

Фролов Денис Валерьевич

**ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ
ПРИ АНГИОПАТИЯХ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ У ПАЦИЕНТОВ
С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2 ТИПА**

3.1.33. Восстановительная медицина, спортивная медицина, лечебная физкультура, курортология и физиотерапия (медицинские науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Москва – 2023

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении дополнительного профессионального образования "Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования" Министерства здравоохранения Российской Федерации

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор **Александр Геннадьевич Куликов**

Официальные оппоненты:

Миненко Инесса Анатольевна - доктор медицинских наук, профессор кафедры спортивной медицины и медицинской реабилитации Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)

Марченкова Лариса Александровна - доктор медицинских наук, главный научный сотрудник отдела соматической реабилитации, репродуктивного здоровья и активного долголетия, профессор кафедры восстановительной медицины, физической терапии и медицинской реабилитации Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медицинский исследовательский центр реабилитации и курортологии» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Защита диссертации состоится: «___» _____ 2023 г. в ___ часов на заседании диссертационного совета Д 24.1.204.03 Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Российский научный центр хирургии имени академика Б. В. Петровского» и на сайте www.med.ru. Адрес: 119991, Москва, Абрикосовский пер., д. 2.

С диссертационной работой можно ознакомиться в библиотеке ФГБНУ «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского» по адресу 119991, г. Москва, ГСП-1, Абрикосовский переулок, дом 2 и на сайте www.med.ru.

Автореферат разослан «___» _____ 2023 года.

Ученый секретарь диссертационного совета
Кандидат медицинских наук, доцент

Михайлова Анна Андреевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В Российской Федерации продолжает увеличиваться число пациентов с сахарным диабетом 2 типа (СД2), что является отражением общемировых тенденций. По данным Государственного Регистра на апрель 2023 г. в РФ по обращаемости в лечебные учреждения насчитывается 4,6 млн пациентов с СД2.

Значительный рост СД2 приводит к возрастанию количества его осложнений, в том числе со стороны сердечно-сосудистой и периферической нервной систем. Прогрессирование диабетической ангиопатии нижних конечностей (ДАНК) и диабетической полинейропатии (ДПН) сопровождается трофическими нарушениями тканей и является причиной нетравматических ампутаций примерно в 50% случаев. Частота развития макроангиопатии, несмотря на развитие новых технологий лечения СД2, остается высокой – до 20,6% (Дедов И.И., 2017).

Традиционно основным методом профилактики и лечения СД2 и его осложнений считается интенсивная гипогликемическая терапия. Но большинство пациентов не достигают индивидуальных терапевтических целей по уровню гликемии, что способствует дальнейшему развитию заболевания (Аметов А.С. и соавт., 2021). Кроме того, учитывая высокую степень коморбидности этой группы пациентов, фармакотерапевтическая нагрузка несет значимый побочный эффект.

В связи с общей признанностью сложности и многофакторности патологических изменений при СД2 существует необходимость поиска комбинированных схем лечения, воздействующих на основные звенья патогенеза заболевания.

Степень разработанности научной темы

Для повышения эффективности лечения ДАНК, коррекции метаболических расстройств и восстановления регуляторных механизмов перспективным является применение физиотерапии и лечебной физкультуры. Доказано значительное улучшение гликемического профиля, снижение инсулинорезистентности и риска развития сердечно-сосудистых осложнений при СД2 под влиянием регулярных физических упражнений (Liu Y et al., 2019; Jill A. Kanaley, 2022). Отмечено положительное влияние физической активности на нормализацию массы тела, возрастание толерантности к физической нагрузке и реологические показатели крови (Brun J.F. et al., 2014).

У пациентов с ДАНК 12-недельный курс аэробных и силовых физических нагрузок способствовал ремоделированию периферических артерий (Schreuder T.H. et al., 2014), увеличению расстояния и времени ходьбы (Arora E. et al., 2020).

Однако несмотря на доказанную безопасность применения тренировок при СД2, тяжелый коморбидный фон ограничивает применение данных рекомендаций при наличии симптомов перемежающейся хромоты (Popplewell M.A. et al., 2014).

Одним из методов пассивной физической тренировки мышц, оказывающим влияние на разные звенья патогенеза, является стимуляция импульсными токами. Их воздействие на мышцы голени улучшает гемодинамические показатели, способствует увеличению лодыжечно-плечевого индекса, нормализует двигательную функцию (Williams K.J. et al., 2017). Процедуры электростимуляции у пациентов с ДАНК благоприятным образом сказываются на трофических процессах, содействуют увеличению мышечной массы, снижению инсулинорезистентности (Joubert M. et al., 2015). Выраженный лечебный эффект наблюдался при применении пациентам с ДАНК общих гидрогальванических ванн и низкочастотных импульсных токов (Турова Е.А. и соавт., 2013). Электростимуляция способствовала регрессу болевого синдрома, нормализации тонуса прекапиллярного русла и коррекции вегетативной дисфункции (Лазаренко Н.Н. и соавт., 2016), снижала проявления перемежающейся хромоты (Ellul C. et al., 2017). Имеются единичные исследования, касающиеся использования при ДАНК электростимуляции нижних конечностей и поясничных ганглиев в комбинации с физическими тренировками (Thakral G. et al., 2013; Bril V., 2014).

При заболеваниях периферических артерий нижних конечностей были предприняты попытки применения функциональной электростимуляции (ФЭС), когда воздействие импульсным током синхронизировано с фазами двигательного акта, т.е. соответствовало периоду физиологического сокращения мышц, участвующих в выполнении движения (Embrey D.G. et al., 2017; Del Río Solá M.L., Puerta C.V., 2019). Сочетание произвольного мышечного сокращения и синхронизированной электростимуляции позволяет рекрутировать большее количество мышечных волокон и потенцировать лечебный эффект (Белова А.Н., 2014).

Таким образом, высокая медико-социальная значимость проблемы лечения сосудистых осложнений СД2, недостаточная изученность возможности применения метода функциональной электростимуляции нижних конечностей у данной группы пациентов явились основанием данной диссертационной работы.

Цель исследования

Повышение эффективности восстановительного лечения пациентов с диабетической ангиопатией путем включения в лечебный комплекс функциональной электростимуляции нижних конечностей.

Задачи исследования

1. Оценить характер и степень выраженности клинико-функциональных нарушений у пациентов с сахарным диабетом 2 типа с наличием ангиопатии нижних конечностей.
2. Определить эффективность влияния функциональной электростимуляции с различными параметрами воздействия на клинические проявления заболевания и функциональные показатели у пациентов с диабетической ангиопатией нижних конечностей при проведении комплексного лечения.
3. Изучить динамику показателей психо-эмоционального состояния и качества жизни пациентов с диабетической ангиопатией под влиянием различных методик функциональной электростимуляции.
4. На основании анализа непосредственных и отдаленных результатов оценить эффективность лечения пациентов с диабетической ангиопатией нижних конечностей с использованием функциональной электростимуляции и определить оптимальные параметры ее применения.

Научная новизна

Впервые разработаны и научно обоснованы методики использования функциональной электростимуляции в комплексном лечении пациентов с диабетической ангиопатией нижних конечностей, раскрыты некоторые механизмы саногенетического действия данного метода, доказана его эффективность, что подтверждено патентом РФ №2644292 (опубл. 8.02.2018).

Впервые изучены особенности влияния сочетанного воздействия электростимуляции и циклической тренировки на клинические проявления, гемодинамику и микроциркуляцию в области нижних конечностей, качество жизни пациентов с диабетической ангиопатией нижних конечностей в зависимости от выбранных параметров воздействия, а также эффективность применяемых методик в отдаленном периоде.

Впервые по динамике изменений клинических и функциональных показателей при проведении курса восстановительного лечения определены оптимальные параметры функциональной электростимуляции.

Теоретическая значимость работы заключается в расширении представлений о влиянии функциональной электростимуляции на различные звенья патогенеза ДАНК, включая стимулирующее воздействие на мышечную ткань и нервно-рефлекторный аппарат нижних конечностей. В работе обосновано дифференцированное применение частотных характеристик электроимпульсной терапии при

доминировании определенных симптомов ДАНК.

Практическая значимость

Для внедрения в лечебную практику предложены методики функциональной электростимуляции нижних конечностей в комплексном лечении ДАНК и разработаны оптимальные параметры воздействия.

Предложенные методики могут быть использованы в лечении пациентов с ДАНК в амбулаторных, стационарных и санаторно-курортных медицинских учреждениях.

Методология и методы исследования

Для сравнительного анализа эффективности применения функциональной электростимуляции нижних конечностей различных частотных характеристик у пациентов с диабетической ангиопатией было выполнено проспективное открытое сравнительное рандомизированное исследование. Основой методологии работы является системный подход к обследованию и лечению с использованием многофакторного анализа. Все пациенты, включенные в исследование, методом случайной выборки были рандомизированы на две основные и контрольную группу статистически не различимые по полу, возрасту, тяжести течения и продолжительности заболевания. Для обследования были использованы широко применяемые в практике шкалы и опросники, а также неинвазивные методики: лазерная доплеровская флоуметрия, стабилметрическое исследование, функциональная оценка ходьбы с помощью тредмил-теста, ультразвуковое исследование с дуплексным сканированием сосудов нижних конечностей, электронейромиографическое исследование нервов нижних конечностей. Исследования осуществляли с использованием сертифицированного отечественного и зарубежного оборудования, отличающегося высоким качеством и надежностью. Для анализа полученного материала применены современные методы статистического анализа с использованием программы Statistica 10.0 (StatSoft, США).

Проведение диссертационного исследования одобрено Комитетом по этике научных исследований ФКУЗ ГВКГ имени академика Н.Н. Бурденко Министерства обороны РФ (выписка из протокола №172 от 24.06.2015) и Комитетом по этике научных исследований ФГБОУ ДПО РМАПО (выписка из протокола №1 от 19.01.2016).

Основные положения диссертации, выносимые на защиту

1. Включение в комплекс лечебных процедур функциональной электрости-

муляции у пациентов с диабетической ангиопатией нижних конечностей позволяет существенно повысить его эффективность.

2. Применение функциональной электростимуляции оказывает более значимое влияние на периферическую гемодинамику и состояние микроциркуляторного русла, подтвержденное данными изменения лодыжечно-плечевого индекса при ультразвуковом исследовании и лазерной доплеровской флоуметрии, чем базовая терапия без применения этого метода.

3. Функциональная электростимуляция с частотой 10-30 Гц в составе комплексной терапии позволяет добиться возрастания толерантности к физической нагрузке в ходьбе в большей степени, чем выполнение этой процедуры с частотой 80-100 Гц.

4. Проведение функциональной электростимуляции нижних конечностей с частотой 10-30 Гц оказывает более выраженное положительное воздействие на имеющиеся клинические проявления заболевания и нарушенные показатели функционального состояния, что позволяет рекомендовать данную методику в качестве основной для лечения большинства пациентов. Применение электростимуляции с частотой 80-100 Гц возможно при нейропатическом болевом синдроме, сопровождающемся жалобами на покалывание и гиперестезию.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность результатов работы, выводов и практических рекомендаций базируется на большом количестве наблюдений (n=135), использовании современных методов инструментальной диагностики и статистического анализа.

Основные положения диссертации доложены на I, II, III и VI международных конгрессах «Физиотерапия. Лечебная физкультура. Реабилитация. Спортивная медицина» (Москва, 2015, 2016, 2017, 2023 гг.), XVI Международном конгрессе «Реабилитация и санаторно-курортное лечение» (Москва, 2018 г.), XX юбилейном Всероссийском форуме «Здравница-2021» (Москва, 2021 г.).

Апробация диссертационной работы состоялась 22.12.2022 года на расширенном заседании кафедры физической терапии, спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России (Протокол № 12 от 22.12.2022).

Результаты диссертационной работы используются при подготовке кадров высшей квалификации в ординатуре по специальности «Лечебная физкультура и спортивная медицина», циклов профессиональной переподготовки и повышения квалификации кафедры физической терапии, спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России (акт внедрения от

14.09.2022). Результаты исследования используются в клинической практике ФГБУ «ГВКГ имени академика Н.Н. Бурденко МО РФ» (акт внедрения от 5.09.2022). Получен патент на изобретение «Способ лечения диабетических ангиопатий нижних конечностей» (№2644292, опубл. 8.02.2018).

Личный вклад соискателя

Автор выполнил анализ современной научной литературы по теме исследования, поиск по теме полученного патента, определил адекватные поставленным задачам исследовательские методики. Преимущественно автором было выполнено обследование и лечение пациентов, разработаны методики применения функциональной электростимуляции, проведена подготовка специалистов для проведения диагностических и лечебных процедур по теме диссертации в отделении лечебной физкультуры ГВКГ имени Н.Н. Бурденко. Автор выполнил статистическую обработку и анализ полученных данных, обосновал научную новизну и практическую значимость работы, им самостоятельно написаны главы диссертационной работы, подготовлены материалы к публикациям по теме исследования.

Публикации

По теме диссертационного исследования опубликовано 12 печатных работ, из них 4 – в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве образования и науки Российской Федерации, получен 1 патент.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, обзора литературы, главы материала и методов исследования, 3 глав с описанием результатов собственных исследований, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка литературы и приложений. Текст диссертационной работы изложен на 155 страницах текста, иллюстрирован 40 таблицами и 13 рисунками. Список литературы включает 183 источника – 57 отечественных, 126 зарубежных.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Клиническое обследование и лечение пациентов осуществлялось в ФГБУ ГВКГ им. Н.Н. Бурденко МО РФ. В исследовании приняли участие 135 пациентов (93 мужчины и 42 женщины) с СД2, осложненным ангиопатией нижних конечностей. Возраст больных - Me [Q25; Q75] 62,5 [56,0; 66,0] лет.

Критериями включения пациентов в исследование являлись: СД2, осложненный диабетической ангиопатией; длительность заболевания - более 2 лет; возраст 40-75 лет; уровень гликированного гемоглобина (HbA1C) - 6-11% (на фоне

проводимой терапии); наличие письменного информированного согласия.

Критерии не включения в исследование: выраженные трофические нарушения нижних конечностей, облитерирующие ангиопатии нижних конечностей выше II Б ст., тяжелая соматическая патология, выраженные нарушения сердечного ритма и проводимости, психические заболевания, непереносимость электрического тока, величина показателя ЛПИ выше 1,3.

Критерии исключения: возникновение острых или обострение хронических заболеваний, требующих прерывания курса лечения; невозможность выполнения тредмил-теста, невозможность нахождения пациента в положении стоя с закрытыми глазами, нежелание пациента продолжать участвовать в исследовании.

Методы исследования

У всех пациентов проводилось изучение жалоб и данных анамнеза, выполняли клиническое, инструментальное и лабораторное обследование, оценивали психоэмоциональный статус и качество жизни. Уделяли внимание наличию двигательных и чувствительных расстройств, их локализации, связи со временем суток, физической нагрузкой, возможность купирования болевого синдрома в состоянии покоя. На основании опроса выявляли степень функциональных нарушений в ходьбе (классификация А.В. Покровского, 1976). Интенсивность болевого синдрома определяли по 10-балльной визуально-аналоговой шкале (ВАШ).

Всем пациентам выполняли ЭКГ, клинические анализы крови и мочи, биохимическое исследование крови (уровень гликемии, липидный спектр крови). Степень снижения кровотока в сосудах нижних конечностей оценивали по величине лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) при УЗ-исследовании (аппарат «Philips EPIQ 5» Нидерланды). Изучение микроциркуляции в области подошвенной поверхности 1-х пальцев стоп проводили методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) с помощью аппарата «ЛАКК-М» (рег. удостов. № ФСР 2010/07442). Степень функциональных нарушений в нижних конечностях при ходьбе определяли на основании одноступенчатого протокола Strandness exercise test (Strandness D.E., 1970) тредмил-теста.

С помощью стабилметрической платформы «ST-150» (рег. удост. № ФСР 2010/07900 от 01.03.2016) определяли степень нарушений сенсорной организации вертикальной позы. Части пациентам была выполнена стимуляционная электронейромиография (ЭНМГ) на комплексе "Нейромиограф-01-МБН" по стандартной методике. Для оценки психоэмоционального статуса использовали опросник САН, качество жизни пациентов определяли, используя анкетирование с помощью опросника SF-36.

Эффективность лечения оценивали комплексно на основании динамики клинических и функциональных показателей. Результат интерпретировали как «значительное улучшение» при выраженном регрессе большинства клинических проявлений, снижении выраженности боли по ВАШ на 2 балла и более, положительной динамике показателей ЛДФ, уменьшении степени ишемии нижних конечностей по данным ЛПИ на 5% и более, росте функциональных показателей ходьбы на основании тредмил-теста, величины индексов SF-36 и САН более, чем на 10%. При умеренном регрессе клинических проявлений заболевания, снижении выраженности боли по ВАШ на 1–1,5 балла, положительной динамике показателей ЛДФ, уменьшении степени ишемии нижних конечностей по данным ЛПИ до 5%, росте функциональных показателей ходьбы на основании тредмил-теста, величины индексов SF-36 и САН на 5-10% результат лечения характеризовали как «улучшение».

В случае отсутствия или минимальных изменениях клинических проявлений заболевания, динамики показателей ЛДФ, результатов тредмил-теста, величины индексов SF-36 и САН эффективность лечения оценивали как «без изменений».

Методы лечения

Методом простой рандомизации все пациенты были разделены на 3 группы – две основные и контрольную (по 45 человек в каждой). Все больные получали базисную медикаментозную терапию, включающую сахароснижающие, антиагрегантные, гиполипидемические препараты. Помимо этого, назначали диету, процедуры лечебной гимнастики, тренировочную ходьбу на тредмиле, тренировку баланса, в том числе с применением стабиллоплатформы с биологической обратной связью (БОС) по опорной реакции. Процедуры ЛФК проводили ежедневно по 2 занятия с перерывом в 3 часа.

Пациентам основных групп после лечебной гимнастики дополнительно проводили функциональную электростимуляцию (ФЭС) нижних конечностей с помощью аппарата RT-300 (США, рег. удост. № РЗН 2013/872 от 12.07.2013), представляющего велотренажер с электроприводом, на котором осуществлялось активное педалирование. В аппарате установлен модуль программируемой электростимуляции мышц нижних конечностей, синхронизированный с циклической работой на тренажере. Импульс электростимуляции по времени соответствовал фазам естественного возбуждения и сокращения мышц при активном режиме работы пациента. Электроды фиксировали на передней и задней поверхностях голени. Применяли импульсный биполярный ток прямоугольной формы с частотой,

изменяемой в процессе курса лечения, от 10 до 30 Гц (1 группа) или 80-100 Гц (2 группа). Длительность импульсов в процессе лечения снижали с 250 до 150 мкс. Продолжительность процедур ФЭС возрастала с 10 мин в начале лечения до 20 мин к его окончанию. Курс ФЭС состоял из 10 процедур.

Статистическая обработка результатов исследования

Для статистической обработки полученных результатов была создана база данных в среде Microsoft Office Excel 2016. Проверка выборки на подчинение нормальному закону распределения проводили по критерию Шапиро–Уилка, Колмогорова-Смирнова. Так как выборки не имели нормального распределения, то анализ различий двух связанных выборок проводили при помощи критерия Вилкоксона. Для представления показателей использовали медиану с указанием размаха значений от 25-го до 75-го перцентиля – Me [25-й; 75-й перцентили]. Оценку различий показателей между всеми группами проводили критерием Краскела-Уоллиса. Для анализа двух независимых выборок использовался критерий Манна-Уитни с поправкой Бонферрони на множественность сравнений (3 группы). Качественные показатели сравнивали методом χ^2 Фридмана. Статистическая обработка данных проводилась с использованием прикладной программы Statistica 10 (StatSoft, США).

Результаты исследования и их обсуждение

Длительность течения СД2 у обследованных лиц составляла в целом 8,0 [4,0; 11,0] лет. Уровень HbA1C, отражающий степень нарушения углеводного обмена, составил 8,20 [7,60; 9,00]%. Хроническая ишемия нижних конечностей I степени была определена у 90 пациентов, IIА степени – у 35 пациентов, IIБ степени – у 10 пациентов.

Анализ изучения сопутствующей патологии показал наличие ИБС у 56,3% пациентов, гипертонической болезни у 75,5%, диабетической полинейропатии (ДПН) у 77,8%, ожирение разной степени определили - у 60,7% пациентов.

До начала лечения большинство пациентов (80,7%) предъявляли жалобы на боли разной степени интенсивности в области нижних конечностей при ходьбе, 34,8% пациентов жаловались на боли в нижних конечностях, не связанные с физической нагрузкой, часто возникающие ночью. По уровню коморбидности и частоте имеющихся жалоб исследуемые группы между собой не различались.

Выраженность болевого синдрома по шкале ВАШ до начала лечения составила 4,0 [3,0; 5,0] балла. Определение его характера и степени выраженности показала, что в 77,8% случаев он был связан, в том числе, с клиническими проявле-

ниями ДПН. Оценка жалоб, связанных с нейропатией, проводимая по шкалам нейропатического симптоматического счета (НСС), шкале общих симптомов (TSS) и объективное обследование пациентов по шкале нейропатического дисфункционального счета (НДС) выявили отсутствие статистической разницы ($p > 0,05$, критерий Манна - Уитни) между исследуемыми группами до начала лечения. У пациентов всех исследуемых групп наблюдался умеренно выраженный сенсомоторный характер поражения периферической нервной системы (общий балл по шкале НДС - 8,0 [6,0; 12,0]).

При проведении проб с физической нагрузкой пациенты отмечали появление перемежающейся хромоты разной степени интенсивности. Величина показателей дистанции безболевого ходьбы (ДББХ) и максимальной дистанции ходьбы (МДХ) составляла в среднем по всем обследованным лицам 370,0 [245,0; 400,0] м и 490,0 [380,0; 520,0] м, соответственно, без статистически значимых различий между группами.

У пациентов с ДАНК по сравнению со здоровыми лицами наблюдалось снижение значений соответствующих показателей по всем шкалам опросника САН. В большей степени это касалось шкалы «самочувствие». Результаты оценки по шкале SF-36 свидетельствовали о снижении физического и психического компонентов здоровья у данной категории пациентов по сравнению с результатами популяционных исследований (В.Н. Амирджанова, 2008), что позволило говорить о значительных ограничениях их повседневной деятельности и снижении качества жизни.

Анализ параметров ЛПИ до начала лечения показал наибольшую частоту встречаемости умеренно выраженной ишемии нижних конечностей: у большинства обследованных лиц (55,6%) этот показатель составлял 0,81–0,90, у 14,8% пациентов его значения были в диапазоне 0,71–0,80, а у 29,6% пациентов находились на уровне 0,7 и ниже.

Результаты выполненных ЛДФ-исследований подтвердили значимое снижение по сравнению со здоровыми лицами показателя нутритивного кровотока ($M_{\text{нутр.}}$) при одновременном возрастании показателя шунтирования (ПШ). Проведение пациентам с ДАНК холодовой пробы и локальной термопробы позволило выявить снижение адаптационных резервов капиллярного кровотока.

Проверка вертикальной устойчивости пациентов при проведении стабилметрического исследования показала определенное снижение способности сохранять баланс по сравнению со здоровыми лицами. Особенно значимым ($p = 0,001$) было различие величины расчетного коэффициента K_2 , отражающего влияние

афферентного звена на поддержание вертикальной стойки (соотношение индекса энергозатрат с закрытыми глазами в положении стоя на балансировочной подушке, расположенной на стабиллоплатформе и с открытыми глазами в положении стоя на стабиллоплатформе без подушки). Результаты проведенных ЭНМГ-исследований до лечения продемонстрировали у пациентов с ДАНК основных и контрольной групп наличие изменений параметров невральности проводимости, характерных для демиелинизирующих диффузных аксональных повреждений.

Давая оценку переносимости пациентами предложенных лечебных комплексов следует подчеркнуть, что в целом она была хорошей. Каких-либо существенных нарушений, требующих отмены процедур ФЭС или необходимости перерыва в лечении, не выявлено.

Анализ жалоб пациентов после курса лечения показал существенные различия в частоте регресса клинической симптоматики в группах (Таблица 1). В частности, в основных группах исчезновение или уменьшение болей при ходьбе наблюдалось в 94,6% и 79,5% случаев, соответственно, в контрольной - существенно реже (54,5% пациентов, $p < 0,05$).

Таблица 1 - Динамика показателей частоты купирования болевого синдрома у пациентов под влиянием лечения

Период	Степень изменения	Группы исследования					
		1-я основная, n=45		2-я основная, n=45		контрольная, n=45	
		Абс	%	Абс	%	Абс	%
Боль в нижних конечностях при ходьбе							
До лечения		37	82,2	39	86,7	33	73,3
После лечения	Исчезновение	5	13,5	0	0,0	0	0,0
	Уменьшение	30	81,1**	31	79,5**	18	54,5
	Без изменений	2	5,4	8	20,5**	15	45,5
Боли в ночное время							
До лечения		18	40,0	16	35,5	13	28,9
После лечения	Исчезновение	9	50,0* **	0	0,0	0	0,0
	Уменьшение	8	44,4	11	68,7**	4	30,8
	Без изменений	1	5,6	5	31,3	9	69,2

Примечание: * – достоверность ($p < 0,05$) различий показателей между основными группами; ** - достоверность ($p < 0,05$) различий показателей по отношению к контрольной группе.

Боли преимущественно ночного характера, не усиливающиеся при физической нагрузке и рассматриваемые как проявление болевой формы нейропатии, регрессировали полностью или уменьшались в той или иной мере в 94,4% случаев в 1-й группе, что было достоверно выше по сравнению со 2-й

группой (68,7%) и особенно группой контроля (30,8%).

Снижение интенсивности болевого синдрома по ВАШ к концу курса лечения (Таблица 2) происходило во всех группах пациентов ($p < 0,05$), но со значительным преимуществом 1-й группы по сравнению с остальными.

Более высокая результативность ФЭС с частотой 10-30 Гц проявилась и по степени уменьшения жалоб на слабость в нижних конечностях. Практически у всех (96,8%) пациентов 1-й группы наблюдалось уменьшение или полное исчезновение этих жалоб, тогда как среди лиц, получавших ФЭС с частотой 80-100 Гц (2 группа) - лишь в 60,7% случаев. Еще менее значимые результаты наблюдались в группе контроля, где положительная динамика наблюдалась только в 37,0% случаев.

Таблица 2 - Динамика интенсивности болевого синдрома по шкале ВАШ в исследуемых группах под влиянием проводимого лечения

Период	Группы пациентов			U-критерий Манна-Уитни (p)		
	1-я основная, n=45	2-я основная, n=45	контрольная, n=45	1-2	1-3	2-3
До	4,0 [3,0; 5,0]	4,0 [3,0; 5,0]	4,0 [2,0; 5,0]			
После	2,0 [1,0; 2,0] #*	2,0 [1,0; 3,0] #	3,0 [2,0; 4,0] #	0,003	0,001	0,107

Примечание: # - достоверность различий внутри групп ($p < 0,05$); * - достоверность различий по сравнению с контрольной группой ($p < 0,017$).

Признаки парестезии в стопах, ощущение зуда в нижних конечностях уменьшались значительно чаще в основных группах, по сравнению с контрольной. Включение процедур ФЭС в лечебный комплекс позволило существенно сократить частоту жалоб пациентов на неустойчивость. При этом в 1-й группе положительные изменения были обнаружены у 83,3% пациентов, что достоверно превышало результаты во 2-й и контрольной группах, где аналогичные изменения наблюдались в 66,7% и 35,7% случаев, соответственно. Преимущество в снижении жалоб на неустойчивость в 1-й группе, по нашему мнению, можно объяснить увеличением активности эфферентного звена в координационных бытовых задачах у пациентов этой группы, так как режим импульсной электротерапии с более низкой частотой способствовал улучшению функционального состояния мышц нижних конечностей.

Анализ изменений субъективной оценки неврологической симптоматики по шкалам НСС и TSS продемонстрировал достоверное преимущество применения в комплексном лечении процедур ФЭС нижних конечностей: хотя статистически

значимое улучшение параметра «Общий балл» по этим шкалам отмечено во всех группах (Рисунок 1), однако более высокие результаты наблюдались в основных группах по сравнению с контрольной ($p < 0,017$). Детализация оценки по данным шкалам позволила выявить превосходство в регрессе таких симптомов как чувство покалывания и гиперестезии при применении ФЭС с частотой 80-100 Гц, тогда как частота 10-30 Гц более эффективно купировала проявления нейропатии в виде симптомов «судороги» и «онемения».

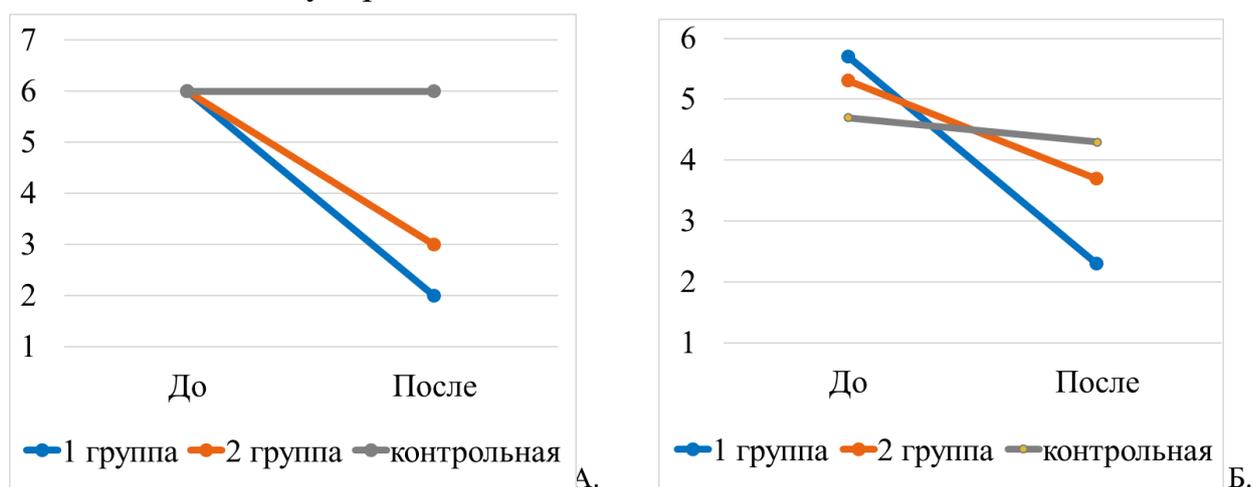


Рисунок 1 - Динамика выраженности неврологических нарушений по оценке общего балла шкалы НСС (А) и оценке общего балла шкалы TSS (Б) под действием проводимого лечения

Для оценки влияния проводимого лечения на гемодинамику в области нижних конечностей у 93 пациентов было повторно проведено определение величины лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ). Положительные изменения в виде повышения величины данного индекса происходили во всех исследуемых группах. При этом результаты, достигнутые в 1-й группе (рост ЛПИ на 8,7%), достоверно превышали значения, полученные во 2-й и контрольной группах (Таблица 3).

Таблица 3 - Изменения показателя ЛПИ под влиянием проводимого лечения

Период	Группы исследования			U-критерий Манна-Уитни (p)		
	1 основная, n=31	2 основная, n=29	Контрольная (3), n=33	1-2	1-3	2-3
До	0,80 [0,68; 0,84]	0,78 [0,66; 0,84]	0,81 [0,68; 0,82]	0,897	0,874	1,000
После	0,87 [0,82; 0,92]##*	0,79 [0,67; 0,87]#	0,83 [0,71; 0,85]#	0,001	0,010	0,996
T-критерий (p)	<0,001	0,045	0,031			

Примечание: # - достоверность различий внутри групп ($p < 0,05$); * - достоверность различий по сравнению с контрольной группой ($p < 0,017$)

Полученные результаты возможно объяснить снижением степени венозного

полнокровия под воздействием импульсных токов более низкой частоты, способствующих ритмическому сокращению мышц нижних конечностей и улучшению периферического кровоснабжения.

Анализ изучения методом ЛДФ микроциркуляции в области дистальных отделов нижних конечностей после окончания лечения позволил установить (Рисунок 2А) значительное возрастание в 1-й группе (на 55,6%) показателя капиллярного кровотока ($M_{\text{нутр.}}$), что существенно превысило результаты во 2-й (на 25,3%, $p=0,015$) и особенно контрольной группах ($p<0,001$, критерий Манна-Уитни). В последнем случае изменения были минимальными и не носили достоверного характера.

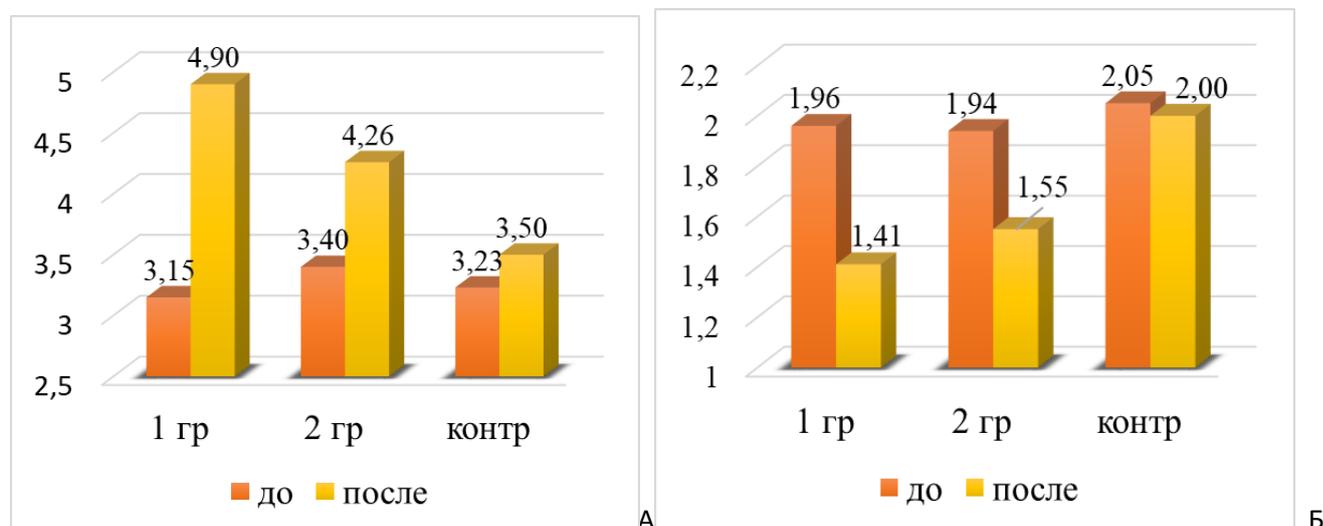


Рисунок 2 - Динамика показателей ЛДФ под влиянием проводимого лечения. А - капиллярный кровоток ($M_{\text{нутр.}}$); Б - показатель шунтирования (ПШ)

Динамика средних значений показателя variability тканевого кровотока (СКО) на фоне лечения, свидетельствующие об улучшении качественных характеристик вазомоторных колебаний, отмечены во всех исследуемых группах, однако степень этих изменений в основных группах была выше по сравнению с контрольной ($p<0,017$).

Усиление, под влиянием применения в комплексном лечении процедур ФЭС, нутритивного кровотока во многом объясняется уменьшением артериоло-веноулярного шунтирования крови, при этом показатель шунтирования (ПШ) достоверно снижался (Рисунок 2Б) лишь среди пациентов основных групп (на 28,1% и 20,1%, соответственно). Снижение значений ПШ связано с уменьшением амплитуды колебаний кровотока в нейрогенном диапазоне (Ан) и свидетельствовало об активации симпатических вазомоторных волокон, а также увеличении тонуса артериол. Наиболее выраженные позитивные изменения наблюдались в 1-й ос-

новной группе (-17,0%). Выполнение комбинированной функциональной пробы позволило установить (Таблица 4) достоверное повышение показателя термального резерва микроциркуляции во всех группах, однако наиболее значимыми эти изменения были в 1-й группе (+12,0%).

Таблица 4 - Изменения показателя ТРМ под влиянием проводимого лечения

Период	Группы исследования			U-критерий Манна-Уитни (p)		
	1-я группа, n=45	2-я группа, n=45	Контрольная группа, n=45	1-2	1-3	2-3
До	167,0 [155,0; 176,0]	163,0 [140,0; 180,0]	161,0 [139,0; 176,0]	0,277	0,106	0,660
После	187,0 [178,0; 207,0]##*	166,0 [148,0; 185,0]#	161,0 [145,0; 176,0]#	<0,001	0,026	0,288
T-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			

Примечание: # - достоверность различий внутри групп ($p < 0,05$); * - достоверность различий по сравнению с контрольной группой ($p < 0,017$)

Оценивая изменения микроциркуляции под влиянием проводимого лечения, можно говорить об усилении нутритивного кровотока, восстановлении регуляторных механизмов и увеличении адаптационных резервов микроциркуляции преимущественно у пациентов, которым назначали ФЭС частотой 10-30 Гц.

Положительные изменения кровообращения в области нижних конечностей отразились на функциональных показателях ходьбы (Таблица 5).

Таблица 5 - Динамика показателей тредмил-теста под влиянием лечения

Период	Группы исследования			U-критерий Манна-Уитни (p)		
	1-я основная, n=45	2-я основная, n=45	Контрольная (3), n=45	1-2	1-3	2-3
Дистанция безболевого ходьбы (ДББХ), м						
До	370,0 [250,0; 390,0]	340,0 [230,0; 385,0]	380,0 [270,0; 400,0]	0,518	0,137	0,041
После	450,0 [315,0; 515,0]##*	355,0 [250,0; 430,0]#	405,0 [285,0; 425,0]#	0,001	0,005	0,561
T-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			
Максимальная дистанция ходьбы (МДХ), м						
До	490,0 [380,0; 520,0]	460,0 [365,0; 505,0]	500,0 [400,0; 520,0]	0,457	0,268	0,051
После	660,0 [505,0; 720,0]##*	585,0 [420,0; 625,0]##*	540,0 [415,0; 560,0]#	<0,001	<0,001	0,011
T-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			

Примечание: # - достоверность различий внутри групп ($p < 0,05$); * - достоверность различий по сравнению с контрольной группой ($p < 0,017$)

При этом достоверное возрастание толерантности к физической нагрузке по результатам анализа динамики показателей ДББХ и МДХ тредмил-теста отмечено во всех группах пациентов. Однако сравнение динамики показателя ДББХ позволило выявить достоверное преимущество 1-й группы перед остальными ($p_{1-2}=0,001$, $p_{1-3}=0,005$, критерий Манна-Уитни). По видимому, вследствие снижения интенсивности болей при ходьбе было достигнуто преимущество в основных группах по сравнению с контрольной ($p<0,001$) по показателю МДХ.

Более заметная позитивная динамика функциональных показателей ходьбы в 1-й группе отражает физиологический механизм увеличения коллатерального кровообращения в пораженных конечностях под воздействием тетанического мышечного сокращения. Улучшение невральное контроля тонических сосудистых реакций также способствует повышению свободы ходьбы. Оценка возможности влияния ФЭС на состояние терминального сосудистого звена позволила установить, что позитивные изменения микроциркуляции происходили преимущественно в основных группах.

Преимущество 1-й группы по снижению болевого синдрома по шкале ВАШ отразилось на показателе ВР (интенсивность боли) опросника SF-36. К концу лечения данный параметр достоверно превышал средние значения в других группах. Улучшение эмоционального состояния пациентов основных групп на фоне снижения функциональных ограничений отразилось в росте показателя RE (в 3 раза – в 1-й группе, в 2 раза – во 2-й группе). В контрольной группе значимых изменений не произошло (Рисунок 3).

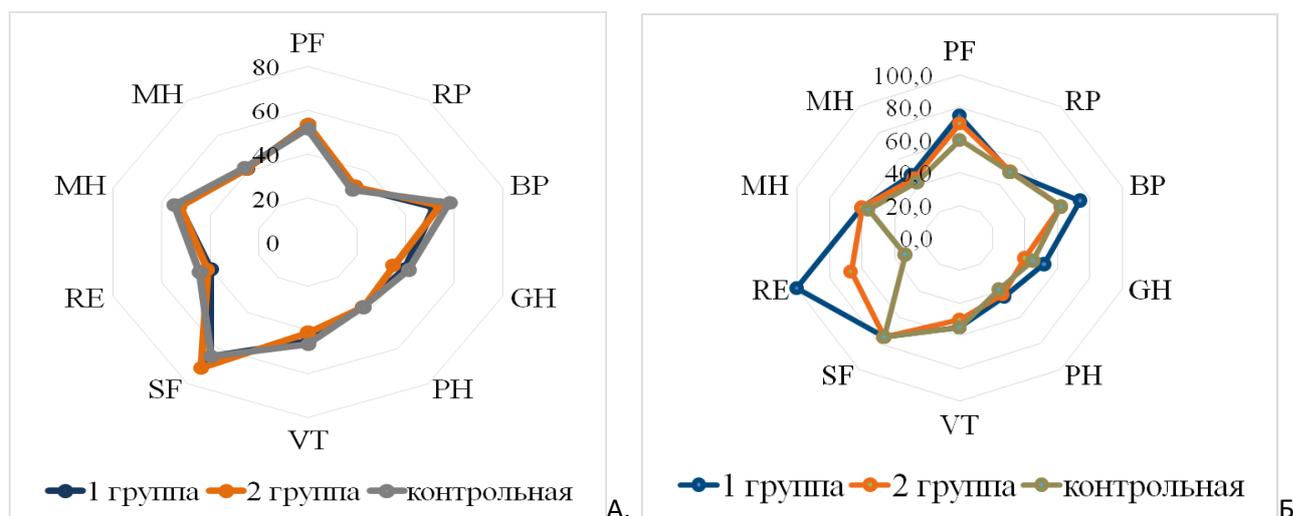


Рисунок 3 - Динамика качества жизни по опроснику SF-36 (А – до лечения, Б – через 3 мес после лечения)

Положительная динамика нейрофункциональных показателей по шкале НДС (нейропатического дисфункционального счета) была достигнута во всех

группах. Наиболее выраженными изменениями были в 1-й группе: значения показателя «общий балл» после лечения снизились на 41,1% от исходного уровня.

Комплексная оценка эффективности восстановительного лечения позволила выявить у большинства пациентов (77,8 %), получавших ФЭС с частотой 10-30 Гц, значительное улучшение или улучшение основных клинко-функциональных показателей. В случае назначения ФЭС с частотой 80-100 Гц положительные результаты наблюдались в 53,3% случаев. В контрольной группе, выполнявшей программу физической реабилитации без ФЭС, положительные изменения зафиксировали только у 40,0% пациентов (Рисунок 4). Объяснить недостаточную эффективность базисной программы без применения ФЭС можно тем, что согласно данным ряда исследователей (Gardner A.W. et al., 2014; Lyu X. et al., 2016) высокая результативность тредмил-терапии наблюдалась лишь при более длительном сроке проведения, как правило, не менее 12 недель.

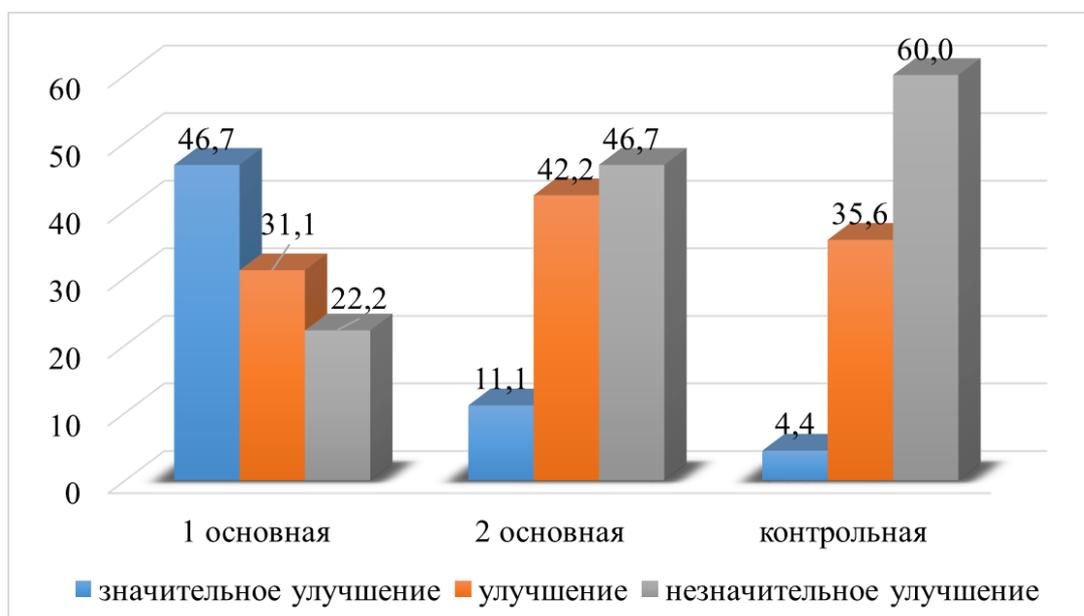


Рисунок 4 - Эффективность лечения в группах пациентов после курса, %

Анализ отдаленных результатов лечения, выполненный через 6 месяцев после его окончания, показал сохранение преимущества лечения с применением ФЭС с частотой 10-30 Гц по снижению интенсивности болевого синдрома, что позволило сохранять в этой группе достоверно лучшие результаты в тредмил-тесте по параметру МДХ ($p < 0,017$). Более значимое сохранение достигнутых в 1-й группе результатов также может быть связано с более высокими результатами по сравнению с контрольной группой по величине показателей магистрального кровотока, определяемых методом ЛПИ.

Повторное изучение микроциркуляции в области дистальных отделов ниж-

них конечностей через 6 месяцев позволила установить снижение соответствующих показателей у различного числа пациентов каждой из обследованных групп. При этом средние значения показателя капиллярного кровотока ($M_{\text{цутр}}$) в 1-й группе сохранялись на более высоком, а показатели ПШ, соответственно, на более низком уровне по сравнению со 2-ой и контрольной группами.

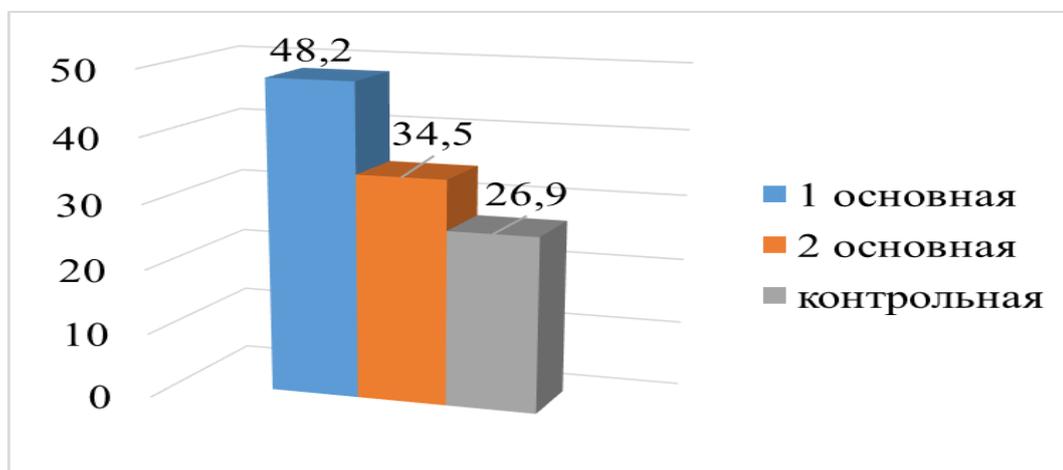


Рисунок 5. Сохранение достигнутых под влиянием лечения положительных результатов через 6 месяцев, %

Достигнутые в ходе лечения результаты через 6 месяцев сохранялись у 48,2% пациентов 1-й группы, что почти вдвое (26,9%) превышало результаты в группе контроля ($p < 0,05$). Степень сохранения результатов во 2-й группе в аналогичные сроки была менее значимой, составляя 34,5% (Рисунок 5).

Таким образом, представленные данные доказывают возможности применения ФЭС в качестве эффективного способа коррекции имеющихся клинико-функциональных нарушений пациентов с ДАНК. При этом наиболее значимое положительное влияние на большинство изучаемых показателей оказало применение импульсных токов с частотой 10-30 Гц. С учетом изложенного выше, данную методику наиболее целесообразно использовать в лечении пациентов с сосудистыми осложнениями сахарного диабета.

ВЫВОДЫ

1. Подавляющее большинство (80,7%) обследованных пациентов до начала лечения предъявляли жалобы на боли различной интенсивности в области нижних конечностей при ходьбе. Степень ишемии нижних конечностей, согласно величине лодыжечно-плечевого индекса, была невысокой в 55,6% и умеренной - в 44,4% случаев. По данным лазерной доплеровской флоуметрии основным видом нарушений микроциркуляции являлся спастико-атонический тип. У 77,8% пациентов отмечены клинические проявления диабетической полинейропатии.

2. Применение функциональной электростимуляции с частотой 10-30 Гц способствовало уменьшению или исчезновению болей при ходьбе у 94,6% пациентов, что превышает результаты во 2-й группе (79,5%) и группе контроля (54,5%). К концу курса лечения во всех группах происходило возрастание толерантности к физической нагрузке, однако, наиболее значительное увеличение дистанции безболевой ходьбы и максимальной дистанции ходьбы отмечены в 1-й группе (на 21,6% и 36,8%, соответственно). Положительные изменения во 2-й группе имели меньшую выраженность и превышали значения группы контроля лишь по параметру максимальной дистанции ходьбы. Через 6 месяцев после его окончания лечения показатели локальной гемодинамики и толерантность к физической нагрузке в 1-й группе достоверно превышали результаты в остальных группах.

3. Применение функциональной электростимуляции нижних конечностей с частотой 10-30 Гц в комплексном лечении диабетической ангиопатии способствует более значимому уменьшению неврологической симптоматики. Однако, регресс таких симптомов, как покалывание и гиперестезия в большей степени наблюдался при назначении импульсных токов частотой 80-100 Гц.

4. После окончания лечения положительные изменения психо-эмоционального фона (согласно опроснику САН) отмечены во всех группах пациентов. Межгрупповой анализ выявил достоверное преимущество 1-й группы по показателю «Активность» и обеих основных групп по показателю «Самочувствие». Сравнительный анализ изменений параметров качества жизни в исследуемых группах подтвердил существенное увеличение показателя, характеризующего физическое здоровье во всех группах, тогда как показатель психологического здоровья достоверно возрастал лишь в основных группах.

5. Включение функциональной электростимуляции в комплексное лечение пациентов с диабетической ангиопатией позволило существенно повысить его эффективность – положительная динамика имеющихся клинико-функциональных показателей при применении частоты 10-30 Гц отмечена в 77,8 % случаев. Использование импульсных токов с частотой 80-100 Гц было менее эффективным (53,3% случаев). В контрольной группе положительные изменения зафиксированы только у 40,0% пациентов. Комплексный анализ непосредственных и отдаленных результатов лечения подтвердил более высокую лечебную эффективность функциональной электростимуляции с частотой 10-30 Гц.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Функциональную электростимуляцию нижних конечностей целесообразно включать в комплекс лечебно-реабилитационных мероприятий пациентам с диабетической ангиопатией. Это способствует регрессу интенсивности болевого синдрома при ходьбе (перемежающейся хромоты), коррекции гемодинамических и микроциркуляторных нарушений, уменьшению выраженности чувствительных расстройств, позволяет повысить устойчивость в основной стойке, снизить уровень психо-эмоциональных нарушений и повысить качество жизни пациентов.

2. Для лечения пациентов с диабетическими ангиопатиями нижних конечностей показано применение функциональной электростимуляции с частотой 10-30 Гц. При этом, первые 3 процедуры выполняют с частотой 10 Гц и длительностью импульса 250 мкс, 4-6 процедуры с частотой 20 Гц и длительностью импульса 200 мкс, 7-10 процедуры с частотой 30 Гц и длительностью импульса 150 мкс. Продолжительность процедур возрастает с 10 до 20 мин в течение курса лечения. При нейропатическом болевом синдроме с жалобами на покалывание и гиперестезию возможно применение функциональной электростимуляции с частотой 80-100 Гц той же продолжительности.

3. Процедуры функциональной электростимуляции следует проводить ежедневно с повтором курса через 3-4 месяца.

4. Допускается совмещение процедур функциональной электростимуляции с лечебной гимнастикой, тренировочной ходьбой на тредмиле, тренировкой баланса, в том числе с применением БОС на стабилоплатформе с в один день.

5. Метод функциональной электростимуляции не назначают в случаях наличия выраженных трофических нарушений нижних конечностей, облитерирующих ангиопатий выше ПБ степени, тяжелой нефропатии, ишемической болезни сердца выше II ФК, нарушений сердечного ритма и проводимости (АВ - блокада выше I степени в сочетании с блокадой ножек пучка Гиса), аневризмы грудного и брюшного отделов аорты, тиреотоксикоза, заболеваний крови, психических расстройств, наличия кардиостимулятора, индивидуальной непереносимости электрического тока, иных противопоказаний к назначению методов физиотерапии.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

ИССЛЕДОВАНИЯ

С целью увеличения длительности сохранения достигнутых результатов необходимо дальнейшее изучение применения метода функциональной электростимуляции нижних конечностей с различными параметрами воздействия и в

комбинации с другими физическими факторами, способствующими ускорению процессов регенерации нервных волокон, улучшению их проводимости, восстановлению чувствительности в зонах иннервации пораженных периферических нервов. Также необходимо определить длительность курса лечения для максимальной пролонгации достигнутых результатов.

Учитывая сложность патогенеза диабетических ангиопатий и высокое разнообразие клинических проявлений, необходимо, с учетом данных, полученных в настоящем исследовании, продолжить изучение дифференцированного применения различных режимов функциональной электростимуляции в разных стадиях развития заболевания и при различных клинических формах.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Фролов Д.В., Макарова М.Р. Возможности лечебной физкультуры в лечении больных сахарным диабетом 2 типа. I Международный конгресс «Физиотерапия лечебная физкультура реабилитация», Москва, 26-27 октября 2015 года. Материалы конгресса. Участие в работе: 0,5 с
2. Фролов Д.В., Макарова М.Р., Луппова И.В., Михалева А.В. Сравнительная эффективность различных методик лечебной гимнастики в комплексной терапии пациентов с поражением периферических артерий при сахарном диабете 2 типа // Материалы II Международного Конгресса «Физиотерапия, лечебная физкультура, реабилитация, спортивная медицина» 24–25 октября 2016, Москва. Участие в работе: 0,25 с.
3. Фролов Д.В. Опыт применения функциональной электростимуляции у больных с диабетической ангиопатией. III Международный Конгресс и выставка «Физиотерапия, лечебная физкультура, реабилитация, спортивная медицина» 23–24 октября 2017, Москва, материалы конгресса. Участие в работе: 1 с.
4. **Фролов Д.В., Куликов А.Г., Макарова М.Р., Черникова Н.А., Луппова И.В., Крюков Е.В. Способ лечения диабетических ангиопатий нижних конечностей. Патент на изобретение № 2644292 от 08.02.2018 г.**
5. Фролов Д.В., Кочеткова Н.А. Роль функциональной электростимуляции в реабилитации пациентов с диабетическими ангиопатиями нижних конечностей // Эндокринология: новости, мнения, обучение. - 2018. – Т. 7, № 2 (23). – С. 68-70. ИФ - 0,354. Участие в работе: 1,5 с.
6. Фролов Д.В., Куликов А.Г., Крюков Е.В., Макарова М.Р. Функциональная электростимуляция в программах физической терапии у пациентов с диабетической ангиопатией. V ежегодный конгресс "Физиотерапия. Лечебная физкультура. Реабилитация. спортивная медицина", Москва, 30-31 октября 2019 г. Материалы

конгресса. Участие в работе: 0,25 с.

7. Фролов Д.В., Крюков Е.В., Куликов А.Г., Макарова М.Р., Луппова И.В. Новые подходы к реабилитации пациентов с диабетической ангиопатией нижних конечностей // Военно-медицинский журнал. - 2020. - Т. 341, № 1. – С. 38-44. ИФ - 0,361. Участие в работе: 1,25 с.

8. Фролов Д.В., Крюков Е.В., Герасименко М.Ю., Куликов А.Г. Комбинированная физическая терапия диабетической ангиопатии // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2020. - Т. 19, № 1. – С. 25-31. ИФ - 0,354. Участие в работе: 1,6 с.

9. Исследование регуляции двигательной нагрузки тренинга с визуальной обратной связью у пациентов с диабетической полинейропатией / Н.Д. Бабанов, Д.В. Фролов, Е.В. Крюков [и др.] // Сахарный диабет. – 2021. – Т. 24, № 1. – С. 55-61. – DOI 10.14341/DM12371. ИФ - 2,315. Участие в работе: 1,6 с

10. Многовекторность физической терапии в повышении качества жизни пациентов с СД / Д.В. Фролов, М.Р. Макарова, И.В. Луппова, А.В. Михалева // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры. – 2021. – Т. 98, № 3-2. – С. 203-204. – DOI 10.17116/kurort20219803221. ИФ - 0,963. Участие в работе: 0,5 с.

11. Фролов, Д.В. Роль лечебной физкультуры в комбинированном лечении пациентов с диабетическими ангиопатиями нижних конечностей / Д. В. Фролов // Вестник восстановительной медицины. – 2021. – Т. 20, № 2. – С. 80-87. – DOI 10.38025/2078-1962-2021-20-2-80-87. ИФ - 0,849. Участие в работе: 8 с.

12. Фролов, Д.В. Функциональная электростимуляция в лечении пациентов с сахарным диабетом 2 типа, осложненным диабетическими ангиопатиями и полинейропатиями / Д.В. Фролов // Физиотерапевт. – 2021. – № 2. – С. 16-26. – DOI 10.33920/med-14-2104-02. ИФ - 0,146. Участие в работе: 10 с.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

БОС - биологическая обратная связь ВАШ - визуально-аналоговая шкала	ЛПИ - лодыжечно-плечевой индекс
ДАНК - диабетическая ангиопатия нижних конечностей	ПШ - показатель шунтирования
ДББХ - дистанция безболевого ходьбы	ТРМ – термальный резерв микроциркуля- ции
МДХ - максимальная дистанция ходьбы	СД2 - сахарный диабет 2 типа
ДПН - диабетическая полинейропатия	СКО - среднее квадратичное отклонение
ЗПА - заболевания периферических арте- рий	ФЭС - функциональная электростимуля- ция
ЛДФ - лазерная доплеровская флоуметрия	ЭНМГ - электронейромиография