

На правах рукописи

СИЛКИНА Татьяна Александровна

**НАРУШЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ
ДЫХАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ И ИХ КОРРЕКЦИЯ ПРИ ХРОНИЧЕСКОЙ
СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ С СОХРАНЕННОЙ
ФРАКЦИЕЙ ВЫБРОСА**

3.1.20. Кардиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата медицинских наук

Оренбург – 2025

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Научный руководитель:

Иванов Константин Михайлович, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ

Официальные оппоненты:

Гапон Людмила Ивановна, доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий научным отделом клинической кардиологии Тюменского кардиологического научного центра – филиала федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук»;

Шапошник Игорь Иосифович, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой пропедевтики внутренних болезней федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Защита диссертации состоится «__» _____ 2025 года в __.00 часов на заседании диссертационного совета 21.2.049.01 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации по адресу: 460014, г. Оренбург, ул. Советская, 6.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке (460000, г. Оренбург, пр. Парковый, 7) и на официальном сайте (<https://www.orgma.ru>) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Автореферат разослан «__» _____ 2025 г.

Учёный секретарь диссертационного совета
доктор медицинских наук,
профессор

Бугрова О.В.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. По данным эпидемиологических исследований 64,3 миллиона человек во всем мире страдают хронической сердечной недостаточностью (ХСН), что обозначает ее как значимую проблему современной кардиологии (Groenewegen A. et al., 2020). Около половины всех больных с ХСН имеют сохраненную фракцию выброса левого желудочка (ХСНсФВ) (Гаврюшина С.В., Агеев Ф.Т., 2018). При этом ХСНсФВ признается не менее тяжелым заболеванием, чем систолическая сердечная недостаточность, однако, является менее изученной в некоторых аспектах (Гаврюшина С.В., Агеев Ф.Т., 2018; Широков Н.Е. с соавт., 2023).

Наличие ХСН способствует развитию полиорганной патологии, в том числе и патологии скелетных мышц. Было показано, что в скелетных мышцах при ХСН происходит структурно-функциональная перестройка из-за ухудшения кровоснабжения мускулатуры, уменьшения капилляризации мышц и нарушения метаболизма (Drexler H. et al., 1992; Howell S. et al., 1995; McParland C. et al., 1992; Minotti J.R. et al., 1992). В результате сниженного кровоснабжения в условиях гипоксии истощаются запасы гликогена, уменьшается масса мышечной ткани, что ведет к функциональной неполноценности и слабости мышц (Арутюнов А.Г. с соавт., 2019; Арутюнов Г.П. с соавт., 2017; Keller-Ross M.L. et al., 2019). Особого внимания требует изучение функционального состояния дыхательных мышц (ДМ) при ХСН. Из-за чрезмерной активации метаборецепторов, усиливающей уже присутствующую одышку, возникает утомление ДМ, что может способствовать развитию вентиляционных нарушений (Косяков А.В., 2019; Hammer S.M. et al., 2022; Moreno A.M. et al., 2014). Актуальным на сегодняшний день является понятие «респираторная саркопения», которое означает состояние атрофии и слабости мышечных волокон, возникающее в ДМ наряду с системной скелетной мускулатурой при старении. Респираторная саркопения вызывает снижение силы ДМ и функции легких, что может негативно влиять на повседневную активность и качество жизни (Kera T. et al., 2023).

Регулярные аэробные нагрузки умеренной интенсивности указаны в качестве обязательного компонента реабилитации ХСН как в российских (Терещенко С.Н. с соавт., 2020; Галявич А.С. с соавт., 2024), так и в европейских рекомендациях (McDonagh T.A. et al., 2021; McDonagh T.A. et al., 2023). Известно, что наряду с аэробными и дыхательными тренировками, применением электрических импульсов, близких по своей природе к нервным, можно нормализовать нарушенную функцию ДМ (Тарасова Н.Н., Сафонов В.А., 2010). Актуальным данный метод становится для пациентов с высоким функциональным классом (ФК) ХСН, при декомпенсации и недостаточном уровне мотивации. Имеются данные, что электрически индуцированные сокращения продуцируют на 10–30 % большее изометрическое усилие, чем максимальные произвольные сокращения (Сумин А.Н., 2009). Это

обеспечивает актуальность данного метода физиотерапии в отношении коррекции функционального состояния ДМ при ХСНсФВ.

Степень разработанности темы исследования

На текущий момент вопросы изменения функционального состояния ДМ изучены в небольшом круге исследований. Изменение электрической активности скелетных мышц, в том числе и ДМ, показаны в единичных работах (Сегизбаева М.О. с соавт., 2016; Сегизбаева М.О., Александрова Н.П., 2019; Luiso D. et al., 2020; Wilson J.R. et al., 1992). В литературе имеются противоречивые данные о величине электрического сигнала при хронических неспецифических заболеваниях легких, при первичных миопатиях, при острой сердечной недостаточности, при тяжелой ХСН. Одни авторы отмечают увеличение электрической активности мышц, работающих в неблагоприятных условиях повышенного сопротивления дыханию, другие, наоборот, ее снижение (Ершов С.П. с соавт., 1999; Luiso D. et al., 2020; Meo S.A. et al., 2002; Wilson J.R. et al., 1992). Отсутствуют данные о взаимосвязи показателей силы ДМ с показателями тяжести ХСН. У пациентов с ХСН с низкой фракцией выброса (ФВ) левого желудочка (ЛЖ) в ряде исследований показана эффективность применения электромиостимуляции (ЭМС) нижних конечностей (de Araújo C.J.S. et al., 2012; Deftereos S. et al., 2010; Dobsak P. et al., 2012; Forestieri P. et al., 2017; Tanaka S. et al., 2022). Однако ЭМС ДМ изучалась и применялась в большей степени у пациентов с заболеваниями дыхательной системы (Карзилов А.И. с соавт., 2005; Тарасова Н.Н., Сафонов В.А., 2010; Юдаева Ю.А., 2005; Kurtoglu D.K. et al., 2015). Данных о влиянии ЭМС на функциональное состояние ДМ у пациентов с ХСНсФВ в настоящее время недостаточно.

Цель исследования

Установить изменение функционального состояния дыхательных мышц и определить эффективность применения электромиостимуляции дыхательных мышц у пациентов с хронической сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса начальной и клинически выраженной стадий.

Задачи исследования

1. Выявить изменение силы дыхательных мышц для оценки их функционального состояния у пациентов с хронической сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса начальной и клинически выраженной стадий.

2. Выявить изменение электрической активности дыхательных мышц при поверхностной миографии с использованием респираторных нагрузочных проб для оценки их функционального состояния у данной категории пациентов.

3. Определить взаимосвязь показателей силы дыхательных мышц с показателями тяжести хронической сердечной недостаточности – уровнем

NT-proBNP в сыворотке крови, результатами теста с шестиминутной ходьбой и показателями антропометрии у данной категории пациентов.

4. Оценить эффективность применения электромиостимуляции инспираторных мышц у пациентов с выявленной слабостью инспираторных мышц и хронической сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса начальной и клинически выраженной стадий.

Научная новизна исследования

Впервые были установлены особенности изменения функционального состояния ДМ у пациентов с начальной и клинически выраженной стадиями ХСНсФВ на основании определения силы и электрической активности ДМ по данным поверхностной электромиографии в ответ на функциональные респираторные нагрузочные пробы. Показано, что при клинически выраженной стадии ХСНсФВ наблюдается снижение силы инспираторных мышц (ИМ), находящееся в тесной взаимосвязи с показателями тяжести ХСН – уровнем NT-proBNP в сыворотке крови, результатами теста с шестиминутной ходьбой, а также показателями антропометрии, на основании чего был предложен способ определения слабости ДМ по функциональному состоянию скелетных мышц кисти и предплечья у лиц среднего и пожилого возраста (патент на изобретение RU 2836709 от 19.03.2025). Установлено, что электрическая активность ДМ у пациентов с клинически выраженной стадией ХСНсФВ характеризуется снижением резистентности к респираторной нагрузке, развитием утомления диафрагмы и компенсаторным увеличением электрической активности грудино-ключично-сосцевидной мышцы (ГКСМ) и наружных межреберных мышц (НММ). Впервые была показана эффективность применения ЭМС ДМ в коррекции нарушения функционального состояния ДМ у пациентов с начальной и клинически выраженной стадиями ХСНсФВ.

Теоретическая и практическая значимость работы

Полученные данные расширяют теоретические представления об особенностях функционального состояния ДМ у пациентов с ХСНсФВ клинически выраженной стадии, заключающихся в снижении силы ИМ, развитии утомления диафрагмы, компенсаторном увеличении активности вспомогательных ИМ – ГКСМ и НММ, а также снижении активности экспираторных мышц (ЭМ) – прямой мышцы живота (ПМЖ), наружной косой мышцы живота (НКМЖ), внутренних межреберных мышц (ВММ) в ответ на респираторные нагрузочные пробы.

Практическая значимость исследования определяется разработкой способа определения слабости ДМ у людей среднего и пожилого возраста (патент на изобретение RU 2836709 от 19.03.2025), а также обоснованием эффективности применения ЭМС ИМ в качестве реабилитационного мероприятия у пациентов с ХСНсФВ и слабостью ДМ.

По результатам работы было опубликовано информационное письмо для врачей. Результаты исследования внедрены в работу Клиники адаптационной

терапии ФГБОУ ВО «ОрГМУ» Минздрава России, ЧУЗ «КБ «РЖД-Медицина» г. Оренбург» и используются в учебном процессе кафедры пропедевтики внутренних болезней, кафедры нормальной физиологии ФГБОУ ВО «ОрГМУ» Минздрава России.

Методология и методы исследования

Методологической основой исследования является метод научного познания. Работа выполнена в соответствии с принципами и методами доказательной медицины. Исследование является сравнительным проспективным когортным. В период 2021–2024 гг. проведено комплексное обследование 94 пациентов среднего и пожилого возраста, из них 32 – с ХСНсФВ клинически выраженной стадии, 29 – ХСНсФВ начальной стадии, 33 – без ХСН. 20 пациентам с ХСНсФВ проводился курс ЭМС ИМ. Проводился сбор жалоб, анамнеза, клиническое, лабораторное и инструментальное исследование пациентов. Проведена статистическая обработка результатов с использованием общепринятых методов статистики.

Основные положения, выносимые на защиту

1. У пациентов с клинически выраженной стадией ХСНсФВ имеется снижение силы инспираторных мышц, находящееся во взаимосвязи с показателями тяжести ХСН (уровнем NT-proBNP в сыворотке крови, результатами теста с шестиминутной ходьбой) и силой мышц кисти и предплечья.

2. Изменение электрической активности дыхательных мышц у пациентов с клинически выраженной стадией ХСНсФВ характеризуется снижением их резистентности к респираторной нагрузке, преобладанием снижения частоты электромиограммы над увеличением амплитуды в ответ на респираторные нагрузочные пробы на диафрагме, что свидетельствует о развитии её утомления, и увеличением амплитудных характеристик грудино-ключично-сосцевидной и наружных межреберных мышц, что свидетельствует о компенсаторном увеличении их активности.

3. Электростимуляция инспираторных мышц способствует увеличению их силы, амплитудных характеристик диафрагмы и наружных межреберных мышц и увеличению пройденной дистанции в тесте с шестиминутной ходьбой у пациентов с ХСНсФВ начальной и клинически выраженной стадий и слабостью инспираторных мышц.

Степень достоверности результатов

Достоверность результатов исследования определяется объёмом выборки (94 пациента), непосредственным клиническим исследованием пациентов, комплексным лабораторно-инструментальным обследованием пациентов с использованием сертифицированного оборудования. Полученные данные были проанализированы с помощью непараметрических методов статистики с использованием корреляционного анализа, ROC-анализа с применением программных комплексов «Statistica 10.0» (Statsoft Inc., США) и «SPSS

Statistics» (IBM, США). Была проведена проверка первичной документации независимой комиссией.

Апробация

Результаты исследования представлены на научно-практических конференциях: II Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Молодые ученые науке и практике XXI века», 2023 (г. Оренбург), I научно-практическая конференция с международным участием «Превентивная медицина как основа качественного и здорового долголетия», 2023 (г. Оренбург), 60 Российский национальный конгресс кардиологов, 2023 (г. Москва), III Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Молодые ученые науке и практике XXI века», 2024 (г. Оренбург), XI Международный молодежный научный медицинский форум «Белые цветы», 2024 (г. Казань), 61-й Российский национальный конгресс кардиологов, 2024 (г. Москва)

Опубликована 21 печатная работа, из которых 3 статьи – в изданиях перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций, 1 статья – в издании, индексируемом в международных базах цитирования Scopus, 1 патент на изобретение (RU 2836709 от 19.03.2025), 2 публикации – в материалах конференции в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Scopus, информационное письмо для врачей.

Личное участие автора в получении научных результатов

Автором непосредственно проведен отбор пациентов в исследование, клинико-инструментальное обследование пациентов, исследование биологического материала (сыворотка крови) методом иммуноферментного анализа. Обработка данных, статистический анализ проведены самостоятельно. Суммарный вклад автора в исследование составляет более 95%. Совместно с научным руководителем, заведующим кафедрой пропедевтики внутренних болезней д.м.н. профессором К.М. Ивановым проведено планирование темы, формулировка цели и задач, определение методологии исследования, проанализированы результаты проведенного исследования, сформулированы выводы и практические рекомендации. Автором проведен анализ отечественной и зарубежной литературы по изучаемой теме, сформированы группы пациентов, проведено их клинико-лабораторно-инструментальное обследование (антропометрия, определение соматотипа, тест с шестиминутной ходьбой (ТШХ), определение концентрации NT-proBNP в сыворотке крови, определение силы ДМ, спирометрия, электрокардиография, электромиография ДМ с применением трех нагрузочных респираторных проб различной мощности). Эхокардиография проводилась врачом ультразвуковой диагностики. Определение концентрации NT-proBNP в сыворотке крови проводилось в научно-исследовательском центре ФГБОУ ВО «ОрГМУ» Минздрава России совместно с врачом клинической лабораторной диагностики. Клиническое и

инструментальное обследование пациентов проводилось в Клинике адаптационной терапии ФГБОУ ВО «ОрГМУ» Минздрава России.

Структура и объём диссертации

Диссертация изложена на 173 страницах печатного текста и состоит из введения, трех глав – «Обзор литературы», «Материал и методы исследования», «Результаты собственных исследований»; заключения, выводов, практических рекомендаций и списка литературы, включающего 201 источник, в том числе 54 отечественных и 147 зарубежных. Диссертация иллюстрирована 29 рисунками, содержит 57 таблиц, 2 клинических примера применения ЭМС ИМ у пациентов с ХСНсФВ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Работа выполнена на кафедре пропедевтики внутренних болезней ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный медицинский университет» Минздрава России (ректор – Заслуженный работник высшей школы РФ, д.м.н., профессор И.В. Мирошниченко, заведующий кафедрой – Заслуженный работник высшей школы РФ, д.м.н., профессор К.М. Иванов), в научно-исследовательском центре ФГБОУ ВО «ОрГМУ» Минздрава России (директор – д.м.н. доцент А.С. Паньков), на базе Клиники адаптационной терапии ФГБОУ ВО «ОрГМУ» Минздрава России (главный врач – заслуженный врач РФ А.Ю. Нагин). Исследование одобрено Локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «ОрГМУ» Минздрава России (протокол № 281 от 30.09.2021). Обследуемые были подробно проинформированы о применяемых методах исследования, ходе его проведения, возможности отказа в участии в исследовании, и дали письменное согласие на участие в нем.

В проспективное когортное исследование было включено 94 пациента мужского и женского пола в возрасте от 45 до 74 лет. Исследование состояло из двух этапов. На первом этапе по результатам диагностики пациентов, обратившихся амбулаторно или госпитализированных в дневной стационар Клиники адаптационной терапии ФГБОУ ВО «ОрГМУ» Минздрава России, были сформированы три группы. Первую группу составили 32 пациента с клинически выраженной ХСНсФВ (IIА стадия), вторую группу – 29 пациентов с начальной ХСНсФВ (I стадия), в третью группу (контрольную) вошли 33 пациента без ХСН. Всем пациентам проводилась антропометрия с определением соматотипа, исследование вентиляции легких, определение силы ИМ и ЭМ, электрической активности ИМ и ЭМ по результатам поверхностной электромиографии с использованием трех функциональных нагрузочных респираторных проб различной мощности. На втором этапе исследования 20 пациентам с диагностированной слабостью ИМ, имеющим начальную стадию (9 пациентов) и клинически выраженную стадию (11 пациентов) ХСНсФВ было назначено 10 сеансов ЭМС ИМ. После курса ЭМС ИМ было проведено повторное проведение ТШХ, определение силы и электрической активности ИМ.

Критерии включения: согласие больного на участие в исследовании; возраст от 45 до 74 лет; наличие ХСНсФВ начальной и клинически выраженной стадий; способность к выполнению дыхательных манёвров в ходе исследования.

Критерии исключения: наличие ХСН с умеренно сниженной и низкой ФВ ЛЖ; ХСН IIБ и III стадий; декомпенсация ХСН; острые формы ишемической болезни сердца; заболевания центральной и периферической нервной системы, сопровождающиеся нарушением нервно-мышечной проводимости; операции на грудной клетке, включая аортокоронарное шунтирование; фибрилляция предсердий и экстрасистолия высоких градаций по Ryan; острые и хронические заболевания дыхательной системы; прием препаратов, замедляющих нервно-мышечную проводимость; деформации грудной клетки; сахарный диабет; ожирение III степени.

Диагностика ХСН осуществлялась на основании клинических рекомендаций Российского кардиологического общества (2020) и европейских клинических рекомендаций (2021). Определялась концентрация NT-proBNP в сыворотке крови методом иммуноферментного анализа («Вектор-Бест»). Для определения ФК ХСН проводился ТШХ по размеченному коридору в собственном темпе с регистрацией пройденного расстояния. Оценка артериальной гипертензии, ишемической болезни сердца проводилась на основании рекомендаций Российского кардиологического общества (2020).

Всем больным проводилась антропометрия и измерение 10 параметров для определения соматотипа. Соматотип определялся по схеме Хит-Картера с расчетом основных компонентов (эндоморфии, мезоморфии и эктоморфии) (Carter J.E.L., 2002). Всем пациентам было проведено определение силы мышц кисти и предплечья с помощью механического кистевого динамометра (ДК-50, НТ МИЗ, Россия) в деканьютонах (даН). Определение абсолютного показателя силы кисти проводилось 3 раза для каждой руки с интервалом в 5 секунд. Электрокардиография регистрировалась в 12 стандартных отведениях («АТ-104 РС», Schiller, Швейцария). Исследование морфометрических параметров камер сердца и сосудов, функции правых и левых отделов сердца проводилось в покое с помощью ЭхоКГ в соответствии с рекомендациями Американской ассоциации эхокардиографии и Европейской ассоциации сердечно-сосудистой визуализации в М- и В-режимах с применением доплерографии («EpiQ 7», Philips, Нидерланды). Для изучения функционального состояния правого желудочка и ЛЖ был использован Tei-индекс (индекс производительности миокарда). Для обоих желудочков индекс рассчитывался по формуле: $(IVCT + IVRT) / ET$, где IVCT – время изоволюметрического сокращения, IVRT – время изоволюметрического расслабления, ET – время изгнания крови из правого желудочка или ЛЖ. В качестве референсных показателей для Tei-индекса были приняты значения $< 0,4$ для ЛЖ и $< 0,32$ для правого желудочка (Tei S., 1995). Типы геометрии миокарда ЛЖ оценивали с учетом показателей относительной толщины стенки ЛЖ и индекса массы миокарда ЛЖ (Бобров А.Л., Черномордова А.В.,

2022). Спирометрия проводилась по стандартной методике («MicroLab», CareFusion, Великобритания). Определение силы ДМ было проведено путем измерения максимального инспираторного давления (maximal inspiratory pressure, MIP) и максимального экспираторного давления (maximal expiratory pressure, MEP) (см вод. ст.), создаваемого на уровне полости рта, по стандартной методике (ATS/ERS, 2002) («MicroRPM», MD Spiro, Великобритания). Расчет должных величин для пациентов до 70 лет был осуществлен по формулам, предложенным J.A. Evans: $MIP=120-(0,41*\text{возраст})$, $MEP=174-(0,83*\text{возраст})$ – для мужчин; $MIP=108-(0,61*\text{возраст})$, $MEP=131-(0,86*\text{возраст})$ – для женщин; для возраста от 70 лет использовались формулы, предложенные S.H. Wilson: $MIP=142-1,03*\text{возраст}$, $MEP=180-0,91*\text{возраст}$ – для мужчин, $MIP=-43+0,71*\text{рост}$, $MEP=3,5+0,55*\text{рост}$ – для женщин.

Регистрацию электрической активности ИМ (Д, НММ, ГКСМ) и ЭМ (ПМЖ, НКМЖ, ВММ) проводили с использованием биполярной поверхностной электромиографии («Нейро-МВП», Нейрософт, Россия). Для регистрации электрической активности диафрагмы электроды накладывались в 7-е межреберье на уровне наружного края ПМЖ, НММ – в 3-е межреберье по среднеключичной линии, ГКСМ – на брюшко мышцы на 2-3 сантиметра выше ключицы, НКМЖ – в 6-е межреберье по передней подмышечной линии, ПМЖ – на уровне пупка латеральнее от него на 3 сантиметра, ВММ – во 2-е межреберье по окологрудинной линии. Электроды накладывались с правой стороны тела. Регистрация средней амплитуды ЭМГ (мкВ) проводилась в покое в положении сидя при последовательном выполнении трех функциональных нагрузочных проб. Каждая нагрузочная проба проводилась 3 раза, с периодом отдыха между попытками в 3 минуты. Предварительно у пациента определялась величина максимального инспираторного и экспираторного усилия по шкале тягонапоромера. Затем проводилась 1-я нагрузочная проба с удержанием инспираторного усилия мощностью 30% от максимального в течение 15 секунд с регистрацией показателей ЭМГ. Анализ амплитуды и частоты ЭМГ проводился путем ручного выделения отрезков продолжительностью 100–200 мс в конце 5-й, 10-й и 15-й секунд каждой попытки 1-й пробы. 2-я нагрузочная проба проводилась с удержанием инспираторного усилия мощностью 50% от максимального в течение 5 секунд, 3-я нагрузочная проба – с удержанием инспираторного усилия мощностью 70% от максимального в течение 5 секунд с регистрацией показателей ЭМГ. Анализ амплитуды и частоты ЭМГ проводился путем ручного выделения отрезков продолжительностью 100–200 мс в конце 5-й секунды каждой попытки 2-й и 3-й проб. Исследование электрической активности ЭМ проводилось после исследования ИМ по аналогичной методике.

Все пациенты получали лечение в соответствии с клиническими рекомендациями Российского кардиологического общества.

В ходе исследования применялась ЭМС ИМ с использованием медицинского оборудования «Эсма 12.20» (ООО «ЭСМА», Россия).

Процедура выполнялась с помощью двух пар электродов размером 9 см на 15 см, размещённых в специфических точках: на передней поверхности грудной клетки между парастернальной и среднеключичной линиями на уровне 5-7 межреберных промежутков, а также на задней поверхности – паравертебрально на уровне VII-XII грудных позвонков с обеих сторон. Параметры стимуляции настраивались индивидуально, учитывая переносимость каждого пациента к воздействию. Импульсная стимуляция осуществлялась с длительностью импульсов 5 секунд и интервалами между ними 2 секунды. Каждая процедура длилась 20 минут, а полный курс включал 10 сеансов, согласно рациональному предложению № 1316 от 26.06.2004 «Способ чрескожной электростимуляции дыхательной мускулатуры» (авторы: Ю.А. Юдаева, К.М. Иванов, Н.В. Мясникова). Оценка эффективности ЭМС-терапии проводилась после проведения 10 сеансов курса с помощью обследования, включающего ТШХ, измерение силы ИМ и ЭМГ ИМ.

Статистическая обработка данных проводилась с применением методов описательной и сравнительной статистики. Определение нормальности распределения проводилось с использованием критериев Колмогорова-Смирнова, Шапиро-Уилка. Количественные непараметрические данные представлены в виде медианы и интерквартильного размаха (Me [Q1; Q3]), качественные – в виде абсолютного количества и процентов (n, %). Для определения достоверности различий между группами при анализе количественных показателей использовались U-критерий Манна-Уитни, критерий Вилкоксона, критерий Краскела-Уоллиса, при анализе качественных показателей – критерий χ^2 Пирсона. Для определения взаимосвязи показателей вычислялся коэффициент корреляции Спирмена. Для определения диагностической точности исследуемых параметров определяли их чувствительность и специфичность, применяли ROC-анализ с вычислением площади под ROC-кривой. Критерием статистической значимости был принят уровень $p < 0,05$. Все расчёты проводились с использованием пакета программ «Statistica 10.0» (Statsoft Inc., США) и «SPSS Statistics» (IBM, США).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Клиническая характеристика групп приведена в таблице 1. Группы обследованных пациентов были сопоставимы по возрасту и полу.

Таблица 1 – Клиническая характеристика обследованных пациентов

Показатели	ХСН IIА стадии (1-я группа), n=32	ХСН I стадии (2-я группа), n=29	Контрольная группа (3-я группа), n=33	p
1	2	3	4	5
Возраст, лет	62,5 [55,5; 69,5]	62,0 [56,0; 67,0]	58,0 [56,0; 62,0]	0,167
Мужской/женский пол, %	56,2 / 43,8	48,3 / 51,7	48,5 / 51,5	0,770
NT-proBNP, пг/мл	315,3 [174,5; 533,8]	171,6 [132,8; 216,7]	14,7 [9,8; 31,2]	<0,001

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
ТШХ, м	420,0 [365,0; 497,5]	515,0 [465,0; 530,0]	625,0 [580,0; 640,5]	<0,001
I ФК ХСН, %	34,4	82,7	-	<0,001
II ФК ХСН, %	56,2	0,0	-	<0,001
III ФК ХСН, %	9,4	0,0	-	0,050
Гипертоническая болезнь, %	100,0	100,0	48,5	<0,001
Стабильная стенокардия, %	100,0	27,6	0,0	<0,001
Постинфарктный кардиосклероз, %	75%	3,4	0,0	<0,001

Основные показатели систолической, диастолической функций и давления наполнения ЛЖ и правого желудочка, определенные при ЭхоКГ, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Показатели систолической, диастолической функций и давления наполнения левого и правого желудочков по данным эхокардиографии у обследованных пациентов

Показатели	ХСН ПА стадии (1-я группа), n=32	ХСН I стадии (2-я группа), n=29	Контрольная группа (3-я группа), n=33	p
1	2	3	4	5
Е/А на митральном клапане	0,71 [0,67; 0,74]	0,75 [0,70; 0,88]	1,31 [1,05; 1,37]	< 0,001 p1-3 < 0,001 p1-2=0,023 p2-3=0,017
Индекс Tei ЛЖ	0,49 [0,37; 0,56]	0,47 [0,43; 0,51]	0,38 [0,34; 0,45]	0,058 p1-3=0,098 p1-2=0,515 p2-3=0,025
Е/А на трикуспидальном клапане	1,05 [0,76; 1,26]	1,10 [0,95; 1,20]	1,35 [1,18; 1,48]	0,013 p1-3=0,031 p1-2=0,696 p2-3=0,006
Индекс Tei правого желудочка	0,37 [0,34; 0,41]	0,43 [0,38; 0,47]	0,33 [0,31; 0,39]	0,035 p1-3=0,384 p1-2=0,101 p2-3=0,014
Систолическое давление в легочной артерии, мм рт. ст.	33,5 [27,0; 37,5]	28,0 [23,5; 31,5]	15,0 [10,0; 20,0]	< 0,001 p1-3 < 0,001 p1-2=0,251 p2-3=0,001
Индекс объема левого предсердия, см ³ /м ²	36,5 [33,7; 39,7]	34,5 [32,8; 35,6]	23,3 [20,1; 23,7]	< 0,001 p1-3 < 0,001 p1-2=0,391 p2-3 < 0,001

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5
Относительная толщина стенки ЛЖ	0,44 [0,42; 0,47]	0,43 [0,42; 0,45]	0,39 [0,37; 0,41]	0,042 p1-3=0,020 p1-2=0,570 p2-3=0,043
ФВ ЛЖ по Simpson, %	53,0 [51,0; 59,5]	61,0 [56,8; 64,4]	65,4 [60,1; 71,9]	< 0,001 p1-3< 0,001 p1-2=0,006 p2-3=0,057
Индекс массы миокарда ЛЖ, г/м ²	140,1 [128,3; 162,2]	121,0 [99,9; 133,8]	89,6 [79,5; 121,3]	< 0,001 p1-3< 0,001 p1-2=0,010 p2-3=0,028

Примечание: E/A – отношение пиковой скорости раннего и позднего диастолического наполнения.

При анализе распространенности типов ремоделирования ЛЖ в группах было выявлено, что у пациентов с ХСН IIА и I стадий преобладала концентрическая гипертрофия (48,0% и 50,0% соответственно), что было выше в сравнении с пациентами группы контроля (7,1%) ($\chi^2_{1-3}=3,3$, $p=0,009$; $\chi^2_{2-3}=2,8$, $p=0,032$ соответственно). Также группы различались по распространенности нормальной геометрии ЛЖ: среди пациентов группы контроля у 57,2% была нормальная геометрия ЛЖ, в то время как ни у одного пациента с ХСН I и IIА стадий её не наблюдалось ($\chi^2_{1-3}=3,8$, $p < 0,001$; $\chi^2_{1-3}=3,9$, $p < 0,001$).

Данные антропометрии и соматотипы при начальной и клинически выраженной стадиях хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса

В группах встречались только 3 вида соматотипов: мезоэндоморфный, эндомезоморфный и смешанный – мезо-эндо, при этом значения компонентов соматотипов и их распространенность в группах не различались. При сравнении параметров антропометрии и динамометрии в обследованных группах были выявлены статистически значимые различия. Соотношение окружность талии / окружность бедер нарастало от группы контроля к группе пациентов с ХСН I стадии – на 4,5% и ХСН IIА стадии – на 6,8%, при этом показатели окружности живота и талии между группами не различались. Окружность средней трети бедра, напротив, уменьшалась от группы контроля к группе пациентов с ХСН I стадии – на 4,0% и ХСН IIА стадии – на 7,9%, а окружность голени была меньше на 8,3% у пациентов с ХСН IIА стадии по сравнению с группой контроля. Результаты динамометрии также различались между группами: по сравнению с пациентами группы контроля у пациентов с ХСН IIА стадии сила мышц кисти и предплечья была ниже на 27,7%, а у пациентов с ХСН I стадии – на 15,4%.

Сила дыхательных мышц при начальной и клинически выраженной стадиях хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса

Статистический анализ полученных данных показал значительное снижение МIP у пациентов с ХСН IIА стадии – на 36,8% по сравнению с контрольной группой ($p=0,036$). При этом значения МЕР не различались между группами (рисунок 2).

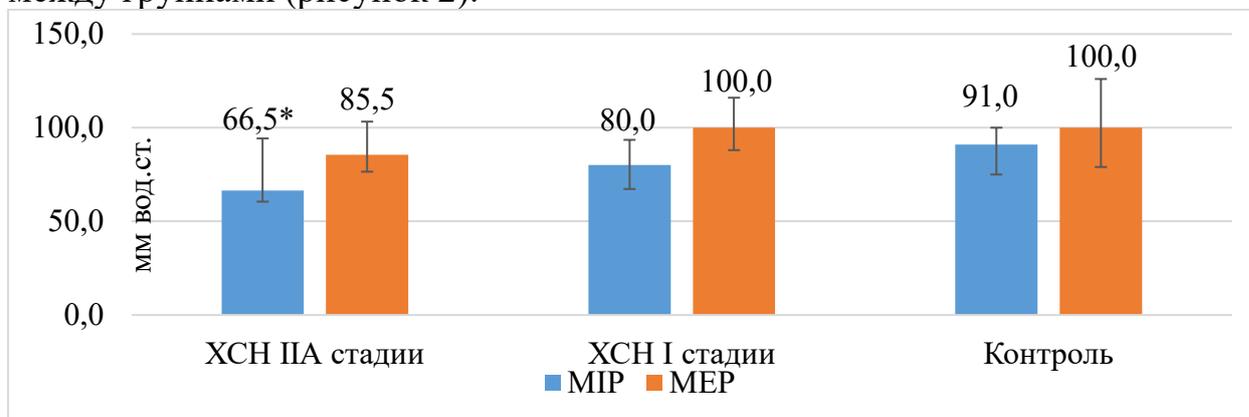


Рисунок 2 – Сила инспираторных (МIP) и экспираторных мышц (МЕР) у обследованных пациентов

При разделении групп по гендерному признаку было выявлено, что у мужчин не наблюдалось достоверных различий по силе как ИМ, так и ЭМ. В отличие от мужчин, у женщин с ХСН IIА стадии сила ИМ была ниже на 31,2%, чем у женщин группы контроля ($p=0,016$) (рисунок 3).

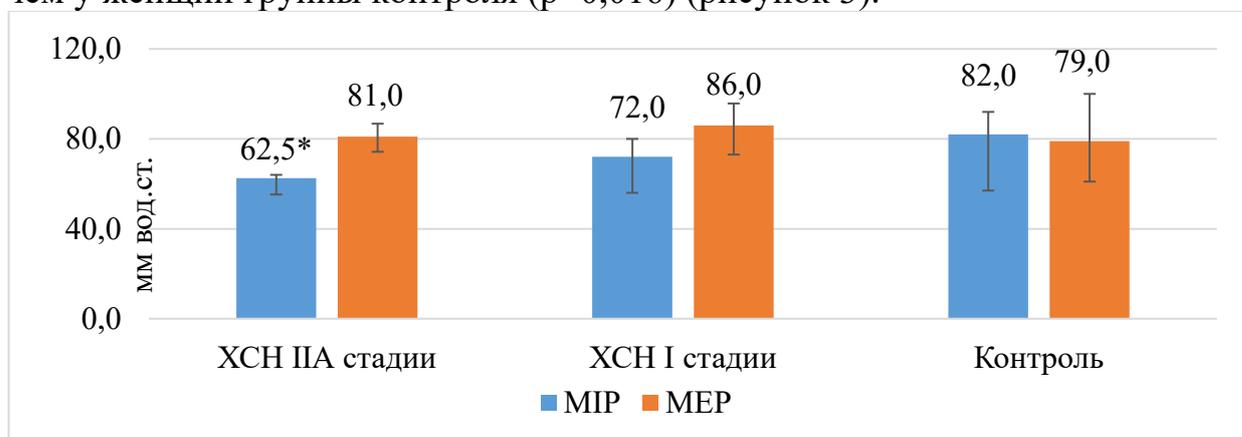


Рисунок 3 – Сила инспираторных (МIP) и экспираторных мышц (МЕР) у женщин в обследованных группах

Примечательно, что была выявлена сильная положительная корреляция между показателями кистевой динамометрии и силой ДМ ($r=0,71$, $p=0,021$), в связи с чем был проведен ROC-анализ, по результатам которого измерение силы мышц кисти и предплечья с помощью динамометрии характеризуется хорошей прогностической способностью в определении слабости ДМ у мужчин и женщин в возрасте от 45 до 74 лет. При определении вероятности наличия слабости ИМ у мужчин значение AUC составило 0,839, чувствительность метода составила 87,5%, специфичность – 85,7% при

выбранной точке отсечения 30,5 даН по результатам кистевой динамометрии (рисунок 4А). При определении вероятности наличия слабости ИМ у женщин значение AUC составило 0,891, чувствительность метода составила 92,3%, специфичность 84,7% при выбранной точке отсечения 21,5 даН по результатам кистевой динамометрии (рисунок 4Б).

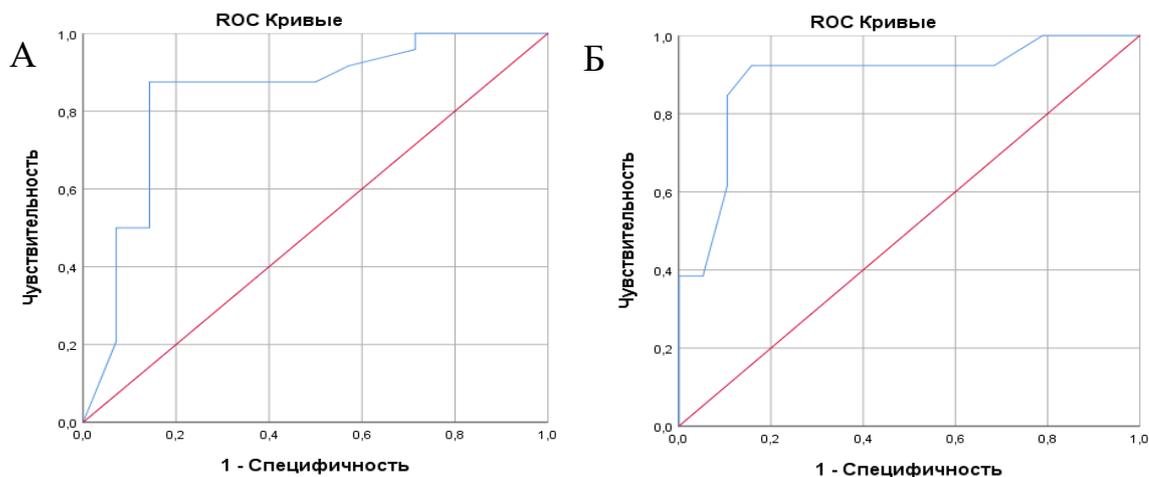


Рисунок 4 – Прогностическая способность определения слабости ИМ по результатам кистевой динамометрии у мужчин (А) и женщин (Б)

В определении слабости ЭМ у пациентов этого же возраста измерение силы мышц кисти и предплечья также характеризуется хорошей прогностической способностью. В выборке мужчин 45-74 лет значение AUC составило 0,790, при такой же выбранной точке отсечения – 30,5 даН чувствительность метода составила 74,1%, специфичность 72,7%. В выборке женщин 45-74 лет значение AUC составило 0,799. При выбранной точке отсечения – 21,5 даН чувствительность метода составила 75,0%, специфичность 81,2%. Данный метод позволяет провести экспресс-диагностику слабости ДМ без использования специализированного оборудования, а при её выявлении – направить пациента на углубленную диагностику и реабилитационные мероприятия.

У пациентов с ХСН IIА стадии были выявлены взаимосвязи между силой ДМ и показателями тяжести ХСН: отрицательная корреляционная связь между МПР и NT-proBNP – $r = -0,42$ ($p=0,045$), положительная корреляционная связь между МПР и ТШХ – $r = 0,62$ ($p<0,001$), положительная корреляционная связь между МЕР и ТШХ – $r = 0,48$ ($p=0,005$). Это свидетельствует о снижении силы ИМ по мере нарастания тяжести ХСН, а также об ассоциации функционального состояния с силой ИМ и ЭМ у пациентов с ХСНсФВ.

Электрическая активность инспираторных мышц по данным ЭМГ-исследования при начальной и клинически выраженной стадиях хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса

По результатам анализа динамики относительных показателей амплитуды от исходной фоновой амплитуды ЭМГ диафрагмы было выявлено, что при выполнении 1-й пробы у пациентов с ХСН IIА стадии наблюдалось

меньшее увеличение амплитуды ЭМГ по сравнению с пациентами с ХСН I стадии и пациентами контрольной группы (рисунок 5): в 1-й попытке на 5-й секунде – на 43,6% ($p=0,002$), на 10-й – на 32,5% ($p=0,005$) и на 15-й – на 27,6% ($p=0,041$) соответственно по сравнению с группой контроля, на 5-й и 10-й секундах – на 36,8% ($p=0,033$) и на 26,6% ($p=0,017$) соответственно по сравнению с показателями в группе пациентов с ХСН I стадии. Во 2-й попытке различия с группой контроля составили 38,3% ($p=0,005$), 27,6% ($p=0,038$) и 38,1% ($p=0,026$), а разница показателей с пациентами с ХСН I стадии была отмечена на 15-й секунде и составила 38,1% ($p=0,048$). В 3-й попытке различия показателей регистрировались между пациентами с ХСН IIА стадии и группой контроля, которые на 5-й секунде составили 38,4% ($p=0,007$), на 10-й секунде – 21,9% ($p=0,032$).

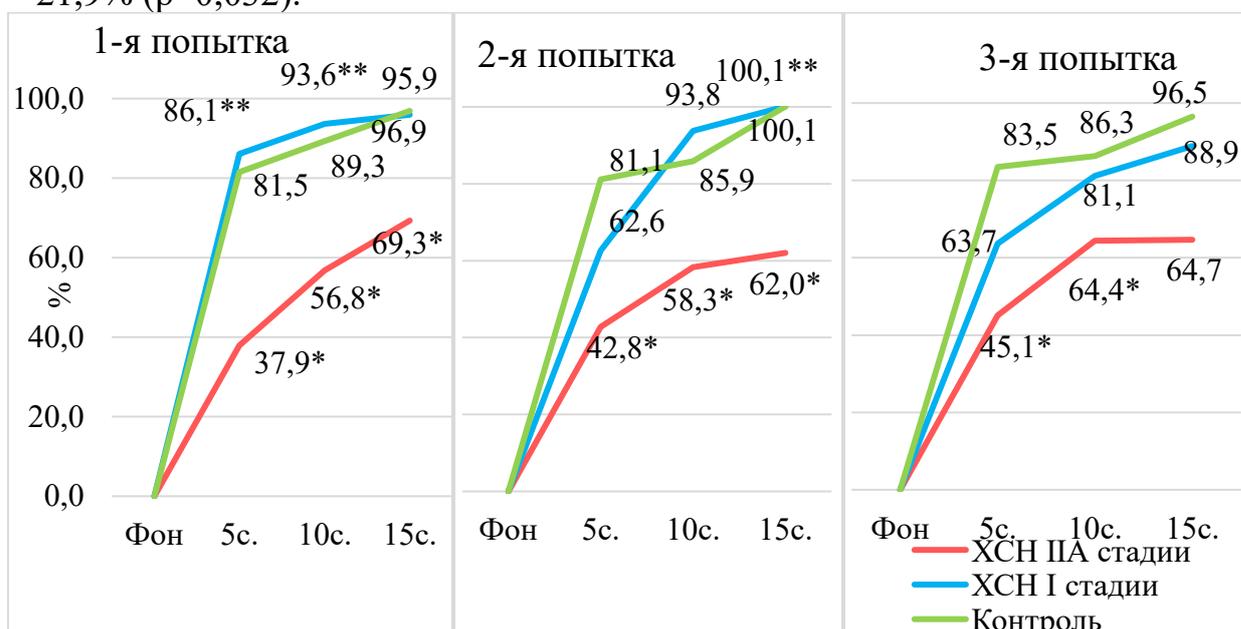


Рисунок 5 – Динамика амплитуды ЭМГ диафрагмы от фонового значения у обследованных пациентов на 5-й, 10-й и 15-й секунде при выполнении респираторной пробы с удержанием инспираторного усилия мощностью 30% от максимального инспираторного усилия, %

При анализе динамики частоты ЭМГ диафрагмы относительно фонового значения при выполнении 1-й пробы в группе пациентов с ХСН IIА стадии наблюдалось более значительное снижение частоты ЭМГ по сравнению с показателями в контрольной группе во всех трех попытках (рисунок 6). В 1-й попытке на 5-й, 10-й и 15-й секундах – на 17,2% ($p=0,005$), 20,8% ($p=0,001$) и на 16,6% ($p<0,001$) соответственно, во 2-й попытке – на 17,8,2% ($p=0,028$), 21,2% ($p=0,009$) и 18,0% ($p=0,004$), в 3-й попытке более низкие значения частоты ЭМГ у пациентов с ХСН IIА стадии по сравнению с группой контроля наблюдались на 10-й и 15-й секундах – на 21,0% ($p=0,015$) и 24,7% ($p=0,006$). Кроме того, в 1-й попытке на 15-й секунде у пациентов с ХСН IIА стадии снижение частоты ЭМГ было более выраженным – на 10,4% в сравнении с группой пациентов с ХСН I стадии ($p=0,046$). У пациентов с ХСН I стадии по сравнению с группой контроля также отмечалась динамика снижения частоты

ЭМГ диафрагмы до более низких значений – на 13,8% ($p=0,011$), 13,2% ($p=0,002$) и 6,2% ($p=0,017$) соответственно времени записи в 1-й попытке. Относительные показатели частоты ЭМГ диафрагмы у пациентов с ХСН I стадии были ниже значений группы контроля на 14,1% ($p=0,011$), 12,6% ($p=0,002$) и 15,4% ($p=0,004$) на 5-й, 10-й и 15-й секундах соответственно и по результатам 3-й попытки (рисунок 6).

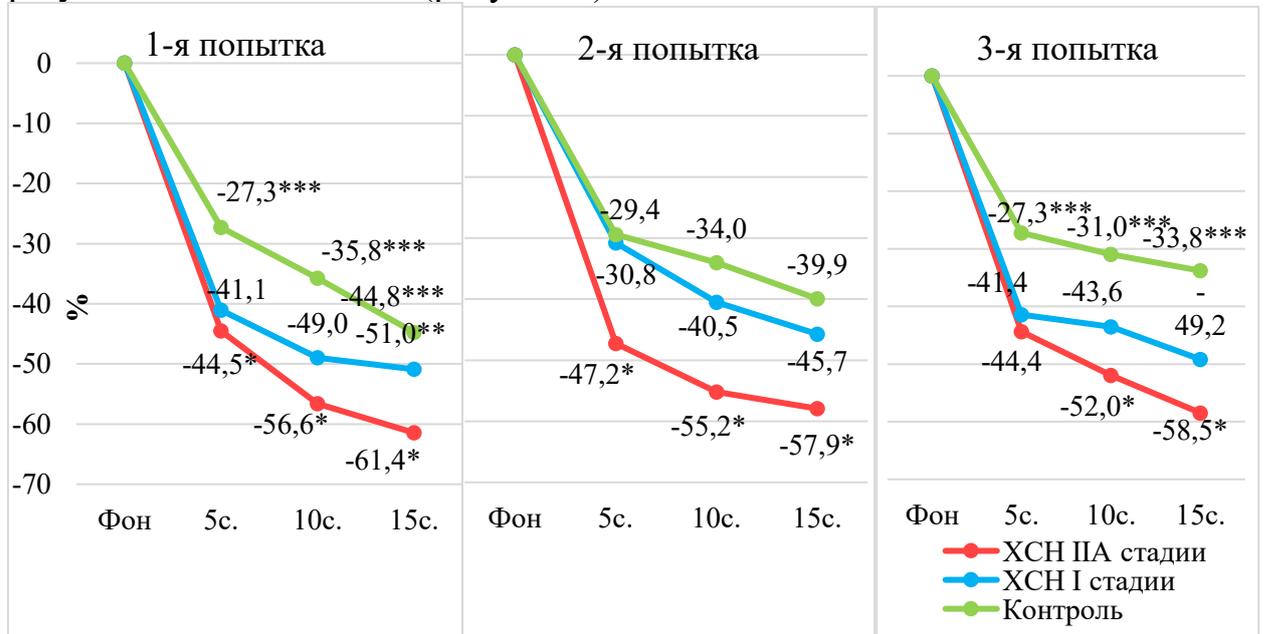


Рисунок 6 – Динамика частоты ЭМГ диафрагмы от фонового значения у обследованных пациентов на 5-й, 10-й и 15-й секунде при выполнении респираторной пробы с удержанием инспираторного усилия мощностью 30% от максимального инспираторного усилия, %

Было выявлено, что в группе пациентов с ХСН IIА стадии в сравнении с группой контроля и группой пациентов с ХСН I стадии было больше пациентов, у которых уменьшение частоты не компенсировалось ростом амплитуды, что является признаком утомления: в 1-й попытке – 41,7%, 12,5% и 0,0% для пациентов с ХСН IIА стадии, ХСН I стадии и пациентов группы контроля соответственно ($\chi^2_{1-3}=14,4$, $p=0,001$; $\chi^2_{1-2}=5,17$, $p=0,023$; $\chi^2_{2-3}=3,71$, $p=0,054$), во 2-й попытке – 33,3%, 8,3%, 0,0% ($\chi^2_{1-3}=8,0$, $p=0,005$; $\chi^2_{1-2}=4,54$, $p=0,033$; $\chi^2_{2-3}=0,54$, $p=0,463$), в 3-й попытке – 33,3%, 8,3%, 0,0% ($\chi^2_{1-3}=11,03$, $p<0,001$; $\chi^2_{1-2}=4,54$, $p=0,033$; $\chi^2_{2-3}=2,43$, $p=0,120$).

При анализе прироста амплитуды ЭМГ НММ от фоновой в 1-й пробе было выявлено, что в 1-й и во 2-й попытках достоверно больший прирост наблюдался у пациентов с ХСН IIА стадии: на 5-й, 10-й и 15-й секундах он был выше на 31,3% ($p=0,014$), 31,4% ($p=0,044$) и 37,9% ($p=0,010$) соответственно времени записи по сравнению с группой контроля и на 22,0% ($p=0,009$), 26,2% ($p=0,046$) и 24,9% ($p=0,018$), по сравнению с пациентами с ХСН I стадии в 1-й попытке; на 28,4% ($p=0,002$), 31,8% ($p=0,001$) и 30,7% ($p=0,022$) соответственно по сравнению с группой контроля, и на 30,1% ($p=0,002$), 30,7% ($p=0,004$) и 26,7% ($p=0,029$), по сравнению с пациентами с ХСН I стадии во 2-й попытке.

Прирост амплитуды ЭМГ ГКСМ по результатам выполнения 1-й попытки 1-й пробы был выше у пациентов с ХСН IIА стадии, чем в группе контроля на 59,8% ($p=0,030$) и 59,8% ($p=0,044$) на 10-й и 15-й секундах соответственно, при выполнении 2-й попытки – на 66,2% ($p=0,043$), 70,6% ($p=0,041$) и 45,5% ($p=0,041$) на 5-й, 10-й и 15-й секундах; во 2-й попытке прирост амплитуды ЭМГ ГКСМ был выше у пациентов с ХСН IIА стадии и в сравнении с группой пациентов с ХСН I стадии: 94,2% ($p=0,032$), 103,7% ($p=0,023$) и 105,2% ($p=0,027$) для 5-й, 10-й и 15-й секунд.

По результатам сравнительного анализа уровней прироста амплитуды ЭМГ и уменьшения частоты ЭМГ НММ и ГКСМ в 1-й нагрузочной пробе было выявлено, что у большинства пациентов всех трех групп уменьшение частоты ЭМГ было скомпенсировано ростом амплитуды ЭМГ, что свидетельствует об отсутствии развития утомления данных мышц.

Таким образом, при анализе результатов ЭМГ ИМ можно выделить следующие основные особенности. По результатам проведения 1-й пробы у пациентов с ХСН IIА стадии статистически значимо чаще наблюдалось утомление диафрагмы в сравнении с пациентами с ХСН I стадии и пациентами группы контроля, которое выражалось в более низком приросте амплитуды ЭМГ диафрагмы на нагрузке и более выраженным уменьшением частоты ЭМГ диафрагмы. В то же время у пациентов с ХСН IIА стадии наблюдалась повышенная активность НММ и ГКСМ в сравнении с пациентами с ХСН I стадии и пациентами группы контроля, что свидетельствует о компенсации ими инспираторного усилия без развития утомления. По результатам проведения 2-й пробы было выявлено, что у пациентов с ХСН IIА стадии электрическая активность вспомогательных ИМ – НММ и ГКСМ, была выше в сравнении с показателями пациентов с ХСН I стадии и пациентами группы контроля. По результатам проведения 3-й пробы различия между обследованными пациентами наблюдались только в показателях ЭМГ диафрагмы – у пациентов с ХСН IIА стадии электрическая активность диафрагмы была ниже в сравнении с пациентами группы контроля, что выражалось в меньшем приросте амплитуды ЭМГ диафрагмы во время нагрузки, которая, однако, компенсировала уменьшение частоты ЭМГ.

Электрическая активность экспираторных мышц по данным ЭМГ-исследования при начальной и клинически выраженной стадиях хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса

При выполнении 1-й пробы у пациентов с ХСН IIА стадии на ПМЖ наблюдались меньшие значения прироста амплитуды ЭМГ в сравнении с пациентами группы контроля: в 1-й попытке – на 26,7% на 10-й секунде ($p=0,032$), на 62,5% на 15-й секунде ($p=0,002$), во 2-й попытке – на 18,8% на 10-й секунде ($p=0,032$), на 37,0% на 15-й секунде ($p=0,002$), в 3-й попытке – на 26,3% на 15-й секунде ($p=0,047$). Амплитуда ЭМГ НКМЖ у пациентов с ХСН IIА стадии была ниже по сравнению с группой контроля на 15-й секунде данной пробы во всех трех попытках: в первой – на 20,7% ($p=0,020$), во второй

– на 28,5% ($p=0,039$), в третьей – на 27,3% ($p=0,021$), при этом прирост амплитуды ЭМГ НКМЖ тоже был ниже у пациентов с ХСН IIА стадии в сравнении с группой контроля: в 1-й попытке – на 14,7% ($p=0,029$), 20,8% ($p=0,026$), 41,2% ($p=0,007$) для 5-й, 10-й и 15-й секунд соответственно; во 2-й попытке – на 50,4% ($p=0,041$) на 15-й секунде; в 3-й попытке – на 30,8% ($p=0,031$), 59,8% ($p=0,007$) для 10-й и 15-секунд соответственно. Амплитуда ЭМГ ВММ по результатам 1-й пробы была так же меньше у пациентов с ХСН IIА стадии, чем в группе контроля: в 1-й попытке – на 27,2% на 15-й секунде ($p=0,023$), во 2-й попытке – на 37,9% на 15-й секунде ($p=0,040$), в 3-й попытке – на 29,2% на 10-й секунде ($p=0,040$) и на 40,8% на 15-й секунде ($p=0,004$). В 1-й попытке 3-й пробы амплитуда ЭМГ ПМЖ была так же меньше у пациентов с ХСН IIА стадии, чем в группе контроля на 61,3% ($p=0,032$), в 3-й попытке – на 21,8% ($p=0,030$). При анализе динамики прироста амплитуды ПМЖ при выполнении данной пробы было выявлено, что прирост был меньше у пациентов с ХСН IIА стадии в сравнении с группой контроля на 66,9% ($p=0,020$) в 1-й попытке и на 73,2% – в 3-й попытке ($p=0,003$), а также в сравнении с пациентами с ХСН I стадии на 77,3% в 1-й попытке ($p=0,030$). Амплитуда ЭМГ НКМЖ в 3-й пробе у пациентов с ХСН IIА стадии была ниже, чем в группе контроля на 63,2% ($p=0,012$), 52,4% ($p=0,007$), 42,8% ($p=0,006$) для 1-й, 2-й и 3-й попыток соответственно. Полученные данные свидетельствуют о меньшей активности ЭМ во время респираторных нагрузочных проб у пациентов с ХСН IIА стадии в сравнении с пациентами группы контроля, что свидетельствует о привлечении меньшего количества двигательных единиц при выполнении нагрузки у данной категории пациентов.

Использование чрескожной электромиостимуляции в коррекции слабости инспираторных мышц у пациентов с начальной и клинически выраженной стадиями хронической сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса

Курс ЭМС ИМ был проведен 20 пациентам с ХСНсФВ. Медиана возраста данной группы пациентов составила 68,5 [64,5; 71,0] лет. 40,0% пациентов составили мужчины, 60,0% – женщины. У 45,0% пациентов была диагностирована ХСН I стадии, у 55,0% – ХСН IIА стадии. После прохождения курса ЭМС ИМ сила ИМ в сравнении с исходной увеличилась на 19,0% ($p<0,001$). Также после курса ЭМС ИМ было зафиксировано статистически значимое улучшение функционального показателя: дистанция в ТШХ увеличилась на 11,0% ($p=0,021$) (рисунок 7).

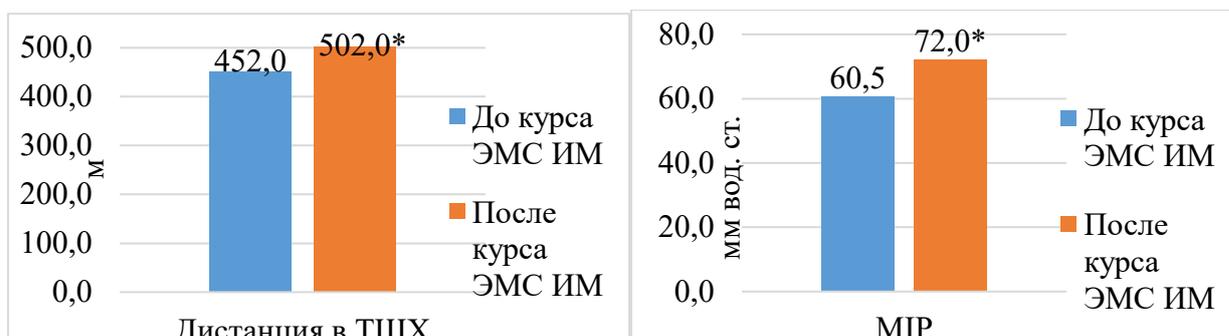


Рисунок 7 – Динамика пройденной дистанции в ТПХ и силы ИМ (МР) у пациентов с ХСНсФВ до и после курса ЭМС ИМ

Анализ динамики амплитуды ЭМГ диафрагмы от исходной фоновой в 1-й пробе после курса ЭМС ИМ выявил увеличение показателя на 20,1% на 5-й секунде ($p=0,025$), на 27,1% – на 10-й секунде ($p=0,030$), на 28,5% – на 15-й секунде ($p=0,040$) (рисунок 8).

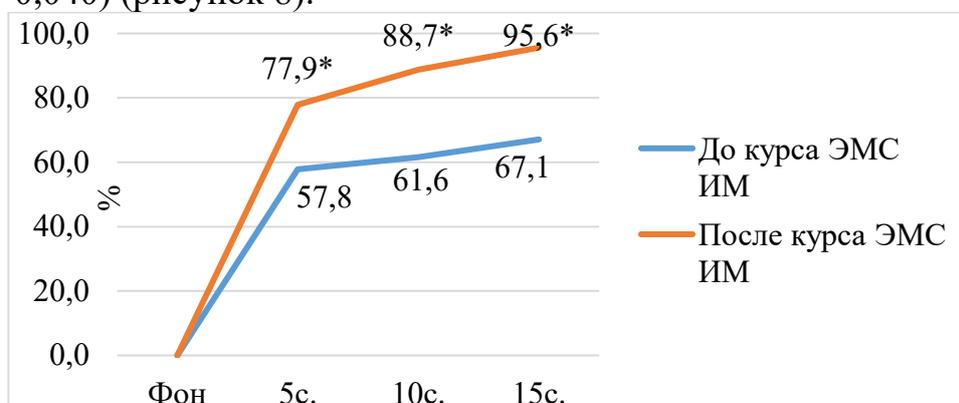


Рисунок 8 – Динамика амплитуды ЭМГ диафрагмы у пациентов с ХСНсФВ до и после курса ЭМС ИМ на 5-й, 10-й и 15-й секунде при выполнении пробы с удержанием инспираторного усилия мощностью 30% от максимального инспираторного усилия, (%)

При анализе результатов проведения 3-я пробы также было выявлено выраженное усиление активности диафрагмы после курса ЭМС ИМ: амплитуда ЭМГ диафрагмы возросла на 69,2% в 1-й попытке ($p=0,040$) и на 59,7% во 2-й ($p=0,033$).

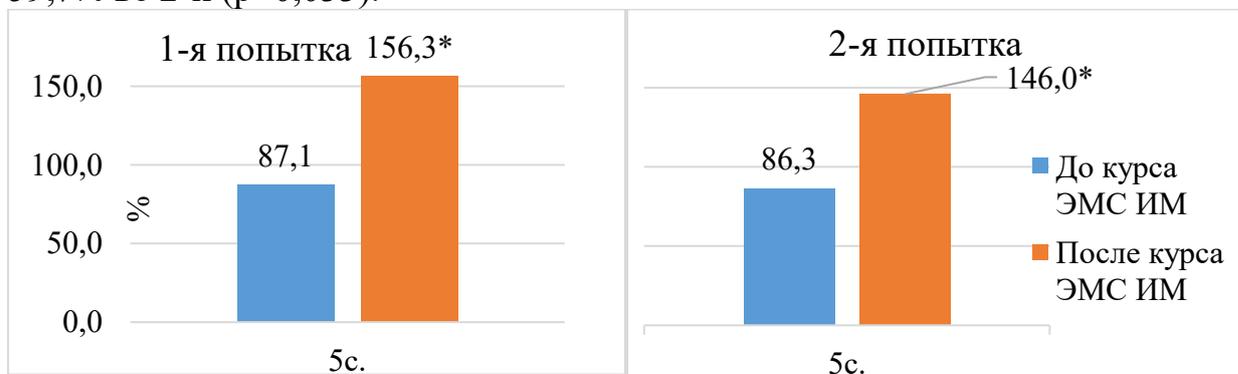


Рисунок 9 – Динамика амплитуды ЭМГ диафрагмы у пациентов с ХСНсФВ до и после курса ЭМС ИМ при выполнении пробы с удержанием инспираторного усилия мощностью 70% от максимального инспираторного усилия, (%)

Результаты, аналогичные полученным на ЭМГ диафрагмы после проведенного курса ЭМС ИМ, наблюдались и на НММ. Отмечалась динамика увеличения относительных показателей амплитуды ЭМГ НММ в трех попытках 1-й пробы после курса ЭМС ИМ. В 1-й попытке на 10-й секунде она стала выше на 9,9% ($p=0,033$), во 2-й попытке на 10-й секунде – на 28,3% ($p=0,006$), на 15-й секунде – на 40,2% ($p=0,021$), в 3-й попытке на 5-й секунде – на 22,5% ($p=0,031$), на 10-й секунде – на 33,7% ($p=0,004$), на 15-й секунде – на 32,8% ($p=0,013$) (рисунок 10).

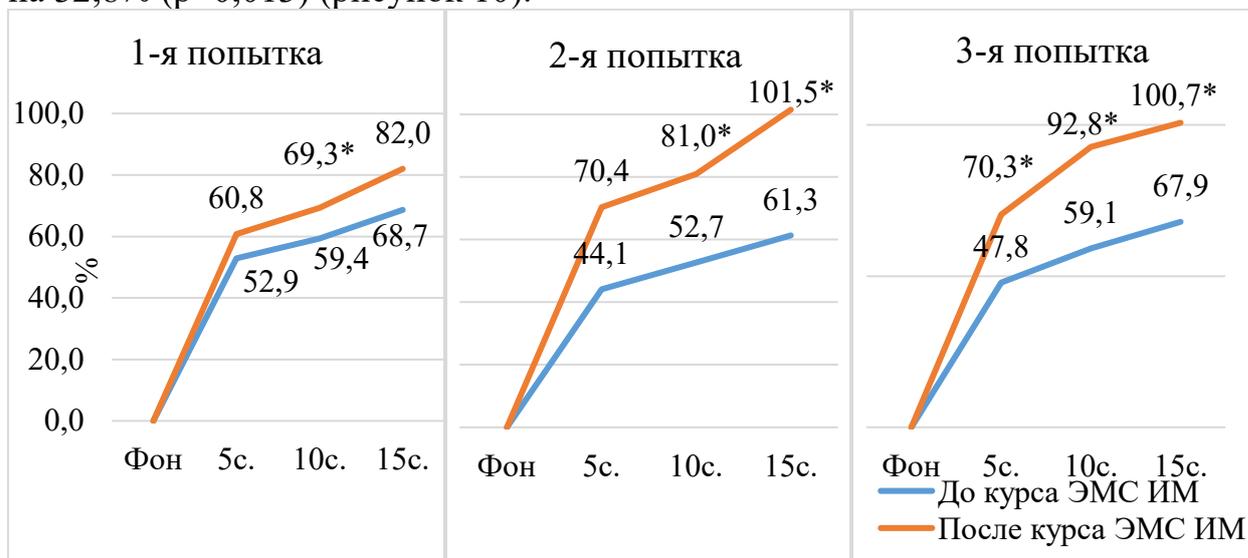


Рисунок 10 – Динамика амплитуды ЭМГ НММ у пациентов с ХСНсФВ до и после курса ЭМС ИМ на 5-й, 10-й и 15-й секунде при выполнении пробы с удержанием инспираторного усилия мощностью 30% от максимального инспираторного усилия, (%)

В данной нагрузочной пробе после курса ЭМС ИМ амплитуда ЭМГ НММ также увеличилась относительно значений, полученных до курса ЭМС ИМ: в 1-й попытке – на 47,2 % ($p=0,002$), во 2-й – на 49,2 % ($p=0,007$), в 3-й – на 49,8% ($p=0,010$) (рисунок 11).

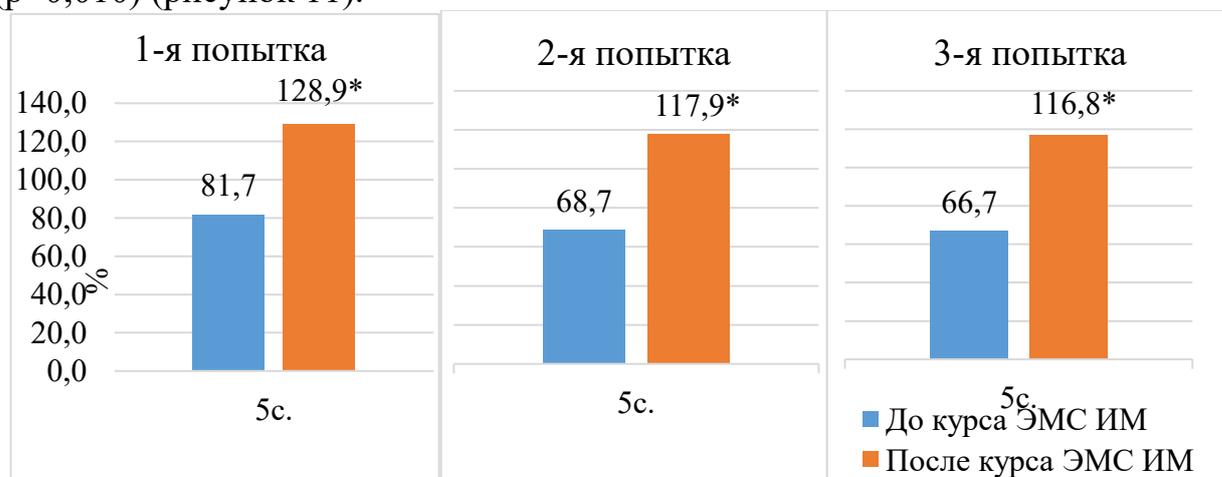


Рисунок 11 – Динамика амплитуды ЭМГ НММ у пациентов с ХСНсФВ до и после курса ЭМС ИМ при выполнении респираторной пробы с удержанием инспираторного усилия мощностью 70% от максимального инспираторного усилия, %

Таким образом, важнейшим итогом данного исследования является определение эффективности применения ЭМС ИМ у пациентов с ХСНФВ и выявленной слабостью ИМ. У данной категории больных было выявлено статистически значимое увеличение дистанции в ТШХ, силы ИМ, что сочеталось с увеличением амплитуды диафрагмы и НММ при выполнении проб с нагрузкой различной мощности, что свидетельствует об активизации дополнительных двигательных единиц данных мышц и повышении выносливости данных мышц. Полученные данные необходимы для своевременной коррекции слабости ИМ у пациентов с ХСНсФВ для улучшения переносимости ими физической нагрузки.

ВЫВОДЫ

1. У пациентов с клинически выраженной стадией ХСНсФВ сила инспираторных мышц ниже, чем у пациентов без ХСН. Наиболее значимые изменения наблюдаются у женщин с клинически выраженной стадией ХСНсФВ в сравнении с женщинами без ХСН. У пациентов с ХСНсФВ клинически выраженной стадии сила инспираторных и экспираторных мышц находится во взаимосвязи с изменениями лабораторных и функциональных показателей тяжести ХСН, а также со снижением силы мышц кисти и предплечья.

2. Для электрической активности диафрагмы у пациентов с ХСНсФВ клинически выраженной стадии по данным поверхностной электромиографии при выполнении нагрузочных функциональных проб характерно преобладание снижения частоты над увеличением амплитуды электромиограммы, что является признаком её утомления. Для грудино-ключично-сосцевидной и наружных межреберных мышц характерно увеличение амплитудных характеристик, что указывает на компенсаторное повышение их активности.

3. Для электрической активности экспираторных мышц у пациентов с ХСНсФВ клинически выраженной стадии по данным поверхностной электромиографии при выполнении нагрузочных функциональных проб характерно уменьшение амплитудных характеристик электромиограмм прямой мышцы живота, наружной косой мышцы живота и внутренних межреберных мышц, что свидетельствует о привлечении меньшего количества двигательных единиц.

4. Электромиостимуляция инспираторных мышц способствует увеличению силы инспираторных мышц, амплитудных характеристик диафрагмы и наружных межреберных мышц, а также пройденной дистанции в тесте с шестиминутной ходьбой у пациентов со слабостью инспираторных мышц и ХСНсФВ начальной и клинически выраженной стадий.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. У пациентов с ХСНсФВ начальной и клинически выраженной стадий необходимым является определение силы инспираторных мышц методом измерения максимального инспираторного давления на уровне ротовой

полости и сравнение с должными расчетными значениями в зависимости от пола и возраста с целью диагностики их слабости.

2. При отсутствии необходимого оборудования рекомендован мониторинг пациентов с ХСНсФВ начальной и клинически выраженной стадий с помощью кистевой динамометрии для определения слабости ДМ, и результат менее 30,5 даН у мужчин и менее 21,5 даН у женщин с чувствительностью 74,1-92,3% и специфичностью 72,7-85,7% указывает на наличие слабости инспираторных и экспираторных мышц (AUC 0,790-0,891).

3. При проведении поверхностной электромиографии в качестве дополнительного метода оценки функционального состояния дыхательных мышц у пациентов с ХСНсФВ начальной и клинически выраженной стадий рекомендуется использовать функциональные нагрузочные инспираторные и экспираторные пробы различной мощности с расчетом прироста амплитуды и уменьшения частоты для оценки развития утомления дыхательных мышц.

4. При наличии слабости инспираторных мышц у пациентов с ХСНсФВ начальной и клинически выраженной стадий рекомендовано применение электромиостимуляции инспираторных мышц для коррекции их функционального состояния.

Список опубликованных работ по теме диссертации

1. **Силкина, Т.А. Электромиостимуляция инспираторных мышц при хронической сердечной недостаточности / Т.А. Силкина, К.М. Иванов // Современные проблемы науки и образования. – 2024. – № 4. – С. 31.**

2. **Байкина, Н.Г. Взаимосвязь антропометрических показателей и силы дыхательных мышц при хронической сердечной недостаточности / Н.Г. Байкина, Т.А. Силкина, К.М. Иванов // Тихоокеанский медицинский журнал. – 2024. – № 3. – С. 14-19. doi: 10.34215/1609-1175-2024-3-14-19**

3. **Иванов, К.М. Особенности функционального состояния инспираторных мышц при хронической сердечной недостаточности с сохранённой фракцией выброса / К.М. Иванов, Т.А. Силкина, Н.Г. Байкина // Казанский медицинский журнал. – 2024. – Т. 105, № 6. – С. 887-894. doi: 10.17816/КМЖ634448**

4. **Силкина, Т.А. Вентиляция лёгких и сила дыхательных мышц у пациентов с начальной стадией хронической сердечной недостаточности / Т.А. Силкина, Н.Г. Байкина, К.М. Иванов, И.В. Мирошниченко, Н.С. Чумакова // Вятский медицинский вестник. – 2023. – Т. 80, № 4. – С. 44-48. doi: 10.24412/2220-7880-2023-4-44-48**

5. **Иванов, К.М. Способ определения слабости дыхательных мышц у людей среднего и пожилого возраста по функциональному состоянию скелетных мышц / К.М. Иванов, Т.А. Силкина, Н.Г. Байкина и др. // Патент № 2836709 С1 Российская Федерация, МПК А61В 5/00, А61В 5/08. – № 2024107523 ; заяв. 20.03.2024 ; опубл. 19.03.2025, Бюл. № 8.**

6. **Байкина, Н.Г. Показатели динамометрии у пациентов с хронической сердечной недостаточностью / Н.Г. Байкина, Т.А. Силкина, К.М.**

Иванов, А.С. Батырбаева, Т.А. Самойлова, И.Н. Бердникова, В.П. Нестерова, О.С. Шаронова, И.А. Биткулова // Материалы XII научно-практической конференции «Оренбургские Пироговские чтения», 28 ноября 2024 г. – Оренбург. – 2024. – С. 16.

7. Силкина, Т.А. Особенности электрической активности инспираторных мышц при хронической сердечной недостаточности / Т.А. Силкина, Н.Г. Байкина, К.М. Иванов // Российский кардиологический журнал. Российский национальный конгресс кардиологов 2024. Сборник тезисов. – 2024. – Т. 29, № 8S. – С. 296. doi: 10.15829/1560-4071-2024-8S

8. Силкина, Т.А. Использование Tei-индекса для диагностики дисфункции левого и правого желудочков при хронической сердечной недостаточности // Т.А. Силкина, Н.Э. Артемова, И.А. Васильев, Н.Г. Байкина // Сборник тезисов XII Евразийского конгресса кардиологов, 15-16 мая 2024 г. – Москва. – Изд-во: ООО «ИнтерМедсервис». – 2024. – С. 4.

9. Силкина, Т.А. Функциональное состояние инспираторных мышц по данным электромиографии при хронической сердечной недостаточности / Т.А. Силкина // Сборник тезисов XI международного молодежного научного медицинского форума «Белые цветы», 11-13 апреля 2024 г. – Казань. – 2024. – С. 1554-1555.

10. Силкина, Т.А. Электрическая активность инспираторных мышц при начальной и клинически выраженной стадиях хронической сердечной недостаточности / Т.А. Силкина, Н.Г. Байкина // Альманах молодой науки. – 2024. – № 1. – С. 52-53.

11. Силкина, Т.А. Сила дыхательных мышц и вентиляция легких при начальной стадии хронической сердечной недостаточности / Т.А. Силкина, Н.Г. Байкина // Тезисы Российского национального конгресса кардиологов, 21-23 сентября 2023 года. – Москва. – 2023. – С. 675.

12. Силкина, Т.А. Вентиляция легких и сила дыхательных мышц у пациентов с начальной стадией хронической сердечной недостаточности / Т.А. Силкина, Н.Г. Байкина // Альманах молодой науки. – 2023. – Т. 50, № 3. – С. 26-27.

13. Силкина, Т. А. Электрическая активность инспираторных мышц у пациентов разных возрастных групп / Т.А. Силкина, Н.Г. Байкина // Сборник тезисов по материалам научно-практической конференции с международным участием «Превентивная медицина как основа качественного и здорового долголетия», 27–28 апреля 2023 г. – Москва. – 2023. – С. 78-79.

14. Силкина, Т.А. Варианты изменений антропометрических показателей при хронической сердечной недостаточности и их взаимосвязь с силой дыхательных мышц / Т.А. Силкина, Н.Г. Байкина // Сборник тезисов IX международного молодежного медицинского конгресса «Санкт-Петербургские научные чтения – 2022», 7-9 декабря 2022 года. – Санкт-Петербург. – Изд-во «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет им. академика И.П. Павлова». – 2022. – С. 66.

15. Байкина, Н.Г. Применение Tei-индекса для оценки работы правого и левого желудочков сердца у больных хронической сердечной недостаточностью / Н.Г. Байкина, Т.А. Силкина, Н.Э. Артемова, К.М. Иванов, Н.В. Лазарева, О.В. Тучкова // Материалы X научно-практической конференции «Оренбургские Пироговские чтения», 1–3 декабря 2022 г. – Оренбург. – 2022. – С. 84-85.

16. Использование Tei-индекса для оценки работы правого желудочка сердца при эхокардиографическом исследовании. Информационное письмо / Н.Г. Байкина, Н.Э. Артемова, Т.А. Силкина, К.М. Иванов, Ю.В. Воронова. – Оренбург. – 2022. – 6 с.

17. Байкина, Н.Г. Использование Tei-индекса для оценки работы правого желудочка сердца у больных с начальной стадией сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса левого желудочка / Н.Г. Байкина, Т.А. Силкина, Н.Э. Артемова, К.М. Иванов // Сборник тезисов VI Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы функциональной и ультразвуковой диагностики», 28–29 октября 2022 года. – Воронеж. – 2022. – С. 30.

18. Байкина, Н.Г. Структурно-функциональные изменения правого желудочка сердца в начальной стадии хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса левого желудочка / Н. Г. Байкина, Т. А. Силкина, Н. Э. Артемова, К.М. Иванов, Н.С. Чумакова // Оренбургский медицинский вестник. – 2022. – Т. 10, № 4. – С. 23-27.

19. Силкина, Т.А. Антропометрические показатели и соматотипы у пациентов с хронической сердечной недостаточностью с сохраненной фракцией выброса / Т.А. Силкина, Н. Г. Байкина // Профилактическая медицина. Тезисы международной научно-практической конференции «Неинфекционные заболевания и здоровье населения России», 24—26 мая 2022 г. – 2022. – Т. 25, № 5-2. – С. 7.

20. Силкина, Т.А. Изменения антропометрических и лабораторных показателей при хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса / Т.А. Силкина, Н. Г. Байкина // Сборник материалов VI международного молодежного научно-практического форума «Медицина будущего: от разработки до внедрения», 21-22 апреля 2022 г. – Оренбург. – Изд-во ОрГМУ. – 2022. – С. 158.

21. Силкина, Т.А. Соматотипы, вентиляция легких и хроническая сердечная недостаточность / Т.А. Силкина, Н.Г. Байкина // Альманах молодой науки. – 2022. – № 2. – С. 18-19.

Список сокращений, использованных в автореферате

E/A – отношение пиковой скорости раннего и позднего диастолического наполнения

ET – время изгнания крови

IVCT – время изоволюметрического сокращения

IVRT – время изоволюметрического расслабления
MEP – максимальное экспираторное давление

МIP – максимальное инспираторное давление
NT-proBNP – N-терминальный пропептид натрийуретического гормона
ВММ – внутренние межреберные мышцы
ГКСМ – грудино-ключично-сосцевидная мышца
даН – деканьютон
ДМ – дыхательные мышцы
ИМ – инспираторные мышцы
ЛЖ – левый желудочек
НКМЖ – наружная косая мышца живота
НММ – наружные межреберные мышцы
ПМЖ – прямая мышца живота
ТШХ – тест с шестиминутной ходьбой
ФВ – фракция выброса
ФК – функциональный класс
ХСН – хроническая сердечная недостаточность
ХСНсФВ – хроническая сердечная недостаточность с сохраненной
фракцией выброса
ЭМ – экспираторные мышцы
ЭМГ – электромиограмма
ЭМС – электромиостимуляция
ЭхоКГ – эхокардиография

Силкина Т.А. Нарушения функционального состояния дыхательных мышц и их коррекция при хронической сердечной недостаточности с сохраненной фракцией выброса: автореф. дисс. ... канд. мед. наук: 3.1.20 / Силкина Татьяна Александровна. – Оренбург, 2025. – 24 с.