конечности, значения которых принимались за возрастную норму.

Все пациенты с повреждением ротаторной манжеты плеча получали занятия лечебной гимнастикой, проводимые групповым методом, длительностью 30 минут, улучшение функционального состояния плечевого сустава, увеличения объема движений, развитие координационных способностей, увеличение силы и выносливости мышц ротаторной манжеты плеча, а также мышц, окружающих плечевой сустав, также всем пациентам проводилась магнитная и лазерная терапия, массаж области плечевого сустава.

Пациенты контрольной группы получали стандартный метод медицинской реабилитации, включавший в себя: лечебную физкультуру, направленную на улучшение функционального состояния плечевого сустава, увеличения объема движений, развитие координационных способностей, увеличение силы и выносливости мышц ротаторной манжеты плеча, а также мышц, окружающих плечевой сустав, длительностью 30 минут на курс 10 процедур; медицинский массаж верхней конечности, проводившийся в седативных и тонизирующих методиках с использованием всех основных и вспомогательных приемов (поглаживание, растирание, разминание и вибрация) для улучшения кровообращения, снятия отека и минимизации боли, длительностью 20 минут, на курс 10 процедур; магнитотерапию на область плечевого сустава дозировкой 35-50 мТл, длительностью 15 минут, на аппарате «MAG-Expert» (PHYSIOMED, Германия), курсом 10 процедур; лазерную терапию на область плечевого сустава, дозировкой 4-6 Вт в импульсе, длительностью 20 минут, на аппарате «Азор2к» (МТЦ ООО «АЗОР», Россия) на курс 10 процедур.

Пациенты основной группы дополнительно получали занятия с применением технологий виртуальной реальности, проводимых с использованием оригинального программного обеспечения (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021614784, 30.03.2021) и шлема виртуальной реальности HTC VIVE.

Задачей пациента в виртуальной реальности являлось провести специальное кольцо по трубе (с минимальным количеством ошибок), которая изменяла свою форму в произвольном порядке в зависимости от выбранного уровня сложности, которое полностью повторяло движения джойстика в виртуальной среде. При касании кольца и трубы раздавался сигнал и вибрация на джойстике, что подразумевало под собой ошибку. Время выполнения одной сессии ограничивалось 5 минутами. После выполнения задания и небольшого перерыва равного примерно 1 минуте, сессия повторялась. Длительность 30 минут, курс 10 процедур, ежедневно.

После окончания курса медицинской реабилитации и через 6 месяцев проводилось повторное обследование пациентов.

Анализ результатов исследования показал, что пациенты с повреждением ротаторной манжеты плеча испытывают выраженные биомеханические нарушения, которые выражаются в снижении объема движений в плечевом суставе и снижении объективных силовых характеристик и показателей выносливости мышц верхней конечности.

Дефицит объема движений в плечевом суставе у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча во «внутренней ротации» составил 65,3%, в «наружной ротации» 63,6%, в «сгибании» 52,2% и в «отведении» 60,0% по сравнению с вариантом нормы.

Повреждения ротаторной манжеты плеча характеризовались достоверно значимым снижением биомеханических показателей по результатам изокинетического тестирования. Так, в изокинетическом тестировании «вращение внутрь/наружу» среднее снижение силовых показателей и значений

выносливости составило 64,5% и 71,2% соответственно, в тесте «приведение/отведение» на 68,3%, а значения мышечной выносливости - на 75,4%, в тесте «разгибание/сгибание» дефицит показателей силы и выносливости составил 76,2% и 79,6% по сравнению с нормальными значениями.

Анализ результатов исследования показал, что применение разработанной методики применения технологий виртуальной реальности у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча позволило достоверно значимо снизить частоту выявления дисфункций плечевого сустава по результатам ортопедических тестов.

Анализ результатов «Neer test» показал снижение «положительных» результатов после прохождения курса реабилитации в основной группе до 41,4%, через 6 месяцев при контрольном обследовании до 17,2% ($p < 0,001$). В свою очередь, анализ результатов «Neer test» показал 70,0% ($p < 0,001$) «положительных» тестов после курса лечения и 43,3% ($p < 0,001$) в отдаленном периоде, однако более выраженная динамика была отмечена в основной группе ($p < 0,05$).

По результатам «Drop arm test» количество «положительных» результатов уменьшилось до 48,3%, в отдаленном периоде (6 месяцев) «положительные» тесты снизились до 17,2% ($p < 0,001$). В контрольной группе количество «положительных» результатов «Drop Arm Test» после курса лечения равнялось 73,3% ($p < 0,001$) и через 6 месяцев, в отдаленном периоде снизилось до 16,7% ($p < 0,001$). Более выраженные изменения отмечались в основной группе ($p < 0,05$).

В основной группе по данным «Hawkins/Kennedy test» количество «положительных» результатов теста снизилось до 37,9%, через 6 месяцев после прохождения курса медицинской реабилитации количество «положительных» результатов снизилось до 17,2% ($p < 0,001$). Изучение динамики «Hawkins/Kennedy test» в контрольной группе показало 70,0% ($p < 0,001$) «положительных» тестов после лечения прохождения курса медицинской

реабилитации и 33,3% ($p<0,001$) в отдаленном периоде, через 6 месяцев. Однако более выраженные изменения были отмечены в основной группе ($p<0,05$).

Исходя из полученных результатов «Jobe test» в основной группе количество «положительных» результатов снизилось до 37,9% сразу после курса реабилитации и в отдаленном периоде (6 месяцев) количество «положительных» тестов уменьшилось до 27,6% ($p<0,001$). Анализ результатов «Jobe test» в контрольной группе показал 63,3% ($p<0,001$) «положительных» тестов сразу после курса реабилитации и 66,7% ($p<0,001$) через 6 месяцев после прохождения курса. Более выраженные изменения были отмечены в основной группе ($p<0,05$).

По полученным результатам «Тест подостной мышцы» в основной группе количество положительных тестов после прохождения курса реабилитации снизилось до 27,6% ($p<0,001$) и в отдаленном периоде, через 6 месяцев осталось неизменным. В контрольной группе количество «положительных» тестов после лечения составило 53,3%, через 6 месяцев снизилось до 36,7%. Более выраженные изменения отмечались в основной группе после лечения ($p<0,05$), однако в отдаленном периоде статистических отличий отмечено не было ($p=0,580$).

По полученным данным «Lift off test» в основной группе количество «положительных» результатов тестов снизилось до 31,0% ($p<0,001$) по сравнению с исходными данными, через 6 месяцев после прохождения курса медицинской реабилитации количество «положительных» тестов уменьшилось до 17,2% ($p<0,001$). В контрольной группе «положительные» результаты составили 56,7% после лечения, в отдаленном периоде, через 6 месяцев – 40,0%. Более значимые изменения были отмечены в основной группе после лечения ($p<0,05$), однако в отдаленном периоде межгрупповых различий отмечено не было ($p=0,084$).

Исследуя динамику болевого синдрома в плечевом суставе, было отмечено снижение степени выраженности болевого синдрома по ВАШ у пациентов основной группы на 66,6% и на 33,3% у пациентов контрольной группы после прохождения лечения ($p < 0,001$). В отдаленном периоде снижение степени выраженности болевого синдрома в группе с включением технологий виртуальной реальности составило 50%, а в группе стандартного метода 75%, однако степень выраженности изменений была выше в основной группе ($p = 0,002$).

Анализ динамики функционального состояния верхней конечности у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча показал улучшение функции по результатам опросника DASH в группе с применением технологий виртуальной реальности на 41,3% ($p < 0,001$), в свою очередь улучшение в группе стандартного метода составило 35,9% ($p < 0,001$) после прохождения курса медицинской реабилитации. В отдаленном периоде, через 6 месяцев, улучшение в основной группе составило 82,5% ($p < 0,001$), в тоже время улучшение функции верхней конечности в контрольной группе равнялось 81,2% ($p < 0,001$), однако степень выраженности изменений была выше в основной группе ($p = 0,030$).

В ходе анализа данные объема движений в плечевом суставе было установлено статистически достоверное увеличение объема движений во всех исследуемых движениях.

После прохождения курса медицинской реабилитации в группе с включением технологий виртуальной реальности улучшение во «внутренней ротации» составило 64,2% ($p < 0,001$), в контрольной 44,0% ($p < 0,001$). В отдаленном периоде объем движений увеличился на 164,2% ($p < 0,001$), в тоже время увеличение в контрольной группе составило 184% ($p < 0,001$), однако степень выраженности изменений была выше в группе с применением технологий виртуальной реальности, как после прохождения курса реабилитации ($p = 0,019$), так и в отдаленном периоде ($p = 0,042$).

В движении «наружной ротации» в основной группе объем движений увеличился на 62,5% ($p<0,001$) и на 45,1% ($p<0,001$) в группе стандартного метода после прохождения курса реабилитации. В отдаленном периоде, через 6 месяцев, в группе с включением технологий виртуальной реальности увеличение составило 165,6% ($p<0,001$), в контрольной группе 158,06% ($p<0,001$). Степень выраженности изменений была выше в группе с применением технологий виртуальной реальности, как сразу после курса реабилитации ($p=0,041$), так и в отдаленном периоде ($p=0,002$).

В основной группе в движении «отведение» увеличение объема движений составило 68,05% ($p<0,001$), в тоже время в контрольной группе улучшение составило 55,07% ($p<0,001$) сразу после прохождения курса реабилитации. Через 6 месяцев, в отдаленном периоде, улучшение в группе с включением технологий виртуальной реальности составило 100% ($p<0,001$), а в группе стандартного метода 84,05% ($p<0,001$) по сравнению с исходным уровнем. Степень выраженности изменений была выше в основной группе, как после прохождения курса реабилитации ($p=0,015$), так и в отдаленном периоде ($p<0,001$).

Объем движений в «сгибании» статистически достоверно возрос в группе применения технологий виртуальной реальности на 42,6% ($p<0,001$), в контрольной группе улучшение составило 38,09% ($p<0,001$) после прохождения курса реабилитации. После прохождения повторного обследования, через 6 месяцев, увеличение объема движений по сравнению с исходным уровнем составило в основной группе 61,7% ($p<0,001$), в контрольной группе 55,9% ($p<0,001$). Более выраженные изменения отмечались в основной группе ($p=0,031$), как сразу после прохождения курса медицинской реабилитации, так и в отдаленном периоде (6 месяцев) ($p=0,032$).

В отношении функции координации верхней конечности была отмечена положительная динамика в основной и контрольной группе, как сразу после прохождения курса реабилитации, так и в отдаленном периоде. Показатели

функции координации верхней конечности в группе с применением технологий виртуальной реальности улучшились на 16,3% ($p<0,001$), в группе стандартного метода на 12% ($p<0,001$). Через 6 месяцев, при повторном обследовании, улучшение координационной функции в основной группе составило 22,4% ($p<0,001$), в контрольной группе 14% ($p<0,001$) по сравнению с исходными результатами. Проводя анализ полученных данных, после прохождения курса реабилитации и в отдаленном периоде в группе с включением технологий виртуальной реальности улучшение составило 7,3% ($p<0,001$), однако в контрольной группе статистически достоверных отличий получено не было.

Анализ результатов изокинетического тестирования «Вращение внутрь/Вращение наружу» показал статистически достоверные улучшения силовых характеристик ($p<0,05$), значений мышечной выносливости и работы ($p<0,05$), как после прохождения курса реабилитации ($p<0,05$), так и через 6 месяцев в отдаленном периоде ($p<0,05$) по сравнению с исходными значениями. Более выраженные изменения были отмечены в основной группе ($p<0,05$). При сравнении данных изокинетической динамометрии в основной и контрольной группе после лечения и в отдаленном периоде отмечается статистически достоверное снижение биомеханических показателей ($p<0,05$), однако менее выраженное снижение было отмечено в основной группе ($p<0,05$).

При анализе полученных данных изокинетической диагностики в тестах «Приведение/Отведение» отмечается достоверно значимое увеличение силовых характеристик ($p<0,05$), значений мышечной выносливости и работы ($p<0,05$), как после прохождения курса реабилитации ($p<0,05$), так и через 6 месяцев в отдаленном периоде ($p<0,05$) по сравнению с исходными значениями. Более выраженные изменения были отмечены в основной группе ($p<0,05$). При сравнении данных изокинетической динамометрии в основной и контрольной группе после лечения и в отдаленном периоде отмечается статистически достоверное снижение биомеханических показателей ($p<0,05$), однако менее выраженное снижение было отмечено в основной группе ($p<0,05$).

Анализ данных динамики силовых характеристик и значений мышечной выносливости и работы в тесте «Разгибание/Сгибание» показал статистически достоверное улучшение силовых характеристик ($p < 0,05$), значений мышечной выносливости и работы ($p < 0,05$), как после прохождения курса реабилитации ($p < 0,05$), так и через 6 месяцев в отдаленном периоде ($p < 0,05$) по сравнению с исходными значениями. Более выраженные изменения были отмечены в основной группе ($p < 0,05$). При сравнении данных изокинетической динамометрии в основной и контрольной группе после лечения и в отдаленном периоде отмечается статистически достоверное снижение биомеханических показателей ($p < 0,05$), однако менее выраженное снижение было отмечено в основной группе ($p < 0,05$).

Повреждения ротаторной манжеты плеча ассоциируются со значимым снижением показателей силы, выносливости и мышечной производительности. Предложенная программа реабилитации с использованием технологий виртуальной реальности способствует статистически достоверному увеличению силовых характеристик, показателей выносливости и работы мышц (*M. deltoideus*, *M. infraspinatus*, *M. supraspinatus*, *M. teres major et minor*, *M. teres major et minor*, *M. triceps (caput longum)*, *M. biceps (caput breve)*) у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плечевого сустава, в следствии более акцентированного статодинамического воздействия на мышечный комплекс ротаторной манжеты плеча (*M. Infraspinatus*, *M. Supraspinatus*, *M. Subscapularis*, *M. teres minor*)

Таким образом, на основании выполненного исследования разработана и научно обоснована эффективность применения технологий виртуальной реальности у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча, заключающаяся в преимущественной акцентированной тренировки силовых характеристик и показателей выносливости мышц ротаторной манжеты плеча и улучшению функции координации верхней конечности.

Результаты исследования позволяют констатировать, что, разработанная комплексная программа медицинской реабилитации пациентов с применением технологий виртуальной реальности у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча достоверно значимо снижает уровень болевых ощущений в плечевом суставе, увеличивают объем движений, улучшают биомеханические показатели плечевого сустава и координационную функцию и улучшают функциональное состояние верхней конечности.

Полученные результаты дают основания рекомендовать пациентам с повреждением ротаторной манжеты плеча применение технологий виртуальной реальности для повышения эффективности реабилитационных мероприятий и сокращения сроков реабилитации.

ВЫВОДЫ

1. Повреждения ротаторной манжеты плеча характеризуются достоверно значимым снижением биомеханических характеристик плечевого сустава по показателям объема движений в плечевом суставе во внутренней и наружной ротации на 65,3% и 63,6%, в сгибании - на 52,2% и в отведении – на 60,0%, а также снижением силовых характеристик в изокинетических тестах «вращение внутрь/наружу», «приведение/отведение» и «сгибание/разгибание» в среднем на 64,5%, 68,3% и 76,2% соответственно, и мышечной выносливости и работы в тесте «вращение внутрь/наружу» на 71,2%, в тесте «приведение/отведение» на 75,4% и в тесте «разгибание/сгибание» на 79,6% по сравнению с возрастной нормой.

2. Применение разработанной комплексной программы медицинской реабилитации с использованием технологии виртуальной реальности с биологической обратной связью у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча позволяет достоверно значимо снизить уровень болевых ощущений в плечевом суставе на 66,6% по ВАШ, улучшить функциональное состояние плечевого сустава по данным опросника DASH на 41,3%, а так же существенно улучшить силовые показатели и показатели мышечной выносливости и работы в тесте «вращение внутрь/наружу» на 58,2% и 68,5%, в тесте «приведение/отведение» на 67,5% и 82,3%, в тесте «разгибание/сгибание» на 64,5% и 79,8% соответственно, на фоне улучшения функции координации верхней конечности на 16,3%.

3. Разработанная комплексная программа медицинской реабилитации с использованием технологий виртуальной реальности с биологической обратной связью превосходит эффективность стандартного метода медицинской реабилитации по показателем выраженности болевого синдрома в среднем на 33,3%, степени функционирования плечевого сустава на 5,4%, по показателям объема движений в плечевом суставе на 56,6%, силовым

показателям и значениям мышечной выносливости на 32,8% и 44,6%, функции координации верхней конечности на 7,4%.

4. В отдаленном периоде при применении технологий виртуальной реальности в комплексной программе реабилитации у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча по сравнению с исходными результатами отмечено объективное снижение болевого синдрома по шкале ВАШ на 83,3%, улучшение функционирования верхней конечности по результатам опросника DASH на 81,5%, увеличение объема движений в плечевом суставе во «вращении внутрь» и «вращении наружу» на 164,2% и 165,6%, в сгибании и отведении – на 100,0% и 61,7% соответственно, увеличение силовых показателей и показателей мышечной работы и выносливости составило 58,2% и 64,3%, биомеханических показателей плечевого сустава по результатам изокинетических тестов - 58,2% и 64,3%, на фоне улучшения координационной функции верхней конечности на 22,4%.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Для оценки изменения силовых и кондиционных способностей мышечных групп плечевого сустава у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча целесообразно использовать изокинетическое тестирование.

Комплексная программа реабилитации с использованием технологий виртуальной реальности рекомендована для применения у пациентов с повреждением ротаторной манжеты плеча с целью снижения болевого синдрома, увеличения объема движений, улучшения силовых и показателей выносливости мышц, окружающих плечевой сустав, а так же улучшению уровня функционирования верхней конечности. Занятия в виртуальной реальности необходимо проводить с использованием оригинального программного обеспечения (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2021614784, 30.03.2021) и аппаратного комплекса HTC VIVE. Занятия рекомендуется проводить 1 раз в день, в течении 30 минут. В одну сессию входит 5 занятий по 5 минут, с перерывами между занятиями в виртуальной среде равными 1 минуте, курс 10 процедур. Кроме того, необходимо применять методики лечебной физкультуры, длительностью 30 минут, массаж области плечевого сустава и области надплечья в седативных и тонизирующих методиках, магнитную терапию на область плечевого сустава, дозировкой 35-50 мТл, длительностью 15 минут, на аппарате «MAG-Expert» (PHYSIOMED, Германия), курсом 10 процедур, ежедневно и лазерную терапию на область плечевого сустава, дозировкой 4-6 Вт в импульсе, длительностью 20 минут, на аппарате «Азор2к» (МТЦ ООО «АЗОР», Россия), курс 10 процедур, ежедневно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимкина А.М., Гончаров Е.Н., Чибисов С.М. и др. Сравнительная оценка результатов магнитно – резонансной томографии с данными лечебно – диагностической артроскопии при разрывах вращательной манжеты плечевого сустава // Современные проблемы науки и образования. - 2012. - № 3. - С.40.
2. Аскерко Э.А., Дейкало В.П., Толстик А.Н. Новое в лечении дегенеративных повреждений вращательной манжеты плеча // Медицинские новости. - 2013.- № 7.- С. 60 - 62.
3. Аппарат ARTROMOT-K1 // ORMED. URL: <http://www.ormed.com.ru/artromotk1.htm> (дата обращения: 25.04.2017).
4. Баранова Е.А., Бредихина Ю.П., Кабачкова А.В. и др. Современные подходы к роботизированной механотерапии с элементами биоуправления и телемедицины для восстановления утраченных двигательных функций // Вестник Томского государственного университета. – 2018. – № 433. – С. 127-134.
5. Белокопытова С.В., Белокопытов Р.Н., Иванов Ю.В., Красникова С.А. Опыт применения роботизированной механотерапии при травмах кисти спортсменов подростков // Молодой ученый. – 2017. – № 49 (183). – С. 120-123.
6. Беляева Е.А. PRP-терапия у пациентов с патологией сухожилий ротаторной манжеты плеча // В книге: Дни ревматологии в Санкт-Петербурге-2019. Сборник тезисов Всероссийского конгресса с международным участием. – СПб, 2019. – С. 42-43.
7. Бобунов Д.Н., Михайлов В.Д., Овсянников М.С. и др. Лечебная физкультура при повреждении ротаторной манжеты плеча // Уральский медицинский журнал. – 2019. – № 14 (182). – С. 92-99.
8. Бухарин В.А., Крысюк О.Б., Слухай С.И. Применение современных методов реабилитации при переломах нижних конечностей //

9. Войтенков В.Б., Скрипченко Н.В., Иванова М.В. и др. Объективизация эффективности роботизированной механотерапии у детей с двигательными нарушениями различного генеза // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2014. – Т. 13, № 6. – С. 44-47.
10. Войтенков В.Б., Скрипченко Н.В., Иванова М.В. и др. Роботизированная механотерапия у детей с двигательными нарушениями различного генеза // Гений ортопедии. – 2014. – № 2. – С. 95-99.
11. Восстановление двигательной активности суставов с помощью аппаратов Артромот // OsteoCure.ru. URL: <http://osteocure.ru/tovar/apparat/artromot.html> (дата обращения: 25.04.2017).
12. Гаврилюк С.А. Повышение эффективности восстановительного лечения пациентов с воспалительно-дегенеративными заболеваниями ротаторной манжеты плеча Известия Российской Военно-медицинской академии. – 2019. – Т. 1, № 1. – С. 90-92.
13. Гажонова В.Е., Емельяненко М.В., Онищенко М.П. Ультразвуковые предикторы разрыва вращательной манжеты у пациентов с субакромиальным импиджмент-синдромом плечевого сустава // Кремлевская медицина. Клинический вестник. – 2018. – № 4-2. – С. 26.
14. Гажонова В.Е., Бачурина Е.М., Емельяненко М.В. и др. Значимость рентгенографических показателей для выявления анатомических изменений в плечелопаточном и акромиальном отделах у пациентов с субакромиальным импиджмент-синдромом и разрывами вращательной манжеты плеча // Медицинская визуализация. - 2018. - № 3. – С.98-108.
15. Гиниятуллин М.Н. Высокотехнологичная реабилитация пациентов с заболеваниями опорно-двигательного аппарата посредством СРМ-терапии // Лечебная физкультура и спортивная медицина. - 2016. - № 6 (138). - С. 43–47.
16. Гусарова С.А., Стяжкина Е.М., Гуркина М.В. и др. Новые технологии кинезитерапии в реабилитации пациентов с постинсультными

двигательными нарушениями // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2016. – Т. 93, № 2. – С. 4-8.

17. Даминов В.Д. Роботизированная механотерапия в нейрореабилитации // Вестник Алма-Атинского государственного института усовершенствования врачей. – 2013. – № 3. – С. 83-88.

18. Даминов В.Д. Совершенствование системы технологий роботизированной механотерапии в реабилитации больных с поражением центральной нервной системы: автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – М., 2013. – 27 с.

19. Даминов В.Д., Уварова О.А. Нейрофизиологические предикторы эффективности применения роботизированной механотерапии у больных с ишемическим инсультом // Вестник восстановительной медицины. – 2014. – № 1 (59). – С. 50-53.

20. Даминов В.Д., Уварова О.А. Нейрофизиологические предикторы эффективности применения роботизированной механотерапии у больных с травмой спинного мозга // Вестник восстановительной медицины. – 2013. – № 6 (58). – С. 37-40.

21. Даниленко О.А. Консервативное лечение травматических повреждений ротаторно-бицепитального комплекса // Медицинский журнал. – 2019. – № 1 (67). – С. 124-128.

22. Даниленко О.А., Макаревич Е.Р. Повреждения ротаторно-бицепитального комплекса при хронической посттравматической нестабильности плечевого сустава // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2018. – № 4 (34). – С. 51-60.

23. Девликамова Ф.И., Хайбуллина Д.Х., Максимов Ю.Н., Губеев Б.Э. Боль в области плечевого сустава - междисциплинарная проблема // Российский журнал боли. – 2019. – Т. 17, № 1. – С. 73-74.

24. Демиденко М.О. Средства кинезиотейпирования плеча в превентивной физической реабилитации в женском триатлоне // Современные здоровьесберегающие технологии. – 2018. – № 2. – С. 45-53.

25. Доколин С.Ю., Артюх В.А., Кузьмина В.И., Ливенцов В.Н. Клинический случай лечения инфекционного осложнения после артроскопического шва вращательной манжеты плечевого сустава // Травматология и ортопедия России. – 2016. - № 22(3). – С. 110-116.

26. Доколин С.Ю., Кузьмина В.И., Базаров И.С., Кислицын М.А. Артроскопическая коррекция повреждений комплекса «сухожилие длинной головки двуглавой мышцы – суставная губа» в лечении пациентов с полнослойными разрывами вращающей манжеты плеча // Травматология и ортопедия России. - 2013. - № 1 (67). – С. 19–27.

27. Доколин С.Ю., Кузьмина В.И., Марченко И.В. и др. Артроскопический шов больших и массивных разрывов вращательной манжеты плечевого сустава: клинические результаты и данные МРТ // Травматология и ортопедия России. – 2017. - № 23(3). – С. 53-68.

28. Доколин С.Ю., Кузьмина В.И., Румакин В.П., Овчаренко А.Б. Что происходит с сухожильной и мышечной тканями вращающей манжеты плеча при полнослойном разрыве: данные МРТ, артроскопического и гистологического исследований // Травматология и ортопедия России. - 2014.- № 3 (73). – С. 93–103.

29. Доколин С.Ю., Варфоломеев А.П., Кузьмина В.И. и др. Среднесрочные результаты реверсивного эндопротезирования у пациентов с артропатией плеча после массивного разрыва вращательной манжеты // Травматология и ортопедия России. -2018. - № 24(2). - С. 7-18.

30. Егiazарян К.А., Лазишвили Г.Д., Ратьев А.П. и др. Оперативное лечение повреждений вращательной манжеты плечевого сустава // Кафедра травматологии и ортопедии. – 2017. – № 2 (28). – С. 15-18.

31. Емельянова М.А., Маркаров Г.С. Эффективность применения Артромота при переломах костей голени в нижней трети после оперативного лечения по данным электромиографии // Лечебная физическая культура: достижения и перспективы развития : материалы V Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. - М., 2016. - С. 112–114.

32. Загородний Н.В., Николаев А.В., Алексеева О.С., Безверхний С.В. Оценка ранних результатов реверсивного эндопротезирования при артропатии плечевого сустава на фоне повреждения вращательной манжеты// Вестник последиplomного медицинского образования. – 2015. - № 1. – С.36 -40.

33. Икоева Г.А., Кивоев О.И. Роботизированная механотерапия в реабилитации детей с церебральным параличом после комплексного ортопедо-хирургического лечения // Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста. – 2013. – Т. 1, № 1. – С. 44-47.

34. Кабаев Е.М., Трубников В.И., Малков А.Б. Возможности применения диагностическо-тренажерного комплекса с биологической обратной связью Contrex в послеоперационной реабилитации при травмах плечевого сустава // Медицина экстремальных ситуаций. – 2017. – Т. 62, № 4. – С. 56-62.

35. Кондырев Н.М., Копенкин С.С., Скороглядов А.В. Способ ранней диагностики повреждений вращающей манжеты плеча // Трудный пациент. – 2015. – Т. 13, № 10-11. – С. 34-36.

36. Лернер В.Л., Савельев А.В., Дерябина Г.И. Физическая реабилитация после хирургического лечения хронической нестабильности плечевого сустава дзюдоистов во втором периоде постиммобилизационного этапа // Физическая культура. Спорт. Туризм. Двигательная рекреация. – 2019. – Т. 4, № 4. – С. 114-121.

37. Лобзин Ю.В., Иванова М.В., Скрипченко Н.В. и др. Опыт применения роботизированной механотерапии в реабилитации детей с

двигательными нарушениями различного генеза // Медицина экстремальных ситуаций. – 2015. – № 1 (51). – С. 22-26.

38. Макарова М.Р., Лядов К.В., Турова Е.А., Кочетков А.В. Возможности современной механотерапии в коррекции двигательных нарушений неврологических больных // Вестник восстановительной медицины. – 2014. – № 1 (59). – С. 54-62.

39. Макарова М.Р., Ромашин О.В., Турова Е.А., Разумов А.Н. Современные аспекты аппаратных методов реабилитации неврологических больных // Академический журнал Западной Сибири. - 2013. - Т. 9, № 3 (46). - С. 60–61.

40. Марайта А.М.А., Попадюха Ю., Назаренко В. Обоснование программы физической реабилитации больных после артроскопической реконструкции ротаторной манжеты плеча // Теорія і методика фізичного виховання і спорту. – 2015. – Т. 2015, № 1. – С. 16-21.

41. Мизиева З.М., Ширшова Е.В. Опыт применения роботизированной механотерапии у пациентов, перенесших ОНМК с двигательными нарушениями функции верхней конечности // Клиническая неврология. – 2015. – № 3. – С. 23-26.

42. Миromanов А.М., Миromanов М.М., Борзунов Д.Ю. Современные аспекты развития и лечения хронической нестабильности плечевого сустава (обзор литературы) // Забайкальский медицинский вестник. – 2018. – № 4. – С. 123-132.

43. Михалёва А.В., Куликов А.Г., Макарова И.Н. Роль упражнений с динамическим контролируемым напряжением мышц в реабилитации пациентов после оперативного лечения разрыва вращательной манжеты плеча // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2017. – Т. 16, № 6. – С. 307-309.

44. Монастырев В.В., Васильев В.Ю., Пусева М.Э., Тишков Н.В. Наш опыт хирургического лечения пациентов с тотальным застарелым повреждением сухожилий ротаторной манжеты плеча // Бюллетень Восточно-

Сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2013. – № 1 (89). – С. 59-63.

45. Монастырев В.В., Михайлов И.Н., Меньшова Д.В. Комбинированное повреждение сухожилия ротаторной манжеты плеча и сухожилия длинной головки двуглавой мышцы плеча // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). – 2018. – Т. 155, № 4. – С. 43-47.

46. Нестеренко В.А. Поражение околоуставных мягких тканей плеча: патогенез, клиническая картина, современные подходы к терапии // Научно-практическая ревматология. – 2018. – Т. 56, № 5. – С. 622-634.

47. Нуржанова З.М., Блохина О.Ю. Роль роботизированной механотерапии в восстановлении функции верхних конечностей // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2017. – № 1 (127). – С. 62-63.

48. Нурманова Ш.А. Роботизированная механизированная нейрореабилитация // Нейрохирургия и неврология Казахстана. - 2013.- № 1 (30). - С. 3–6.

49. Орлецкий А.К., Тимченко Д.О., Гордеев Н.А. Посттравматическая патология плечевого сустава. современный взгляд на клинико-диагностические аспекты // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2018. – № 3. – С. 112-116.

50. Орлецкий А.К., Тимченко Д.О., Крылов С.В. Современные методы лечения посттравматической патологии плечевого сустава // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. – 2018. – № 2. – С. 109-113.

51. Пирожкова Т.А., Мозговых А.Ю. Плечевой сустав: определение функции // Медико-социальные проблемы инвалидности. – 2015. – № 1. – С. 57-60.

52. Подгорная О.В., Тарасов Н.И., Кириллова И.С., Давыденко Т.И. Современные технологии механотерапии в медицинской реабилитации детей с

травмой конечностей // Кремлевская медицина. Клинический вестник. – 2016. – № 3. – С. 55-58.

53. Проказова П.Р., Пирадов М.А., Рябинкина Ю.В. и др. Роботизированная механотерапия с использованием тренажера Motomed letto2 в комплексной ранней реабилитации больных с инсультом в отделении реанимации и интенсивной терапии // Анналы клинической и экспериментальной неврологии. – 2013. – Т. 7, № 2. – С. 11-15.

54. Самков А.С., Ерёмушкин М.А., Федотов Е.Ю. и др. Алгоритм клинической диагностики и консервативного лечения патологии плечевого сустава // Вестник восстановительной медицины. – 2014. – № 3 (61). – С. 69-74.

55. Смирнова О.Ю., Смирнова Л.В., Дунаева М.П. Применение роботизированной механотерапии при двигательных расстройствах у детей // Политравма. – 2015. – № 4. – С. 46-54.

56. Суслин А.В. Современные консервативные методы лечения повреждения ротаторной манжеты и импиджмент-синдрома плеча у спортсменов // Аллея науки. – 2018. – Т. 4, № 9 (25). – С. 409-412.

57. Федорова Т.Н., Троицкий Н.П. Алгоритм применения средств и методов физической реабилитации при ограничении отведения в плечевом суставе // Адаптивная физическая культура. – 2018. – № 2 (74). – С. 42-45.

58. Физическая реабилитация / под ред. С.Н. Попова. - М. : Academia, 2013. - 304 с.

59. Фоменко С.М., Алекперов А.А., Симагаев Р.О. Повреждения ротаторной манжеты // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 6. – С. 21.

60. Хан М.А., Подгорная О.В., Макарова М.Р. и др. Применение роботизированной механотерапии в реабилитации детей с последствиями травмы конечностей // Вестник восстановительной медицины. – 2014. – № 4 (62). – С. 35-41.

61. Шелякина О.В., Мамонова Н.В., Аронов А.М. и др. Комплекс роботизированной механотерапии для дистанционной реабилитации больных с патологией крупных суставов // Медицинская техника. – 2017. – № 6 (306). – С. 36-39.
62. Aguado G., Obando D.V., Herrera G.A. et al. Retears of the Rotator Cuff: An Ultrasonographic Assessment During the First Postoperative Year // Orthop. J. Sports Med. – 2019. – Vol. 7 (12). – 2325967119889049. [eCollection].
63. Ahmad Z., Al-Wattar Z., Rushton N. Tissue Engineering for the Ovine Rotator Cuff: Surgical Anatomy, Approach, Implantation and Histology Technique, along with Review of Literature// J. Invest. Surg. – 2020. – Vol. 33 (2). – P. 147-158.
64. Ahmadpour N, Randall H, Choksi H, Gao A, Vaughan C, Poronnik P. Virtual Reality interventions for acute and chronic pain management. Int J Biochem Cell Biol. 2019 Sep;114:105568. doi: 10.1016/j.biocel.2019.105568. Epub 2019 Jul 12. PMID: 31306747.
65. Aleem A.W., Brophy R.H. Outcomes of rotator cuff surgery: what does the evidence tell us? // Clin Sports Med. - 2012. - Vol.31. - P.665–674.
66. Altintas B., Anderson N., Dornan G.J. et al. Return to Sport After Arthroscopic Rotator Cuff Repair: Is There a Difference Between the Recreational and the Competitive Athlete // Am. J. Sports Med. – 2020. – Vol. 48 (1). – P. 252-261.
67. Angelo R.L., Tauro J., St Pierre P. et al. Arthroscopic Rotator Cuff Repair Metrics: Establishing Face, Content, and Construct Validity in a Cadaveric Model // Arthroscopy. – 2020. – Vol. 36 (1). – P. 71-79.
68. Atesok K., MacDonald P., Leiter J. et al. The effect of deep shoulder infections on patient outcomes after arthroscopic rotator cuff repair: a retrospective comparative study // Muscles Ligaments Tendons J. – 2018. – Vol. 7 (4). – P. 590-597.

69. Attia M., Scott A., Duchesnay A. et al. Alterations of overused supraspinatus tendon: a possible role of glycosaminoglycans and HARP/pleiotrophin in early tendon pathology // *J. Orthop. Res.* -2012. - Vol.30. - P.61–71.
70. Azzam M.G., Dugas J.R., Andrews J.R. et al. Rotator Cuff Repair in Adolescent Athletes // *Am. J. Sports Med.* – 2018. – Vol. 46 (5). – P. 1084-1090.
71. Bahk M., Keyurapan E., Tasaki A. et al. Laxity testing of the shoulder: a review // *Am. J. Sports Med.* - 2007. - Vol.35. - P.131–144.
72. Bahat H.S., Takasaki H., Chen X., Bet-Or Y., Treleaven // *J. Cervical kinematic training with and without interactive VR training for chronic neck pain: a randomized clinical trial. Man Ther.* 2015;20:68–78.
73. Barber F.A. PRP as an Adjunct to Rotator Cuff Tendon Repair // *Sports Med. Arthrosc. Rev.* – 2018. – Vol. 26 (2). – P. 42-47.
74. Beaton D.E., Katz J.N., Fossel A.H., Wright J.G., Tarasuk V., Bombardier C. // Measuring the whole or the parts?: validity, reliability, and responsiveness of the Disabilities of the Arm, Shoulder and Hand outcome measure in different regions of the upper extremity. *Journal of Hand Therapy.* 2001 Apr 1;14(2):128-42.
75. Bejer A., Szczepanik M., Plocki J. et al. Translation, cross-cultural adaptation and validation of the polish version of the Oxford Shoulder Score in patients undergoing arthroscopic rotator cuff repair // *Health Qual. Life Outcomes.* – 2019. – Vol. 17 (1). – P. 191.
76. Bernal J.M.P., Martín-Valero R., Barón-López F., García-Gómez O. Effectiveness of telerehabilitation programme following surgery in shoulder impingement syndrome (SIS): Study protocol for a randomized controlled non-inferiority trial. *Trials.* 2017;18:82. doi: 10.1186/s13063-017-1822-x.
77. Bouaicha S., Kuster R.P., Schmid B. et al. Biomechanical analysis of the humeral head coverage, glenoid inclination and acromio-glenoidal height as isolated components of the critical shoulder angle in a dynamic cadaveric shoulder model // *Clin. Biomech (Bristol, Avon).* – 2019. – Vol. 72. – P. 115-121.

78. Boudreault J., Desmeules F., Roy J.S. et al. The efficacy of oral non steroidal anti-inflammatory drugs for rotator cuff tendinopathy: a systematic review and meta-analysis // *J. Rehabil. Med.* - 2014. - Vol.46 (4). - P.294–306.

79. Braun C., Handoll H.H. Estimating the Minimal Important Difference for the Western Ontario Rotator Cuff Index (WORC) in adults with shoulder pain associated with partial-thickness rotator cuff tears // *Musculoskelet. Sci. Pract.* – 2018. – Vol. 35. – P. 30-33.

80. Brinkman J.C., Zaw T.M., Fox M.G. et al. Calcific tendonitis of the shoulder: protector or predictor of cuff pathology An MRI-based study // *Arthroscopy.* – 2019. – Dec 6. doi: 10.1016/j.arthro.2019.11.127. [Epub ahead of print].

81. Burkhart S.S., Denard P.J., Konicek J., Hanypsiak B.T. Biomechanical validation of load-sharing rip-stop fixation for the repair of tissue deficient rotator cuff tears // *Am. J. Sports Med.* - 2014. - Vol.42. - P.457–462.

82. Burkhart S.S., Prankun J.J., Hartzler R.U. Superior Capsular Reconstruction for the Operatively Irreparable Rotator Cuff Tear: Clinical Outcomes Are Maintained 2 Years After Surgery // *Arthroscopy.* – 2019. – Dec 18. doi: 10.1016/j.arthro.2019.08.035. [Epub ahead of print].

83. Burne G., Mansfield M., Gaida J.E., Lewis J.S. Is there an association between metabolic syndrome and rotator cuff-related shoulder pain A systematic review // *BMJ Open Sport Exerc. Med.* – 2019. – Vol. 5 (1). – e000544. [eCollection].

84. Cai Y.Z., Zhang C., Jin R.L. et al. Arthroscopic Rotator Cuff Repair With Graft Augmentation of 3-Dimensional Biological Collagen for Moderate to Large Tears: A Randomized Controlled Study // *Am. J. Sports Med.* – 2018. – Vol. 46 (6). – P. 1424-1431

85. Chalmers P.N., Granger E., Nelson R. et al. Factors Affecting Cost, Outcomes, and Tendon Healing After Arthroscopic Rotator Cuff Repair // *Arthroscopy.* – 2018. – Vol. 34 (5). – P. 1393-1400.

86. Chang K.V., Hung C.Y., Han D.S. et al. Early versus delayed passive range of motion exercise for arthroscopic rotator cuff repair: a meta-analysis of randomized controlled trials // *Am. J. Sports Med.* - 2015. - Vol.43. - P.1265–1273.
87. Chechik O., Dolkart O., Mozes G. et al. Timing matters: NSAIDs interfere with the late proliferation stage of a repaired rotator cuff tendon healing in rats // *Arch. Orthop. Trauma Surg.* - 2014. - Vol.134 (4).- P.515–520.
88. Chen M.R., Dragoo J.L. The effect of nonsteroidal anti-inflammatory drugs on tissue healing // *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* - 2013.- Vol.21(3).- P.540–549.
89. Colvin A.C., Egorova N., Harrison A.K. et al. National trends in rotator cuff repair // *J. Bone Joint Surg. Am.* - 2012. - Vol.94. - P.227–233.
90. Çubukçu B., Yuzgec U., Zileli R., Zileli A. Reliability and validity analyzes of Kinect V2 based measurement system for shoulder motions. *Med. Eng. Phys.* 2019;76:20–31. doi: 10.1016/j.medengphy.2019.10.017.
91. Cuff D.J., Pupello D.R. Prospective randomized study of arthroscopic rotator cuff repair using an early versus delayed postoperative physical therapy protocol // *J. Shoulder Elbow Surg.* - 2012. - Vol.21 (11). - P.1450–1455.
92. Cui J, Yeh SC, Lee SH. Wearable Sensors Integrated with Virtual Reality: A Self-Guided Healthcare System Measuring Shoulder Joint Mobility for Frozen Shoulder. *J Healthc Eng.* 2019 Apr 10;2019:7681237. doi: 10.1155/2019/7681237. PMID: 31093320; PMCID: PMC6481148.
93. Curtis A.S., Burbank K.M., Tierney J.J. et al. The insertional footprint of the rotator cuff: an anatomic study // *Arthroscopy.* - 2006. - Vol.22:609.
94. Cvetanovich G.L., Waterman B.R., Verma N.N., Romeo A.A. Management of the Irreparable Rotator Cuff Tear // *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* – 2019. – Vol. 27 (24). – P. 909-917.
95. Dabija DI, Gao C, Edwards TL, Kuhn JE, Jain NB. Genetic and familial predisposition to rotator cuff disease: a systematic review. *Journal of Shoulder and Elbow Surgery* 2017;26(6):1103-12. [PUBMED: 28162885]

96. Davidson J., Burkhart S.S. The geometric classification of rotator cuff tears: a system linking tear pattern to treatment and prognosis // *Arthroscopy*. - 2010.- Vol.26(3). - P.417–424.
97. Davies M.R., Garcia S., Tamaki S. et al. Muscle stem cell activation in a mouse model of rotator cuff injury // *J. Orthop. Res.* – 2018. – Vol. 36 (5). – P. 1370-1376.
98. de Castro P.A., Ejnisman B., de Seixas Alves M.T. et al. Overuse of training increases mechanoreceptors in supraspinatus tendon of rats SHR // *J. Orthop. Res.* - 2011. - Vol.29. - P.1771–1774.
99. Denard P.J., Jiwani A.Z., Ladermann A. et al. Long-term outcome of arthroscopic massive rotator cuff repair: the importance of doublerow fixation // *Arthroscopy*. - 2012. - Vol.28(7). - P.909–915.
100. Ditsios K., Agathangelidis F., Boutsiadis A. et al. Long head of the biceps pathology combined with rotator cuff tears // *Adv. Orthop.* - 2012;2012:405472.
101. Doiron-Cadrin P., Kairy D., Vendittoli P.-A., Lowry V., Poitras S., Desmeules F. Effects of a tele-prehabilitation program or an in-person prehabilitation program in surgical candidates awaiting total hip or knee arthroplasty: Protocol of a pilot single blind randomized controlled trial. *Contemp. Clin. Trials Commun.* 2016;4:192–198. doi: 10.1016/j.conctc.2016.10.001.
102. Dorrestijn O., Stevens M., Winters J.C. et al. Conservative or surgical treatment for subacromial impingement syndrome? A systematic review // *J. Shoulder Elbow Surg.* - 2009. - Vol.18(4). - P.652–660.
103. Edelstein L., Thomas S.J., Soslowsky L.J. Rotator cuff tears: what have we learned from animal models? // *J. Musculoskelet Neuronal Interact.* - 2011. - Vol.11. - P.150–162.
104. Edwards S.L., Lynch T.S., Saltzman M.D. et al. Biologic and pharmacologic augmentation of rotator cuff repairs // *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* - 2011. - Vol.19.- P.583-589.

105. Ensor K.L., Kwon Y.W., Dibeneditto M.R. et al. The rising incidence of rotator cuff repairs // J. Shoulder Elbow Surg. - 2013. - Vol.22 (12). - P.1628–1632.
106. Fernandez-Matias R., Gallardo-Zamora P., Sanchez-Aguilera C.L. et al. Reliability of the Scapula Reposition Test in Subjects with Rotator Cuff Tendinopathy and Scapular Dyskinesis // J. Clin. Med. – 2019. – Vol. 9 (1). – E80.
107. Figueiredo E.A., Loyola L.C., Belangero P.S. et al. Rotator Cuff Tear Susceptibility Is Associated With Variants in Genes Involved in Tendon Extracellular Matrix Homeostasis // J. Orthop. Res. – 2020. – Vol. 38 (1). – P. 192-201.
108. Fisiotek 2000: Оборудование для физиотерапии и реабилитации. URL: <http://octomed.ru/details/Fisiotek-2000-rimes/> (дата обращения: 25.04.2017).
109. Frisch K.E., Marcu D., Baer G.S. et al. The influence of partial and full thickness tears on infraspinatus tendon strain patterns // J. Biomech. Engl. - 2014. - Vol.136:051004.
110. Fu X., Yung P.S., Ma C.C., Leong H.T. Scapular Kinematics in Athletes With and Without Rotator Cuff Tendinopathy: A Systematic Review // J. Sport Rehabil. – 2019. – Dec 22. doi: 10.1123/jsr.2019-0095. [Epub ahead of print].
111. Fung D.T., Wang V.M., Andarawis-Puri N. et al. Early response to tendon fatigue damage accumulation in a novel in vivo model // J. Biomech. - 2010. - Vol.43. - P.274–279.
112. Galatz L.M., Sandell L.J., Rothermich S.Y. et al. Characteristics of the rat supraspinatus tendon during tendon-to-bone healing after acute injury // J. Orthop. Res. - 2006. - Vol.24. - P.541–550.
113. Gartsman G.M., Drake G., Edwards T.B. et al. Ultrasound evaluation of arthroscopic full thickness supraspinatus rotator cuff repair: single-row versus double-row suture bridge (transosseous equivalent) fixation. Results of a prospective, randomized study // J. Shoulder Elbow Surg. - 2013. - Vol.22. - P.1480–1487.
114. Gautieri A., Vesentini S., Redaelli A., Buehler M.J. Hierarchical structure and nanomechanics of collagen microfibrils from the atomistic scale up // Nano Lett. - 2011. - Vol.11. - P.757–766.

115. Gerber C., Canonica S., Catanzaro S. et al. Longitudinal observational study of reverse total shoulder arthroplasty for irreparable rotator cuff dysfunction: results after 15 years // J. Shoulder Elbow Surg. – 2018. – Vol. 27 (5). – P. 831-838.
116. Gil J.A., Durand W.M., Johnson J.P. et al. Unanticipated Admission Following Outpatient Rotator Cuff Repair: An Analysis of 18,061 Cases // Orthopedics. – 2018. – Vol. 41 (3). – P. 164-168.
117. Giphart J.E., Elser F., Dewing C.B. et al. The long head of the biceps tendon has minimal effect on in vivo glenohumeral kinematics: a biplane fluoroscopy study // Am. J. Sports Med. - 2012. - Vol.40. - P.202–212.
118. Gokeler A., Bisschop M., Myer G.D., et al. Immersive virtual reality improves movement patterns in patients after ACL reconstruction: implications for enhanced criteria-based return-to-sport rehabilitation. // Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2016;24:2280–2286.
119. Gombera MM, Sekiya JK. Rotator cuff tear and glenohumeral instability : a systematic review. Clinical Orthopaedics and Related Research 2014;472(8):2448-56. [PUBMED: 24043432]
120. Greis A.C., Derrington S.M., McAuliffe M. Evaluation and nonsurgical management of rotator cuff calcific tendinopathy // Orthop. Clin. North Am. - 2015. - Vol.46(2). - P.293–302.
121. Gummesson C, Ward MM, Atroshi I. The shortened disabilities of the arm, shoulder and hand questionnaire (Quick DASH): validity and reliability based on responses within the full-length DASH. BMC musculoskeletal disorders. 2006 Dec 1;7(1):44.
122. Greenspoon J.A., Petri M., Warth R.J., Millett P.J. Massive rotator cuff tears: pathomechanics, current treatment options, and clinical outcomes // J Shoulder Elbow Surg. – 2015.- Vol. 24(9). – P.1493-505. doi: 10.1016/j.jse.2015.04.005.
123. Gummesson C, Atroshi I, Ekdahl C. The disabilities of the arm, shoulder and hand (DASH) outcome questionnaire: longitudinal construct validity and

measuring self-rated health change after surgery. *BMC Musculoskelet Disord.* 2003;4:11. doi:10.1186/1471-2474-4-11

124. Harris J.D., Pedroza A., Jones G.L. Predictors of pain and function in patients with symptomatic, atraumatic full-thickness rotator cuff tears: a time-zero analysis of a prospective patient cohort enrolled in a structured physical therapy program // *Am. J. Sports Med.* - 2012. - Vol.40(2). - P.359–366.

125. Hegedus EJ, Cook C, Brennan M, Wyland D, Garrison JC, Driesner D. Vascularity and tendon pathology in the rotator cuff: a review of literature and implications for rehabilitation and surgery. *British Journal of Sports Medicine* 2010;44(12):838-47. [PUBMED: 19293165]

126. Heers G., Anders S., Werther M. et al. Efficacy of home exercises for symptomatic rotator cuff tears in correlation to the size of the defect // *Sportverletzung Sportschaden.*- 2005. - Vol.19(1). - P.22–27.

127. Hersche O., Gerber C. Passive tension in the supraspinatus musculotendinous unit after long-standing rupture of its tendon: a preliminary report. *J. Shoulder Elbow Surg.* 1998;7(4):393–396. doi: 10.1016/S1058-2746(98)90030-1.

128. Heuberger P.R., Pauzenberger L., Gruber M.S. et al. Delaminated Rotator Cuff Tears Showed Lower Short-term Retear Rates After Arthroscopic Double-Layer Repair Versus Bursal Layer-Only Repair: A Randomized Controlled Trial // *Am. J. Sports Med.* – 2020. – Jan 9. doi: 10.1177/0363546519897033. [Epub ahead of print].

129. Hoessly M., Bouaicha S., Jentzsch T., Meyer D.C. Angle of approach to the superior rotator cuff of arthroscopic instruments depends on the acromial morphology: an experimental study in 3D printed human shoulders // *J. Orthop. Surg. Res.* – 2019. – Vol. 14 (1). – P. 435.

130. Hohn E.A., Gillette B.P., Burns J.P. Outcomes of arthroscopic revision rotator cuff repair with acellular human dermal matrix allograft augmentation // *J. Shoulder Elbow Surg.* – 2018. – Vol. 27 (5). – P. 816-823.

131. Hoppe S., Alini M., Benneker L.M. et al. Tenocytes of chronic rotator cuff tendon tears can be stimulated by platelet-released growth factors // J. Shoulder Elbow Surg. - 2013. - Vol.22. - P.340–349.
132. Hsu J.E., Reuther K.E., Sarver J.J. et al. Restoration of anterior-posterior rotator cuff force balance improves shoulder function in a rat model of chronic massive tears // J. Orthop. Res. - 2011. - Vol.29. - P.1028–1033.
133. Huang T., Liu J., Ma Y. et al. Diagnostic accuracy of MRA and MRI for the bursal-sided partial-thickness rotator cuff tears: a meta-analysis // J. Orthop. Surg. Res. – 2019. – Vol. 14 (1). – P. 436.
134. Huberty DP, Schoolfield JD, Brady PC, et al. Incidence and treatment of postoperative stiffness following arthroscopic rotator cuff repair. Arthroscopy. 2009;25:880–890.
135. Hwang E., Carpenter J.E., Hughes R.E., Palmer M.L. Shoulder labral pathomechanics with rotator cuff tears // J. Biomech. - 2014. - Vol.47. - P.1733–1738.
136. Ilkhani-Pour S., Dunkman A., Solsowsky L. The basic science of rotator cuff tendons and healing. In: Nicholson GP, editor. Orthopaedic knowledge update: shoulder and elbow. 4th ed. Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons, 2013. - P. 13–29.
137. Iannotti J.P., Deutsch A., Green A. et al. Time to failure after rotator cuff repair: a prospective imaging study // J. Bone Joint Surg. Am. - 2013. - Vol.95(11).- P.965–971.
138. Itoigawa Y., Wada T., Kawasaki T. et al. Supraspinatus Muscle and Tendon Stiffness Changes After Arthroscopic Rotator Cuff Repair: A Shear Wave Elastography Assessment // J. Orthop. Res. – 2020. – Vol. 38 (1). – P. 219-227.
139. Jeong J.Y., Park K.M., Sundar S., Yoo J.C. Clinical and radiologic outcome of arthroscopic rotator cuff repair: single-row versus transosseous equivalent repair // J. Shoulder Elbow Surg. – 2018. – Vol. 27 (6). – P. 1021-1029.

140. 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*. - 2015. - Vol.31(1). - P.118–124.
141. Johnson MP, Crossley KL, O'Neil ME, Al-Zakwani IS. Estimates of direct healthcare expenditures among individuals with shoulder dysfunction in the United States. American Society of Shoulder and Elbow Therapists. Available at:http://www.asset-usa.org/Abstracts/Johnson_Crossley_Oneil_AlKakwani.htm 2004.
142. Jones T, Moore T, Choo J. The Impact of Virtual Reality on Chronic Pain. *PLoS One*. 2016 Dec 20;11(12):e0167523. doi: 10.1371/journal.pone.0167523. PMID: 27997539; PMCID: PMC5172565.
143. Kang M., Bladon J., Sergio L.E. Group format rehabilitation is equally effective as individual therapy in patients with surgically repaired rotator cuff tears // *Physiother. Res. Int.* – 2020 Jan. – Vol. 25 (1). – e1795.
144. Karjalainen T.V., Jain N.B., Heikkinen J. et al. Surgery for rotator cuff tears // *Cochrane Database Syst. Rev.* – 2019. – Vol. 12. – CD013502.
145. Keener J.D., Aleem A.W., Chamberlain A.M. et al. Factors associated with choice for surgery in newly symptomatic degenerative rotator cuff tears: a prospective cohort evaluation // *J. Shoulder Elbow Surg.* – 2020. – Vol. 29 (1). – P. 12-19.
146. Keener J.D., Galatz L.M., Stobbs-Cucchi G. et al. Rehabilitation following arthroscopic rotator cuff repair: a prospective randomized trial of immobilization compared with early motion // *J. Bone Joint Surg. Am.* - 2014. - Vol.96(1). - P.11–19.
147. Kelly B.T., Roskin L.A., Kirkendall D.T., Speer K.P. Shoulder muscle activation during aquatic and dry land exercises in nonimpaired subjects. *J. Orthop. Sports Phys. Ther.* 2000;30(4):204–210. doi: 10.2519/jospt.2000.30.4.204.

148. Ker D.F.E., Wang D., Behn A.W. et al. Functionally Graded, Bone- and Tendon-Like Polyurethane for Rotator Cuff Repair // *Adv. Funct. Mater.* – 2018. – Vol. 28 (20). – 1707107. [Epub].
149. Zhang K, de Sa D, Kanakamedala A, Sheean AJ, Vyas D. Management of Concomitant Preoperative Rotator Cuff Pathology and Adhesive Capsulitis: A Systematic Review of Indications, Treatment Approaches, and Outcomes. *Arthroscopy*. 2019;35(3):979-993. doi:10.1016/j.arthro.2018.10.126
150. Kijima H., Minagawa H., Nishi T. et al. Long-term follow-up of cases of rotator cuff tear treated conservatively // *J. Shoulder Elbow Surg.* - 2012. - Vol.21(4). - P.491–494.
151. Kikukawa K., Ide J., Kikuchi K. et al. Hypertrophic changes of the teres minor muscle in rotator cuff tears: quantitative evaluation by magnetic resonance imaging // *J. Shoulder Elbow Surg.* - 2014. - Vol.23(12). - P.1800-1805.
152. Kim J.Y., Rhee Y.G. The prevalence and morphometric analysis of ossified superior transverse scapular ligaments in patients with rotator cuff tears // *J. Shoulder Elbow Surg.* – 2018. – Vol. 27 (6). – P. 1044-1050.
153. Kim K.J., Heo M. Effects of virtual reality programs on balance in functional ankle instability. // *J Phys Ther Sci*. 2015;27:3097–3101.
154. Kim Y.S., Lee H.J., Kim J.H., Noh D.Y. When Should We Repair Partial-Thickness Rotator Cuff Tears Outcome Comparison Between Immediate Surgical Repair Versus Delayed Repair After 6-Month Period of Nonsurgical Treatment // *Am. J. Sports. Med.* – 2018. – Vol. 46 (5). – P. 1091-1096.
155. Kinetec™ Spectra™ // МедКонтакт. URL: <http://www.medkontakt.spb.ru/catalog/rehabilitation/passivnaya-razrabotka-sustavov/1072/> (дата обращения: 25.04.2017).
156. Kovacevic D., Fox A., Bedi A. et al. Calcium-phosphate matrix with or without TGF-beta3 improves tendon-bone healing after rotator cuff repair // *Am. J. Sports Med.* - 2011. - Vol.39 - P.811–819.

157. Kramer E.J., Bodendorfer B.M., Laron D. et al. Evaluation of cartilage degeneration in a rat model of rotator cuff tear arthropathy // J. Shoulder Elbow Surg.- 2013. - Vol.22. - P.1702–1709.
158. Krischak G., Gebhard F., Reichel H. et al. A prospective randomized controlled trial comparing occupational therapy with home based exercises in conservative treatment of rotator cuff tears // J Shoulder Elbow Surg. - 2013. - Vol.22(9). - P.1173–1179.
159. Kuhn J.E., Dunn W.R., Sanders R. et al. Effectiveness of physical therapy in treating atraumatic full-thickness rotator cuff tears: a multicenter prospective cohort study // J. Shoulder Elbow Surg. - 2013. - Vol.22(10). - P.1371–1379.
160. Kuether J., Moore A., Kahan J., Martucci J., Messina T., Perreault R., Sembler R., Tarutis J., Zazulak B., Rubin L.E., et al. Telerehabilitation for total hip and knee arthroplasty patients: A pilot series with high patient satisfaction. HSS J. 2019;15:221–225. doi: 10.1007/s11420-019-09715-w
161. Lafosse L., Lanz U., Saintmard B., Campens C. Arthroscopic repair of subscapularis tear: surgical technique and results // Orthop. Traumatol. Surg. Res. - 2010. - Vol.96. - P.99–108.
162. Le B.T., Wu X.L., Lam P.H. et al. Factors predicting rotator cuff retears: an analysis of 1000 consecutive rotator cuff repairs // Am. J. Sports Med. - 2014. - Vol.42(5). - P.1134–1142.
163. Lee B.G., Cho N.S., Rhee Y.G. Effect of two rehabilitation protocols on range of motion and healing rates after arthroscopic rotator cuff repair: aggressive versus limited early passive exercises // Arthroscopy. - 2012. - Vol.28(1). - P.34–42.
164. Liu F., Dong J., Kang Q. et al. Subacromial balloon spacer implantation for patients with massive irreparable rotator cuff tears achieves satisfactory clinical outcomes in the short and middle of follow-up period: a meta-analysis // Knee Surg.

Sports Traumatol. Arthrosc. – 2020. – Jan 2. doi: 10.1007/s00167-019-05834-3. [Epub ahead of print].

165. Livesey M., Horneff J.G. 3rd, Sholder D. et al. Functional Outcomes and Predictors of Failure After Rotator Cuff Repair During Total Shoulder Arthroplasty // Orthopedics. – 2018. – Vol. 41 (3). – P. 334-339.

166. Lugo R., Kung P., Ma C.B. Shoulder biomechanics // Eur. J. Radiol. - 2008. - Vol.68. - P.16–24.

167. Maeda E., Fleischmann C., Mein C. et al. Functional analysis of tenocytes gene expression in tendon fascicles subjected to cyclic tensile strain // Connect Tissue Res. - 2010. - Vol.51. - P.434–444.

168. Magnusson S.P., Langberg H., Kjaer M. The pathogenesis of tendinopathy: balancing the response to loading // Nat. Rev. Rheumatol. - 2010. - Vol.6. - P.262–268.

169. Major D.H., Roe Y., Grotle M. et al. Content reporting of exercise interventions in rotator cuff disease trials: results from application of the Consensus on Exercise Reporting Template (CERT) // BMJ Open Sport Exerc. Med. – 2019. – Vol. 5 (1). – e000656.

170. Mall N.A., Tanaka M.J., Choi L.S., Paletta G.A. Factors affecting rotator cuff healing // J. Bone Joint Surg Am. - 2014. - Vol.96. - P.778–788.

171. Matamala-Gomez M, Donegan T, Bottiroli S, Sandrini G, Sanchez-Vives MV, Tassorelli C. Immersive Virtual Reality and Virtual Embodiment for Pain Relief. Front Hum Neurosci. 2019 Aug 21;13:279. doi: 10.3389/fnhum.2019.00279. PMID: 31551731; PMCID: PMC6736618.

172. Matsuba T., Hata Y., Ishigaki N. et al. Osteoarthritis progression of the shoulder: A long-term follow-up after mini-open rotator cuff repair // J. Orthop. Surg. (Hong Kong). – 2018. – Vol. 26 (2). – 2309499018768106.

173. Mazzocca A.D., McCarthy M.B., Chowanec D. et al. Bone marrow-derived mesenchymal stem cells obtained during arthroscopic rotator cuff repair

surgery show potential for tendon cell differentiation after treatment with insulin // Arthroscopy. - 2011. - Vol.27. - P.1459–1471.

174. McCormick F., Gupta A., Bruce B. et al. Single-row, double-row, and transosseous equivalent techniques for isolated supraspinatus tendon tears with minimal atrophy: a retrospective comparative outcome and radiographic analysis at minimum 2-year follow up // Int. J. Shoulder Surg. - 2014. - Vol.8. - P.15–20.

175. McFarland E.G., Maffulli N., Del Buono A. et al. Impingement is not impingement: the case for calling it “Rotator Cuff Disease” // Muscles Ligaments Tendons J. - 2013. - Vol.3. - P.196–200.

176. Mesiha M.M., Derwin K.A., Sibole S.C. et al. The biomechanical relevance of anterior rotator cuff cable tears in a cadaveric shoulder model // J. Bone Joint Surg. Am.- 2013. - Vol.95. - P.1817–1824.

177. Micic I., Kholinne E., Hong H. et al. Navigation-assisted suture anchor insertion for arthroscopic rotator cuff repair // BMC Musculoskelet Disord. – 2019. – Vol. 20 (1). – P. 633.

178. 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 // Am. J. Sports Med. – 2018. – Vol. 46 (5). – P. 1077-1083.

179. Millar N.L., Wei A.Q., Molloy T.J. et al. Cytokines and apoptosis in supraspinatus tendinopathy // J Bone Joint Surg. - 2009. - Vol.91. - P.417–424.

180. Miller K.S., Edelstein L., Connizzo B.K., Soslowsky L.J. Effect of preconditioning and stress relaxation on local collagen fiber realignment: inhomogeneous properties of rat supraspinatus tendon // J. Biomech. Engl. - 2012. - Vol.134:031007.

181. Minagawa H, Yamamoto N, Abe H, Fukuda M, Seki N, Kikuchi K, Kijima H, Itoi E.. Prevalence of symptomatic and asymptomatic rotator cuff tears in the general population: From mass-screening in one village. J Orthop 2013; 10 (1): 8–12.

182. Moor B.K., Bouaicha S., Rothenfluh D.A. et al. Is there an association between the individual anatomy of the scapula and the development of rotator cuff tears or osteoarthritis of the glenohumeral joint?: A radiological study of the critical shoulder angle // *Bone Joint J.* - 2013. - Vol.95. - P.935–941.
183. Moore S.M., Ellis B., Weiss J.A. et al. The glenohumeral capsule should be evaluated as a sheet of fibrous tissue: a validated finite element model // *Ann. Biomed. Engl.* - 2010. - Vol.38. - P. 66–76.
184. Moosmayer S., Lund G., Seljom U. et al. Comparison between surgery and physiotherapy in the treatment of small and medium sized tears of the rotator cuff: a randomised controlled study of 103 patients with one-year follow-up // *J. Bone Joint Surg Br.* - 2010. - Vol.92 (1). - P.83–91.
185. Morelli KM, Martin BR, Charakla FH, Durmisevic A, Warren GL. Acromion morphology and prevalence of rotator cuff tear: A systematic review and meta-analysis. *Clinical anatomy* (New York, N.Y.) 2019;32(1):122-30. [PUBMED: 30362636]
186. Morikawa D., Muench L.N., Baldino J.B. et al. Comparison of Preparation Techniques for Isolating Subacromial Bursa-Derived Cells as a Potential Augment for Rotator Cuff Repair // *Arthroscopy.* – 2020. – Vol. 36 (1). – P. 80-85.
187. Muccioli C., Chelli M., Caudal A. et al. Rotator cuff integrity and shoulder function after intra-medullary humerus nailing // *Orthop. Traumatol. Surg. Res.* – 2019. – Dec 24. doi: 10.1016/j.otsr.2019.11.004. [Epub ahead of print].
188. Mueller A.M., Entezari V., Rosso C. et al. The effect of simulated scapular winging on glenohumeral translations // *J. Shoulder Elbow Surg.* - 2013. - Vol.22. - P.986–992.
189. Nakhaei Amroodi M., Salariyeh M. Predictors of failure after conservative treatment of symptomatic partial-thickness rotator cuff tear // *J. Shoulder Elbow Surg.* – 2020. – Vol. 29 (1). – P. 113-120.

190. Narvani A.A, Imam M.A., Godeneche A. et al. Degenerative rotator cuff tear, repair or not repair? A review of current evidence // *Ann. R. Coll. Surg. Engl.* – 2020. – Jan 3. doi: 10.1308/rcsann.2019.0173. [Epub ahead of print].
191. Neer 2nd C.S. Anterior acromioplasty for the chronic impingement syndrome in the shoulder: a preliminary report // *J. Bone Joint Surg. Am.* - 1972. - Vol.54. - P.41–50.
192. Oak N.R., Gumucio J.P., Flood M.D. et al. Inhibition of 5-LOX, COX-1, and COX-2 increases tendon healing and reduces muscle fibrosis and lipid accumulation after rotator cuff repair // *Am. J. Sports Med.* - 2014. - Vol.42(12).- P.2860–2868.
193. Oh J.H., Jun B.J., McGarry M.H., Lee T.Q. Does a critical rotator cuff tear stage exist?: a biomechanical study of rotator cuff tear progression in human cadaver shoulders // *J. Bone Joint Surg Am.* - 2011. - Vol.93. - P.2100–2109.
194. Osborne J.D., Gowda A.L., Wiater B., Wiater J. Rotator cuff rehabilitation: current theories and practice // *The Physician and Sportsmedicine.* - 2016. - Vol. 44 (1). - P.85-92.
195. Ostor AJ, Richards CA, Prevost AT, Speed CA, Hazleman BL. Diagnosis and relation to general health of shoulder disorders presenting to primary care. *Rheumatology (Oxford, England)* 2005;44(6):800-5.
196. Padilla-Castañeda MA, Sotgiu E, Barsotti M, et al. An Orthopaedic Robotic-Assisted Rehabilitation Method of the Forearm in Virtual Reality Physiotherapy. *J Healthc Eng.* 2018;2018:7438609. Published 2018 Aug 1. doi:10.1155/2018/7438609
197. Papadonikolakis A., McKenna M., Warne W. et al. Published evidence relevant to the diagnosis of impingement syndrome of the shoulder // *J Bone Joint Surg Am.* - 2011. - Vol.93. - P.1827–1832.
198. Pekyavas NO, Ergun N. Comparison of virtual reality exergaming and home exercise programs in patients with subacromial impingement syndrome and

scapular dyskinesis: Short term effect. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2017;51(3):238-242. doi:10.1016/j.aott.2017.03.008

199. Peltz C.D., Perry S.M., Getz C.L., Soslowsky L.J. Mechanical properties of the long-head of the biceps tendon are altered in the presence of rotator cuff tears in a rat model // *J. Orthop. Res.* - 2009. - Vol.27. - P.416–420.

200. Peltz C.D., Sarver J.J., Dourte L.M. et al. Exercise following a short immobilization period is detrimental to tendon properties and joint mechanics in a rat rotator cuff injury model // *J. Orthop Res.* - 2010. - Vol.28. - P.841–845.

201. Plachel F., Moroder P., Gehwolf R. et al. Risk Factors for Rotator Cuff Disease: An Experimental Study on Intact Human Subscapularis Tendons // *J. Orthop. Res.* – 2020. – Vol. 38 (1). – P. 182-191.

202. Ravi, D.K. et al. Effectiveness of virtual reality rehabilitation for children and adolescents with cerebral palsy: an updated evidence-based systematic review. *Physiotherapy* vol. 103,3 (2017): 245-258. doi:10.1016/j.physio.2016.08.004

203. Prat D., Tenenbaum S., Pritsch M. et al. Sub-acromial balloon spacer for irreparable rotator cuff tears: Is it an appropriate salvage procedure // *J. Orthop. Surg. (Hong Kong)*. – 2018. – Vol. 26 (2). – 2309499018770887.

204. Reuther K.E., Sarver J.J., Schultz S.M. et al. Glenoid cartilage mechanical properties decrease after rotator cuff tears in a rat model // *J. Orthop. Res.* - 2012. - Vol.30. - P.1435–1439.

205. Reuther K.E., Thomas S.J., Evans E.F. et al. Returning to overuse activity following a supraspinatus and infraspinatus tear leads to joint damage in a rat model // *J. Biomech.* - 2013. - Vol.46. - P.1818–1824.

206. Reuther K.E., Thomas S.J., Sarver J.J. et al. Effect of return to overuse activity following an isolated supraspinatus tendon tear on adjacent intact tendons and glenoid cartilage in a rat model // *J. Orthop. Res.* - 2013. - Vol.31. - P.710–715.

207. Reuther K.E., Thomas S.J., Tucker J.J. et al. Disruption of the anterior-posterior rotator cuff force balance alters joint function and leads to joint damage in a rat model // *J. Orthop. Res.* - 2014. - Vol.32. - P.638–644.

208. Ricchetti E.T., Aurora A., Iannotti J.P., Derwin K.A. Scaffold devices for rotator cuff repair // *J. Shoulder Elbow Surg.* - 2012. - Vol.21. - P.251–265.
209. Rincon-Hurtado A.M., Rocha-Buelvas A., Lopez-Cardona A., Martinez J.W. Health-related quality of life of patients with rotator cuff injuries, Cofee Triangle, Colombia, 2013 // *Rev. Bras. Ortop.* – 2018. – Vol. 53 (3). – P. 364-372.
210. Robach B.P., Gulecyuz M.F., Kempfert L. et al. Rotator Cuff Repair With Autologous Tenocytes and Biodegradable Collagen Scaffold: A Histological and Biomechanical Study in Sheep // *Am. J. Sports Med.* – 2019. – Dec 16. doi: 10.1177/0363546519892580. [Epub ahead of print].
211. Ross D., Maerz T., Lynch J. et al. Rehabilitation following arthroscopic rotator cuff repair: a review of current literature // *J. Am. Acad Orthop. Surg.* - 2014. - Vol.22(1). - P.1–9.
212. Rossi L.A., Chahla J., Verma N.N. et al. Rotator Cuff Retears // *JBJS Rev.* – 2020. – Vol. 8 (1). – e0039.
213. Rosso C., Müller A.M., Entezari V. et al. Preliminary evaluation of a robotic apparatus for the analysis of passive glenohumeral joint kinematics // *J. Orthop. Surg. Res.* - 2013. -Vol. 24;8:24. doi: 10.1186/1749-799X-
214. Sarver JJ, Peltz CD, Dourte L, Reddy S, Williams GR, Soslowsky LJ. After rotator cuff repair, stiffness-but not the loss in range of motion-increased transiently for immobilized shoulders in a rat model. *J Shoulder Elbow Surg.* 2008;17(1 suppl):108S-113S.
215. Sato E.J., Killian M.L., Choi A.J. et al. Skeletal muscle fibrosis and stiffness increase after rotator cuff tendon injury and neuromuscular compromise in a rat model // *J. Orthop. Res.* - 2014. - Vol.32. - P.1111–1116.
216. Sayampanathan AA, Andrew TH. Systematic review on risk factors of rotator cuff tears. *Journal of Orthopaedic Surgery (Hong Kong)* 2017;25(1):2309499016684318. [PUBMED: 28211286]

217. Singh G., Mann H., Razmjou H. Outcomes of expedited rotator cuff surgery in injured workers: Impact of pathology on readiness for return to work // J. Orthop. Surg. (Hong Kong). – 2018. – Vol. 26 (3). – 2309499018808362.
218. Smolen D., Haffner N., Mittermayr R. et al. Application of a new polyester patch in arthroscopic massive rotator cuff repair-a prospective cohort study // J. Shoulder Elbow Surg. – 2020. – Vol. 29 (1). – P. e11-e21.
219. Sobhy M.H., Khater A.H., Hassan M.R., El Shazly O. Do functional outcomes and cuff integrity correlate after single- versus double-row rotator cuff repair A systematic review and meta-analysis study // Eur J. Orthop. Surg. Traumatol. – 2018. – Vol. 28 (4). – P. 593-605.
220. Song Y., Lee S., Lee B.G. et al. The Diagnostic Reproducibility of Tomosynthesis for the Correlation between Acromiohumeral Distance and Rotator Cuff Size or Type // Korean J. Radiol. – 2018. – Vol. 19 (3). – P. 417-424.
221. Stelter J., Malik S., Chiampas G. The Emergent Evaluation and Treatment of Shoulder, Clavicle, and Humerus Injuries // Emerg. Med. Clin. North Am. – 2020. – Vol. 38 (1). – P. 103-124.
222. Tanaka M., Itoi E., Sato K. et al. Factors related to successful outcome of conservative treatment for rotator cuff tears // Upsala J Med Sci. - 2010. - Vol.115(3). - P.193–200.
223. Tellier L.E., Krieger J.R., Brimeyer A.L. et al. Localized SDF-1 Delivery Increases Pro-Healing Bone Marrow-Derived Cells in the Supraspinatus Muscle Following Severe Rotator Cuff Injury // Regen. Eng. Transl. Med. – 2018. – Vol. 4 (2). – P. 92-103.
224. Teunis T., Lubberts B., Reilly B.T. et al. A systematic review and pooled analysis of the prevalence of rotator cuff disease with increasing age // J. Shoulder Elbow Surg. - 2014. - Vol.23 (12). - P.1913–1921.
225. Then J.W., Shivdas S., Yahaya T.S.T.A., Ab Razak N.I., Choo P.T. Gamification in rehabilitation of metacarpal fracture using cost-effective end-user

device: A randomized controlled trial. *J. Hand Ther.* 2020 doi: 10.1016/j.jht.2020.03.029

226. Thomas S.J., Reuther K.E., Tucker J.J. et al. Biceps detachment decreases joint damage in a rotator cuff tear rat model // *Clin. Orthop. Relat. Res.* - 2014. - Vol.472. - P.2404–2412.

227. Wagner E.R., Woodmass J.M., Welp K.M. et al. Novel Arthroscopic Tendon Transfers for Posterosuperior Rotator Cuff Tears: Latissimus Dorsi and Lower Trapezius Transfers // *JBJS Essent Surg. Tech.* – 2018. – Vol. 8 (2). – e12 [eCollection].

228. Walther M., Werner A., Stahlschmidt T. et al. The subacromial impingement syndrome of the shoulder treated by conventional physiotherapy, self-training, and a shoulder brace: results of a prospective, randomized study // *J. Shoulder Elbow Surg.* - 2004. - Vol.13 (4). - P.417–423.

229. Weekes D.G., Campbell R.E., Allegretto J.R. et al. A Prospective Study of Patient Factors and Decision-making for Surgical Repair of Symptomatic Full-Thickness Rotator Cuff Tears // *Orthopedics.* – 2019. – Dec 27. doi: 10.3928/01477447-20191223-02. [Epub ahead of print].

230. Weiss P.L., Tirosh E., Fehlings D. Role of virtual reality for cerebral palsy management. // *J Child Neurol.* 2014;29(8):1119-1124. doi:10.1177/0883073814533007

231. White J.J., Titchener A.G., Fakis A. et al. An epidemiological study of rotator cuff pathology using The Health Improvement Network database // *Bone Joint J.* - 2014. - Vol.96-B(3).- P.350–353.

232. Wong I., Burns J., Snyder S. Arthroscopic Graft Jacket repair of rotator cuff tears // *J. Shoulder Elbow Surg.* - 2010 . - Vol.19. - P.104–109.

233. 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 // *J. Shoulder Elbow Surg.* - 2014. - Vol.23. - P.1099–1106.

234. 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 // J. Shoulder Elbow Surg. - 2011. - Vol.20 (7).- P.1133–1137.

235. Yoshida K., Itoigawa Y., Wada T. et al. Association of Superoxide-Induced Oxidative Stress With Rotator Cuff Tears in Human Patients // J. Orthop. Res. – 2020. – Vol. 38 (1). – P. 212-218.

236. Zhang Q., Zhou J., Ge H., Cheng B. Tenotomy or tenodesis for long head biceps lesions in shoulders with reparable rotator cuff tears: a prospective randomised trial // Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. - 2015. - Vol.23(2). - P.464-469.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ №1

Методика проведения изокинетического тестирования.

Тестирование вращения внутрь/наружу проводилось лежа на спине. Локоть согнут под углом 90° , верхняя конечность отведена в плечевом суставе на 90° (рис. 1). 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° движению 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° .

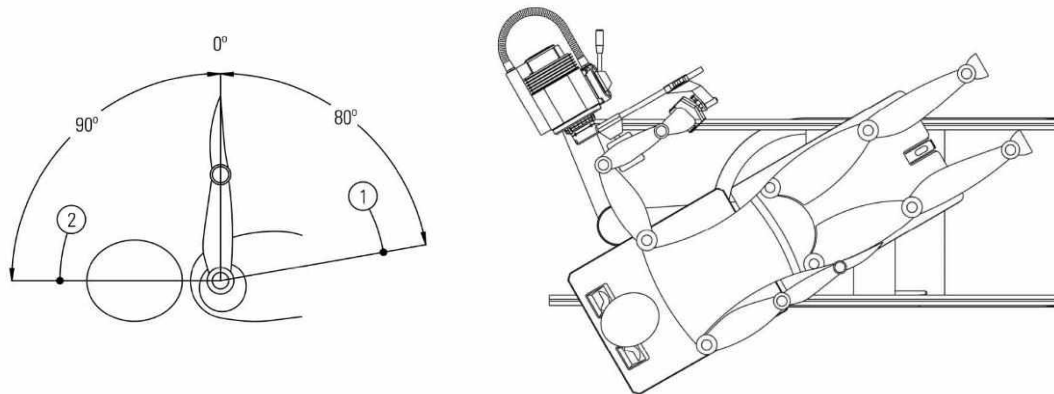


Рисунок 1. Схема проведения теста вращения внутрь/наружу.

Изокинетический тест в движение отведение/приведение выполнялся лежа на боку, ноги слегка согнуты в коленных суставах. 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° . За нулевую точку отсчета в тесте отведение принималось положение верхней конечности максимально прижатой к телу пациента со стороны исследуемой конечности в положении лежа на спине. За нулевую точку отсчета в тесте приведение принималось максимальное значение безболезненной амплитуды отведения в плечевом суставе. (рис.2).

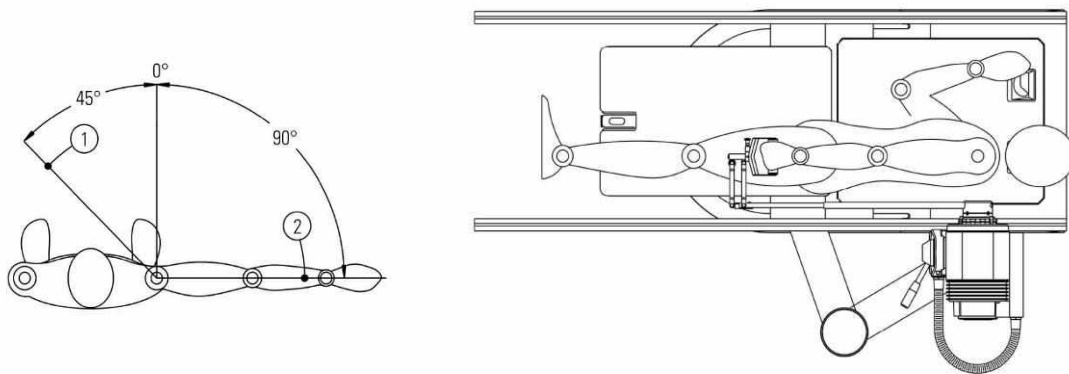


Рисунок 2. Схема проведения теста приведение/отведение.

Изокинетический тест в движении сгибание/разгибание выполнялся лежа на спине ноги слегка согнуты в коленных суставах, стопы оперты о кушетку, голова лежит на валике. 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° . За нулевую точку отсчета в тесте отведение принималось положение верхней конечности максимально прижатой к телу пациента со стороны исследуемой конечности в положении лежа на боку. За нулевую точку отсчета в тесте приведение принималось максимальное значение безболезненной амплитуды разгибания в плечевом суставе (рис. 3).

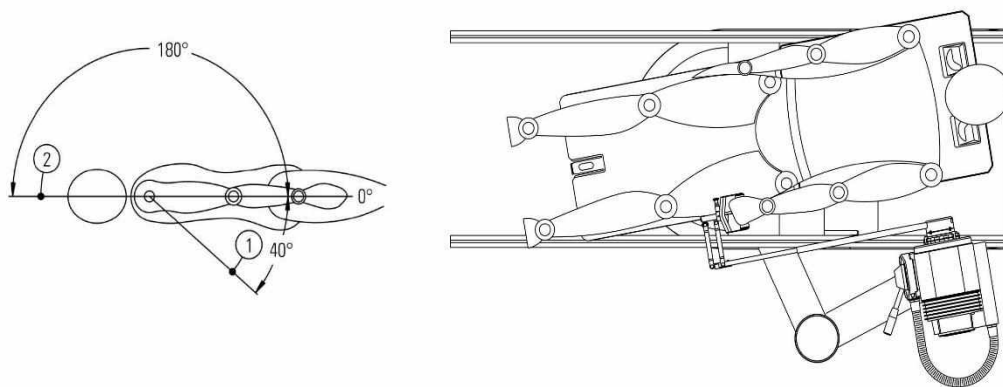


Рисунок 3. Схема проведения теста сгибание/разгибание.

ПРИЛОЖЕНИЕ №2

Примерный комплекс лечебной гимнастики при повреждениях вращательной манжеты плеча.

1. Маятник.

И. П.: Стоя, здоровая рука опирается на стол. Туловище наклонено вперед, ноги слегка согнуты в коленных суставах. Травмированной конечностью, с минимальной инерцией провести качающее движение вперед и назад, постепенно переходя к круговым движениям.

Кол-во повторений: 8.



Рис. 1. Маятник.

2. Сгибание в плечевых суставах сидя за столом с использованием скользящей поверхности.

И.П.: Сидя, руки опираются о стол предплечьями. Используя скользящую поверхность, переместите руки вперед до чувства легкого натяжения в травмированном суставе.

Кол-во повторений: 8.

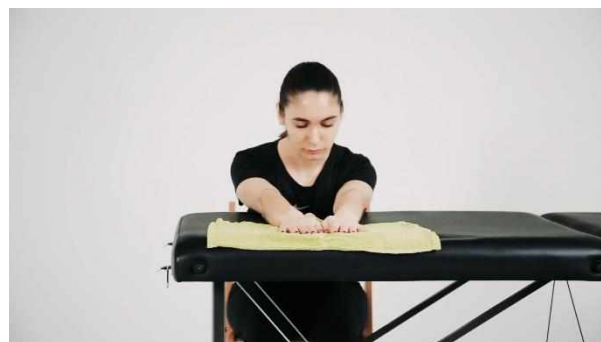
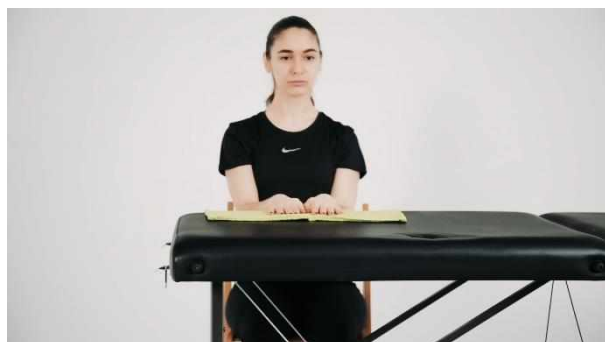


Рис. 2. Сгибание в плечевых суставах сидя за столом с использованием скользящей поверхности.

3. Отведение в плечевом суставе сидя за столом с использованием скользящей поверхности.

И.П.: Сидя, сбоку от стола, травмированная руку предплечьями опирается на стол. Отодвиньте руку от тела как можно дальше, сохраняя контакт рукой со столом во время всего движения.

Кол-во повторений: 8.



Рис. 3. Отведение в плечевом суставе сидя за столом с использованием скользящей поверхности.

4. Наружная ротация лежа с использованием гимнастической палки.

И.П.: Лежа, положите сложенное или свернутое полотенце между пораженной рукой и телом. Держите гимнастическую палку обеими руками на ширине плеч ладонями вверх. Удерживая локти в положении сгибания 90°, здоровой рукой с помощью гимнастической палки отведите травмированную руку.

Кол-во повторений: 8.

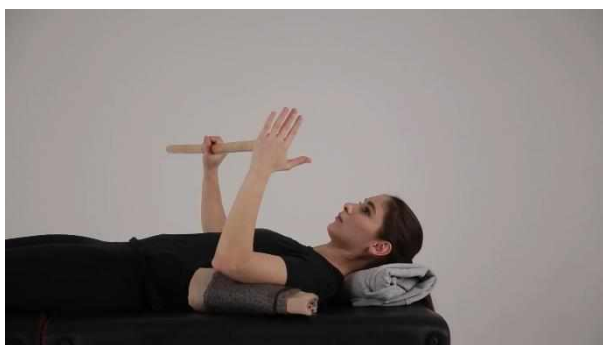


Рис. 4. Наружная ротация лежа с использованием гимнастической палки.

5. Приведение лопатки стоя с опорой на стол.

И.П.: Стоя, оперированная рука опирается на стол. Приведите лопатку с оперированной стороны. Вернитесь в исходное положение.

Кол-во повторений: 8.

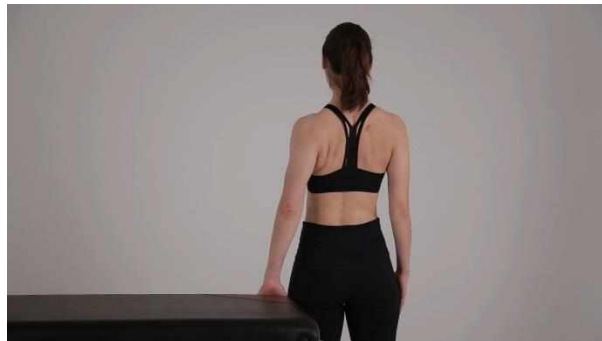
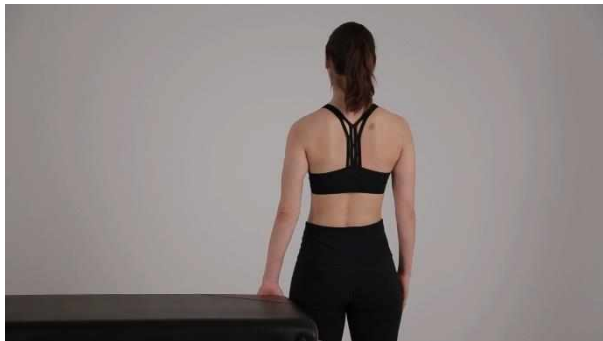


Рис. 5. Приведение лопатки стоя с опорой на стол.

6. Приведение лопатки сидя на стуле с опорой на стол.

И.П.: Сидя, оперированная рука лежит на столе в положении отведения 45 градусов. Приведите лопатку, вернитесь в исходной положение.

Кол-во повторений: 8.

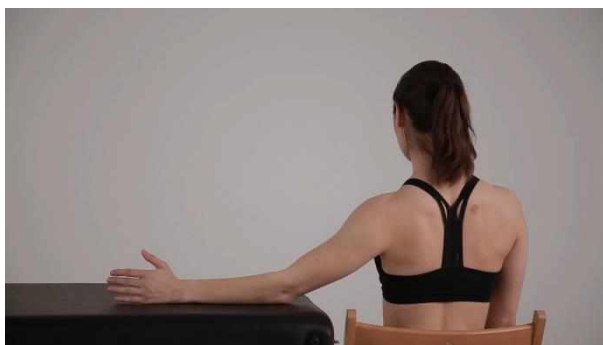


Рис. 6. Приведение лопатки сидя на стуле с опорой на стол.

7. Подъем оперированной руки лежа.

И.П.: Лежа на спине, оперированная рука согнута на 90 градусов в локтевом суставе. Здоровой рукой поднимете оперированную руку до 90 градусов в плечевом суставе. Вернитесь в исходное положение.

Кол-во повторений: 8.

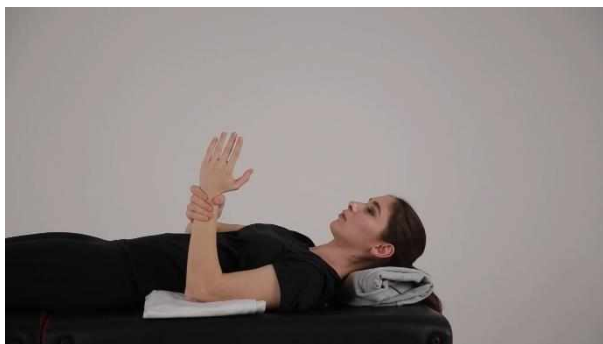


Рис. 7. Подъем оперированной руки лежа.

8. Сгибание в плечевом суставе с гимнастической палкой лежа.

И.П.: Лежа, руки согнуты в локтевых суставах на 90 градусов. В руках гимнастическая палка. Выполните сгибание в плечевом суставе, до чувства легкого натяжения. Вернитесь в исходное положение.

Кол-во повторений: 8.

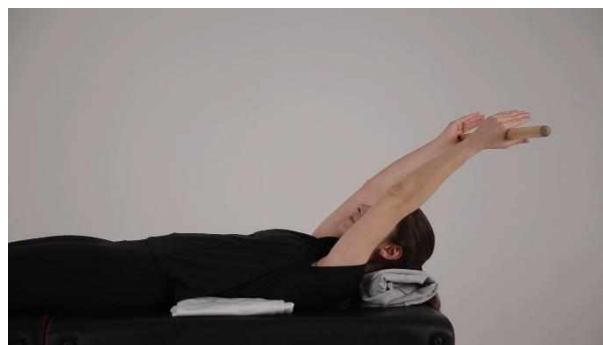
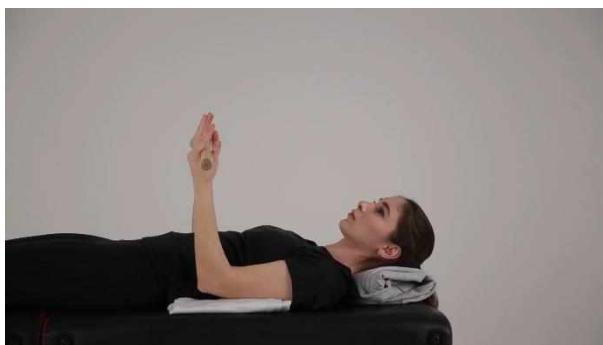


Рис. 8. Сгибание в плечевом суставе с гимнастической палкой лежа.

ПРИЛОЖЕНИЕ №3

Методика проведения специальных ортопедических тестов.

1. Методика проведения «Neer test».

Исследователь стабилизирует лопатку одной рукой, пассивно сгибая руку во время ее внутренней ротации. Если пациент отмечает боль в этом положении, то результат теста считается положительным.

2. Методика проведения «Hawkins/Kennedy test».

Врач сгибает плечо пациента на 90 град., локоть согнут на 90 град., стабилизирует плечо и вращает руку внутрь. Тест считается положительным, если пациент испытывает боль при внутреннем вращении.

3. Методика проведения «Drop Arm test».

Исследователь стоит позади сидящего пациента и пассивно отводит руку до 90 град. в полной наружной ротации, поддерживая верхнюю конечность в локтевом суставе. После этого, врач отпускает поддержку локтя и просит опустить руку в нейтральное положение. Положительным результатом теста является внезапное опускание верхней конечности или слабость в поддержании руки во время эксцентрической фазы отведения, также могут присутствовать болевые ощущения при опускании руки.

4. Методика проведения «Jobe test».

Исследование проводится сидя или стоя. Рука пациента должна быть отведена на 90 град. в лопаточной плоскости, локтевой сустав полностью разогнут, полная внутренняя ротация и пронация предплечья. Это приводит к положению большого пальца вниз, как будто пациент выливает воду из банки. Врач стабилизирует плечо, прикладывая направленную вниз силу к руке, пациент должен сопротивляться этому движению. Тест считается положительным, если пациент испытывает боль и слабость при сопротивлении.

5. Методика проведения «Lift off test».

Пациент находится в положении сидя, врач находится позади. Пораженную руку приводят в максимальную внутреннюю ротацию за спину (тыльной стороной руку больного к поясничной области). Исследователь контролирует руку пациента в локтевом суставе. Отводя предплечье и кисть от спины на 20 градусов и просит пациента сохранять это положение, пока врач отпускает запястье, но поддерживает локоть. Отставание свидетельствует о разрыве сухожилия подлопаточной мышцы.

6. Методика проведения «Теста подостной мышцы».

Пациент сидит или стоит, руки согнуты в локтях, предплечье в среднем положении между пронацией и супинацией (1 палец поднят вверх). Врач фиксирует тыльную поверхность кистей пациента своими ладонями. Пациент пытается развести руки в стороны, преодолевая сопротивление врача. Тест является положительным, если при выполнении движения появляется слабость или боль.

7. Методика проведения теста «Hornblower's sign».

Пациент находится в положении сидя или стоя. Врач отводит руку пациента в лопаточной плоскости на 90 град. и сгибает локоть на 90 град. Затем пациента просят выполнить наружное вращение, преодолевая сопротивление. Тест считается положительным, если пациент не может выполнить внешнее вращение или возникает боль.