

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКАЯ МЕДИЦИНСКАЯ АКАДЕМИЯ
НЕПРЕРЫВНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

На правах рукописи

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)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук, профессор
Александр Геннадьевич Куликов

Москва – 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
Глава 1. Обзор литературы.....	13
1.1. Вопросы этиологии, патогенеза и клинических проявлений диабетической ангиопатии нижних конечностей	13
1.2. Общие принципы лечения пациентов с сахарным диабетом 2 типа осложненного ангиопатией нижних конечностей	20
1.3. Применение диетотерапии и медикаментозных методов лечения пациентов с сахарным диабетом 2 типа осложненного ангиопатией	21
1.4. Применение методов физической терапии при лечении пациентов с сахарным диабетом 2 типа осложненного ангиопатией	23
Глава 2. Материалы и методы	39
2.1. Материал исследования.....	39
2.2. Методы исследования	40
2.2.1. Сбор жалоб и анамнеза пациентов	42
2.2.2. Клиническое обследование	42
2.2.3. Оценка психоэмоционального состояния и качества жизни пациентов	46
2.2.4. Инструментальное исследование	48
2.2.5. Лабораторные исследования	55
2.3. Методы лечения	56
2.4. Статистическая обработка результатов исследования	58
2.5. Оценка результатов лечения	58
Глава 3. Клинико-функциональная характеристика пациентов с диабетическими ангиопатиями нижних конечностей.....	60
3.1. Клиническая характеристика пациентов с диабетическими ангиопатиями нижних конечностей.....	60
3.2. Функциональные показатели ходьбы пациентов с диабетическими ангиопатиями нижних конечностей	68
3.3. Показатели качества жизни и психоэмоционального состояния пациентов с диабетическими ангиопатиями нижних конечностей	69
3.4. Показатели лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) и лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) у пациентов с диабетическими ангиопатиями	71

3.5. Показатели стабиллометрического и электронейромиографического (ЭНМГ) исследования пациентов с диабетическими ангиопатиями.....	75
3.6. Показатели лабораторных методов исследования пациентов с диабетическими ангиопатиями	78
Глава 4. Динамика клиничко-функциональных показателей пациентов с диабетическими ангиопатиями нижних конечностей под влиянием лечения	79
4.1. Динамика клинических показателей под влиянием лечения	79
4.2. Динамика показателей макрогемодинамики нижних конечностей под влиянием лечения	90
4.3. Динамика показателей тредмил-теста под влиянием курса лечения..	91
4.4. Влияние курса лечения на показатели лазерной доплеровской флоуметрии	92
4.5. Динамика показателей стабиллометрии под влиянием лечения.....	96
4.6. Изменения показателей качества жизни и состояния психоэмоциональной сферы под влиянием курса лечения	97
4.7. Изменения показателей электронейромиографического исследования после лечения	101
4.8. Динамика лабораторных методов исследования	103
4.9. Комплексная оценка эффективности проведенного лечения.....	104
Глава 5. Оценка отдаленных результатов лечения пациентов с диабетическими ангиопатиями нижних конечностей	106
Заключение	114
Выводы	123
Практические рекомендации	125
Перспективы дальнейшей разработки темы исследования.....	127
Список сокращений	128
Список литературы	129
Приложения	152
Приложение А Опросник SF-36	152
Приложение Б Типовая карта опросника САН	153

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

В Российской Федерации продолжает увеличиваться число пациентов с сахарным диабетом 2 типа (СД2), что является отражением общемировых тенденций. По данным Федерального регистра сахарного диабета 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 сосудистых нарушений и диабетической полинейропатии (ДПН) при СД2 сопровождается трофическими нарушениями тканей и является непосредственной причиной нетравматических ампутаций примерно в 50% случаев. Частота синдрома диабетической стопы (СДС) при СД2, несмотря на развитие новых технологий, остается высокой – 16,2%, а частота макроангиопатии – до 20,6% (Дедов И.И., 2017).

Интенсивная гипогликемическая терапия рассматривается как основной способ профилактики и лечения СД2 и его осложнений. При этом в основном пациенты не достигают поставленных целей по уровню гликемии и это способствует прогрессированию заболевания (Аметов А.С, 2021). Кроме того, учитывая высокую степень коморбидности этой сложной группы пациентов, фармакотерапевтическая нагрузка несет значимый побочный эффект.

В связи с общей признанностью сложности и многофакторности патологических изменений при СД2 существует необходимость разработки схем лечения, воздействующих на несколько факторов развития заболевания.

Степень разработанности темы исследования

Для повышения эффективности сахароснижающей терапии, коррекции метаболических расстройств и восстановления регуляторных механизмов

считается перспективным применение немедикаментозных методов лечения, в том числе физиотерапии и лечебной физкультуры.

Многими исследователями доказано значительное улучшение гликемического профиля, снижение инсулинорезистентности и риска развития сердечно-сосудистых осложнений при СД2 под влиянием регулярных физических упражнений (Удовиченко С.А., 2009; Motahari-Tabari N., 2014; Liu Y et al., 2019; Jill A. Kanaley, 2022). Отмечено положительное влияние физической активности на степень снижения абдоминального ожирения, повышение толерантности к физической нагрузке и реологические показатели крови (вязкость плазмы, гематокрит, агрегация эритроцитов) (Brun J.F. et al., 2014).

У пациентов с ДАНК (диабетическими ангиопатиями нижних конечностей) применение длительного 12-недельного курса аэробных и силовых физических нагрузок приводило к ремоделированию периферических артерий (Schreuder T.H. et al., 2014), однократные физические тренировки – к улучшению показателей периферической гемодинамики нижних конечностей (Guirro E.C. et al., 2015). Отмечено, что длительные систематические занятия физическими упражнениями у больных с ПХ (перемежающейся хромотой) приводили к увеличению расстояния и времени ходьбы (Aroga E. et al., 2020). При этом, некоторые авторы отмечают ограниченность применения данных рекомендаций у пациентов с тяжелым коморбидным фоном, с симптомами ПХ и высоким риском сердечно-сосудистых заболеваний и СД2, даже учитывая безопасность применения таких тренировок (Popplewell M.A. et al., 2014). Часто сопутствующая патология опорно-двигательного аппарата (Perry BD et al., 2016) и низкая мотивация к выполнению физической работы с преодолением болевого синдрома так же способствует снижению эффективности методов лечебной физкультуры.

Одним из факторов пассивной физической тренировки мышц, оказывающих воздействие на разные звенья патогенеза диабетических ангиопатий, является электростимуляция импульсными токами. Электростимуляция приводит к регрессу болевого синдрома в нижних конечностях за счет выраженного

вазотропного эффекта, нормализации тонуса прекапиллярного русла и коррекции вегетативной дисфункции (Лазаренко Н.Н. и соавт., 2016). Отмечено положительное влияние электростимуляция мышц голени на гемодинамические показатели, увеличение лодыжечно-плечевого индекса, двигательную функцию у пациентов с периферическим атеросклерозом (Сумин А.Н. и соавт., 2012; Seenan S et al., 2016). Электростимуляция приводит к улучшению кровоснабжения нижних конечностей, а также обеспечивает снижение инсулинорезистентности мышечной ткани (Joubert M. et al., 2015). В работах Самосюк Н.И. и соавт. (2011), Melotto G (2022) было показано существенное влияние электростимуляции на процессы аэробного и анаэробного гликолиза у больных СД2 наряду с нормализацией трофических процессов в органах и тканях организма, увеличением мышечной массы и уменьшением жировых отложений.

У пациентов с СД2, осложненного диабетической ангиопатией с развитием синдрома ПХ, отмечена высокая эффективность применения электростимуляции нижних конечностей и поясничных ганглиев в комплексе с физическими тренировками (Thakral G. et al., 2013; Bril V., 2014). Выраженный лечебный эффект на клинические проявления СД2 осложненной ангиопатией нижних конечностей и показатели микроциркуляции был получен при применении общих гидрогальванических ванн с низкочастотными импульсными токами (Турова Е.А. и соавт., 2013).

В литературе имеются единичные указания на применение функциональной электростимуляции (ФЭС) для коррекции сосудистых нарушений при заболеваниях периферических артерий нижних конечностей (Embrey D.G. et al., 2017; Del Río Solá M.L., Puerta C.V., 2019). Комбинированное воздействие произвольного мышечного сокращения и синхронизированной электростимуляции могут рекрутировать большее количество мышечных волокон и потенцировать лечебные эффекты двух факторов (Белова А.Н., Балдова С.Н., 2014). В доступной литературе указаний на изучение сочетанного применения физических тренировок и электростимуляции в одной процедуре функциональной

электростимуляции при СД2 осложненной ангиопатией нижних конечностей нами не найдено.

Таким образом, высокая медико-социальная значимость проблемы лечения осложнений СД2, недостаточная изученность возможности применения потенциально высокоэффективного метода функциональной электростимуляции нижних конечностей у данной группы пациентов явились основанием для этой 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 было 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 и практическая значимость работы заключается в расширении представлений о влиянии функциональной электростимуляции на различные звенья патогенеза диабетических ангиопатий, 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 диабетической ангиопатии.

Для внедрения в лечебную практику предложена методика функциональной электростимуляции нижних конечностей в комплексном лечении диабетической ангиопатии нижних конечностей и разработаны оптимальные параметры воздействия. Предложенные методики могут быть использованы в лечении пациентов с диабетической ангиопатией нижних конечностей 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, выносимые на защиту

1. Включение функциональной электростимуляции в комплекс лечебных процедур 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 исследования

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 конференциях: I международный конгресс «Физиотерапия, лечебная физкультура, реабилитация» (Москва, 26-27 октября 2015 г.), II международный конгресс «Физиотерапия. Лечебная физкультура. Реабилитация. Спортивная медицина» (Москва, 24–25 октября 2016 г.), междисциплинарная научно-практическая конференция «Актуальные вопросы ведомственной медицины: неустранимые профессиональные риски», посвященной 75-летию ФКУЗ «ГКГ МВД России» (Москва, Главный клинический госпиталь МВД России, 24 мая 2017 г.), III международный конгресс «Физиотерапия. Лечебная физкультура. Реабилитация.

Спортивная медицина» (Москва, 23–24 октября 2017 г.), конференция молодых ученых «Актуальные вопросы эндокринологии» (Москва, 26 апреля 2018 г.), XVI Международный конгресс «Реабилитация и санаторно-курортное лечение» (Москва, 27-28 сентября 2018 г.), IV Международный конгресс «Физиотерапия, лечебная физкультура, реабилитация, спортивная медицина», (Москва, 30-31 октября 2018 г.), 2-й Российский Форум по ортопедии и реабилитационной технике (Москва, 27 июня 2019 г.), V Ежегодный конгресс и выставка «Физиотерапия, лечебная физкультура, реабилитация, спортивная медицина» (Москва, 30-31 октября 2019 г.), XX юбилейный Всероссийский форум «Здравница-2021» (Москва, 15-17 июня 2021 г.), Всероссийская научно-практическая онлайн конференция «Актуальные вопросы медицинской реабилитации: взгляд практикующего специалиста» (Москва-Оренбург, 27 августа 2021 г., он-лайн), VI Ежегодный конгресс и выставка «Физиотерапия, лечебная физкультура, реабилитация, спортивная медицина» (Москва, 1-2 марта 2023 г.).

Апробация диссертационной работы состоялась 22.12.2022 на расширенном заседании кафедры физической терапии, спортивной медицины и медицинской реабилитации ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России.

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» (Патент 2644292 Российская Федерация, МПК А61N 1/36 А63В 22/08, заяв. 27.03.2017; опубл. 8.02.2018, Бюл. № 8).

Личный вклад автора

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 Высшей аттестационной комиссией 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 источников – 57 отечественных, 126 зарубежных.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Вопросы этиологии, патогенеза и клинических проявлений диабетической ангиопатии нижних конечностей

Рост числа пациентов с сахарным диабетом (СД) остаётся очень высоким и по данным IDF (Международной Диабетической Федерации) количество взрослых пациентов в 2021 году составляло более 537 млн, ежегодно от СД и его осложнений погибает около 5 млн человек [1]. Около 10 % мирового бюджета здравоохранения расходуется на лечение СД и его осложнений [2, 3]. Несмотря на развитие фармакотерапии, новых технологий лечения СД, диабетологической службы в целом, уровень инвалидизации и смертности, связанной в основном с осложнениями СД, не снижается [4]. Высокий риск преждевременной смерти от сердечно-сосудистых осложнений СД характерен даже для стран с высоким уровнем развития медицины [5, 6]. Таким образом СД сегодня остается значимой финансово-экономической и медико-социальной проблемой общемирового масштаба [7, 8].

Функциональные нарушения и повреждения различных систем и органов (глаз, почек, сердца, нервов и кровеносных сосудов) при СД возникают на фоне гипергликемии [9]. Дислипидемия также относится к прогностически важным факторам риска возникновения сердечно-сосудистых заболеваний у пациентов с СД [10]. Риск развития атеросклероза в артериях нижних конечностей, как и в любом сосудистом бассейне, при СД очень высокий [11, 12]. При диабете рано поражаются крупные сосуды, в большинстве случаев в дистальных сегментах артериальных сосудов нижних конечностей, атеросклероз носит диффузный и агрессивный характер [13, 14]. Распространенность атеросклероза нижних конечностей у 16–58% пациентов с СД [15], отражает высокую корреляцию диабета с заболеваниями периферических артерий (ЗПА) [16]. Около 20% пациентов с перемежающейся хромотой имеют СД в анамнезе [17]. Одной из основных причин ранней инвалидизации и смертности пациентов с СД являются

заболевания сосудов нижних конечностей, которые нарастают с длительностью СД и возрастом пациентов [3, 18]. Высокий риск поражения сосудов нижних конечностей характерен для пациентов уже на стадиях выявления только нарушения углеводного обмена [15] или у 50% пациентов при постановке диагноза «сахарный диабет 2 типа» [3, 10]. ЗПА - общий термин для обозначения всех сосудистых заболеваний, приводящих к нарушению функции и структуры аорты, ее ветвей и артерий нижних конечностей и является маркером атеротромботического заболевания в других сосудистых руслах. Синдром ПХ - наиболее распространенное клиническое проявление ЗПА, свидетельствует о снижении оксигенации тканей при выполнении физической нагрузки [3]. Определяется синдром как боль, судороги или ломота в голених, бедрах или ягодицах, воспроизводимый при ходьбе и облегчаемый отдыхом. Более экстремальные проявления ЗПА называются критической ишемией конечностей и включают боль в покое, язвенно-некротическое поражение тканей с угрозой ампутации. Риск возникновения критической ишемии и трофических нарушений нижних конечностей при СД повышается в 4 раза [19, 20]. Данные состояния являются причиной около 50% нетравматических ампутаций и могут угрожать 22-кратным ростом риска выполнения ампутаций нижних конечностей по сравнению с людьми, не страдающими СД [3, 21]. Определяющее значение в патогенезе ПХ при СД имеет состояние микрососудистого русла, бедренно-подколенного и большеберцового сегмента артерий нижних конечностей [22], в то время как другие факторы риска (например, курение и гипертония) связаны с более проксимальной локализацией поражения. Сочетание микроангиопатий и поражения артерий крупного и среднего диаметров представляет особенную характеристику патологии кровеносных сосудов при СД.

Патогенез ангиопатий можно представить участием внутренних и внешних факторов [23]. Генетическая предрасположенность – внутренний фактор патогенеза [24], реализация которого происходит при участии внешних факторов – гипергликемии и связанного с ней каскада метаболических, гормональных,

реологических и других нарушений [25]. Снижение способности эндотелия сосудов синтезировать оксида азота, вызванное гипергликемией [3, 26, 27], вызывает патологическую артериальную вазореактивность, способствует 10-кратному утолщению комплекса интима-медиа, прогрессии эндотелиальной дисфункции, затруднению транскапиллярного обмена [3, 28, 29, 30] и, как следствие, ведет к выраженной депривации кровообращения в микроциркуляторном звене. Важную роль в инициации сосудистой дисфункции играет гиперинсулинемия и инсулинорезистентность, развитие которых возможно до клинических проявлений СД [31], когда уже могут быть выявлены изменения базальной мембраны капилляров [32]. Существенное неблагоприятное влияние на метаболизм глюкозы возможно по механизму инсулинорезистентности скелетных мышц, так как мышцы являются основным местом поглощения и утилизации глюкозы. Важным результатом работы Okada K. и соавторов было установление статистически значимой корреляции между величиной вариабельности гликемии и частотой развития микро- и макрососудистых осложнений СД2 [33], что требует учитывать в профилактике сосудистых осложнений СД и стремиться нивелировать колебания цифр гликемии в течение дня.

Большинство пациентов с СД2 страдают ожирением, что сопровождается избыточным синтезом цитокинов, свободных жирных кислот в жировой ткани, гиперпродукцией активных форм кислорода в жировой ткани и в скелетных мышцах [3, 9, 34]. Эти факторы способствуют развитию окислительного стресса и способны инициировать сосудистые осложнения. Доказана их способность содействовать прогрессированию сосудистой дисфункции даже в случае нормализованного уровня глюкозы [3, 35]. Развитие ДАНК, независимо от контроля уровня глюкозы, во многом объясняется феноменом “память метаболизма” [36]. Известная роль С-реактивного белка и других маркеров воспаления в развитии атерогенных сердечно-сосудистых нарушений [6, 15, 19]. Воспаление является ключевым медиатором инсулинорезистентности, которая

впоследствии ухудшает синтез и способствует деградации белка скелетной мускулатуры [37].

Сосудистую патологию нижних конечностей при СД согласно современной классификации подразделяют на макроангиопатию нижних конечностей и синдром диабетической стопы (СДС) [38]. Патологические изменения микрососудистого русла нижних конечностей являются, наряду с полинейропатией и остеоартропатией, одним из факторов развития СДС, наблюдаясь в большинстве случаев развития этого синдрома [3, 39]. У пациентов с СД отмечается характерное утолщение эндотелия эндоневральных сосудов, более выраженное, чем в капиллярах кожи, мышц, в эпи- и периневральных сосудах. Микроангиопатия сосудов, в том числе *vasa nervorum*, является важной причиной нейропатии [3, 40].

Для диагностики поражений артерий широко используются два теста - пальпация пульса на бедренных, подколенных артериях, артериях тыла стопы и задних тиббиальных артериях и наличие синдрома ПХ. При этом, необходимо учитывать, что наличие ДПН уменьшает болевой синдром как в покое, так и при нагрузке, поэтому ранние признаки критической ишемии могут отсутствовать. В связи с этим, в качестве теста для выявления ЗПА рекомендуют проводить доплерометрию с расчетом лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) – соотношение систолического давления в артериях голени и плечевой артерии. ЛПИ является воспроизводимым и достаточно точным, неинвазивным измерением для обнаружения ЗПА и определения тяжести заболевания [41]. Норма ЛПИ – 0,91-1,30; слабое затруднение – 0,70-0,90; умеренное затруднение – 0,40-0,69; строгое затруднение если меньше 0,40; медиакальциноз артерии, если >1,30 [42, 43]. Для оценки переносимости физической нагрузки, традиционно применяется классификация хронической артериальной недостаточности Фонтейна-Покровского:

I стадия - не ограничивающая ходьбу и не постоянная ПХ, характерны повышение чувствительные нарушения;

II стадия - лимитирующая ходьбу ПХ;

II А стадия - дистанция без боли обычным шагом >200 м,

II Б стадия - дистанция без боли < 200 м;

III стадия - боли в состоянии покоя;

IV стадия - гангренозно-язвенная, характеризуется появлением грубых трофических изменений тканей [44].

Тредмил-тест позволяет оценить адекватность изменений артериального кровотока соответственно повышенным метаболическим потребностям. Протокол Strandness этого исследования на скорости 3 км/ч и с 10° наклоном является отличным инструментом для объективной функциональной оценки, выявления умеренного стеноза, а также для тренировки и наблюдения за пациентом в реабилитационный период [42, 44].

Микрососудистое русло при СД характеризуется изменениями спастико-атонического характера и интенсификацией шунтирования крови по артериоло-венулярному механизму, снижением нутритивного кровотока и прогрессированием венозного застоя [5, 45]. У многих пациентов с СД встречается сочетание патологии нижних конечностей в виде комбинации ишемического и нейропатического характера поражения [46].

ДПН сопровождается сенсорным и двигательным дефицитом, что проявляется значительными функциональными нарушениями и существенно повышает угрозу жизни [47]. ДПН предполагает поражение периферических двигательных, чувствительных и вегетативных нервов, связанных с развитием СД. В клинике ДПН понимается как сочетание симптомов боли, парестезии, сухости кожи и признаков поражения периферических нервов (снижение или отсутствие коленного рефлекса, повышение порога вибрационной и/или тактильной чувствительности) у лиц с нарушенным углеводным обменом [48]. Известно, что пациенты с ДПН получают повреждения при ходьбе до 15 раз чаще чем пациенты с СД, но без ДПН [49]. Опасность представляет то обстоятельство, что часто пациенты не знают о существовании у них ДПН [50]. Вероятность

развития ДПН может составлять по данным разных авторов от 10 до 100% и повышается с увеличением длительности и тяжести СД2 [51, 52, 53, 54]. По данным Кисловой А.С. распространенность ДПН достигала 97,8% у пациентов с ДАНК [55]. Распространенность сенситивной атаксии (вследствие поражения толстых миелнизированных нервных волокон и нарушения обратной проприоцептивной афферентации) у пациентов с СД составляет от 10 до 90% [56].

В основе ДПН лежат сосудисто-метаболические нарушения, развивающиеся вследствие токсического влияния гипергликемии, оксидативного стресса и снижения микроциркуляции [57]. Данные нарушения ведут к дисфункции эндотелия, изменению коагулирующей активности крови и усилению адгезивно-агрегационных свойств тромбоцитов. Эти изменения приводят к снижению продукции оксида азота, что неблагоприятно влияет на кровоснабжение нерва. Группа исследователей из Великобритании еще в 1996 г. определили, что у больных с нейропатией насыщение кислородом в сосудах нерва значительно ниже, чем в группе без СД, этот процесс сопровождался снижением уровня кровообращения [58]. Также в ряде исследований [59, 60] было указано на наличие патофизиологических ассоциаций между нарушениями макрогемодинамики и ДПН, а также хронологическое совпадение этих двух патологических процессов на начальном этапе формирования диабетических осложнений.

Длительность СД2 определяет тяжесть ДПН, которая также зависит от степени его компенсации в течение всего периода болезни, антропометрии и возраста пациента. Выделяют несколько стадий развития ДПН:

- 0 – ДПН нет;
- 1 – субклиническая ДПН (отсутствуют клинические симптомы, нарушения диагностируются лишь при проведении функциональных тестов);
- 2 – клинические симптомы ДПН (симптоматика поражения, которая подтверждается результатами функциональных тестов);
- 3 – осложнения ДПН (остеоартропатия, СДС).

Дисфункция автономной нейропатии при формировании СДС заключается в снижении потоотделения, следствием чего является сухость кожи и склонность к образованию трещин и инфицированию мягких тканей. Для диагностики поражений периферических нервов широко используются такие инструменты как монофиламент и градуированный камертон.

Функциональный обратимый характер изменений периферических нервов по мере прогрессирования заболевания приводит к грубой дегенерации и демиелинизации нервного волокна. Следствием развития патологического процесса является блокирование проведения нервного импульса [61, 62]. Потеря функции сенсорных нервов приводит к снижению чувствительности сенсорных входов конечностей, а потеря моторных аксонов связана с дефицитом мышечной силы и атрофией мышц нижних конечностей [63, 64]. Атрофия и слабость мышц стоп проявляются нестабильностью мелких суставов этой области [65], изменяется центр подошвенного давления и его величина по сравнению со здоровыми людьми [66] и тем самым создаются условия для травматизации костно-суставного аппарата, развития диабетической артропатии стопы и образования язв подошвенной поверхности стопы. Нарушается процесс физиологического переката стопы, паттерна походки и амортизации ударной нагрузки во время ходьбы [67]. В исследовании Anjos и соавторов 2017 года были выявлены положительные корреляционные связи между нарушением биомеханики стопы и постуральными колебаниями [68]. Также одним из элементов изменений соматосенсорной системы является повышение порога проприоцепции [69]. Перечисленные механизмы ухудшают статодинамическую функцию нижних конечностей, приводят к снижению моторного контроля и увеличивают риск падений – одного из важнейших лимитирующих факторов функциональной независимости и качества жизни пациентов с СД [68]. При исследовании с участием 102 пациентов с СД влияния ДПН на функцию равновесия Федорова О.С. и соавторы определили, что нарушение функции толстых нервных волокон ассоциировано со снижением равновесия в условиях с

открытыми и закрытыми глазами на неподвижной поверхности [70]. Для компенсации существующего сенсорного дефицита, больные диабетом ходят медленнее, с большей вариабельностью шага [71], а активация околоуставных мышц при балансируемых движениях становится чрезмерно высокой и может вызвать их перегрузку [72].

ДПН проявляется поражением нервных волокон разного калибра. Нарушения проводимости по разным типам нервных волокон могут иметь различные клинические проявления, но чаще первичным является поражение тонких нервных волокон и будет сигнализировать о развитии ДПН. Возможными проявлениями данных нарушений будет снижение болевой и температурной чувствительности. Нарушения тактильной, мышечно-суставной чувствительности, жалобы на онемение по типу “носков” и “перчаток”, будут характеризовать уже дисфункцию толстых нервных волокон и в тяжелых случаях может проявляться атаксией и высоким риском падений [51]. Наличие болевой ДПН четко коррелирует со снижением качества жизни больных [73].

1.2 Общие принципы лечения пациентов с сахарным диабетом 2 типа осложненного ангиопатией нижних конечностей

Высокая медицинская и социальная значимость определяет необходимость поиска терапевтических стратегий профилактики и лечения осложнений СД2. В основе современных подходов в лечении СД2 лежит достижение цели по уровню гликемии, коррекция образа жизни и пищевого поведения, формирование высокого режима двигательной активности [6], однако для большинства пациентов по разным причинам эта цель остается не достижимой, что может создавать необходимые условия для формирования прогрессирующих сосудистых осложнений СД [74]. Тем более, что стратегия, направленная только на интенсивный контроль гликемии, оказывает лишь умеренное воздействие по снижению сосудистых осложнений у пациентов с СД [3, 36, 46], даже в дебюте

заболевания лечение необходимо начинать с комплексной терапии, воздействуя на разные звенья патогенеза СД [31, 75].

Принимая во внимание, что патологические изменения при СД2, включая нейросенсорные и биомеханические, является в первую очередь следствием гипоксической гибели тканевых элементов, одной из задач при реализации комплексного лечения таких пациентов является эффективное восстановление тканевой перфузии [76].

1.3 Применение диетотерапии и медикаментозных методов лечения пациентов с сахарным диабетом 2 типа осложненного ангиопатией

Применение лечебного питания при осложнениях СД2 направлено на устранение нерационального пищевого поведения. Лечебное питание предполагает коррекцию количества приемов пищи, уменьшение калоража основных приемов пищи, гармонизацию по компонентам пищи. Диетотерапия способствует максимально эффективному действию сахароснижающей фармакологической терапии. Для снижения эффекта глюкозотоксичности и липотоксичности важно снизить представленность в питании пациента легкоусвояемых углеводов и жиров животного происхождения. Углеводы пациент должен получать в составе фруктов, овощей, цельнозерновых. В питании должно быть достаточно продуктов с полиненасыщенными жирами, а насыщенные жиры необходимо исключить. Количество углеводов в пище необходимо оценивать в виде хлебных единиц (ХЕ). Удобны в применении таблицы с подсчитанными ХЕ пищевых продуктов. В составлении программы лечебного питания пациента с СД2 необходимо учесть иммуномодулирующий эффект питания [77].

Наиболее часто в течение последних лет для лечения СД2 назначается метформин из группы сахароснижающих препаратов – бигуаниды. Гипогликемический эффект действия метформина заключается в повышении чувствительности периферических рецепторов к инсулину и снижении

повышенного уровня глюкозы за счет торможения глюконеогенеза и уменьшения окисления свободных жирных кислот и липидов. Препаратами с сопоставимым уровнем эффективности являются секретагоги (производные сульфонилмочевины и глиниды) [78]. Ингибиторы SGLT-2 (эмпаглифлозин, канаглифлозин и дапаглифлозин) снижают абсорбцию глюкозы в извитых канальцах почек и уменьшают риск развития сердечно-сосудистых событий, смерти от сердечно-сосудистых заболеваний и госпитализации по поводу сердечной недостаточности, а также уменьшают ухудшение состояния почек (79). Препараты инкретинового ряда рекомендуется применять как на старте сахароснижающей терапии, так и при ее интенсификации.

Гиполипидемическая терапия с использованием ингибиторов ГМГ-КоА-редуктазы (статинов) является обязательным компонентом комплексной терапии пациентов с атеросклерозом артерий нижних конечностей, при этом ключевым показателем и целевым показателем для назначения этих препаратов должен быть уровень холестерина липопротеидов низкой плотности (ХС ЛПНП). При выявлении гипертриглицеридемии и нормальном уровне ХС ЛПНП, возможно назначение фибратов. Известно (по данным международного исследования FIELD) о снижении числа высоких ампутаций нижних конечностей у больных СД при длительном приеме фибратов.

По утверждённым клиническим рекомендациям, пациенты с верифицированным диагнозом ЗПА нижних конечностей должны получать антиагреганты (ацетилсалициловая кислота, клопидогрель) и/или антикоагулянты (низкомолекулярные гепарины).

Медикаментозная терапия ДПН включает в первую очередь препараты с высшим уровнем доказательности из группы трициклических антидепрессантов, селективные ингибиторы обратного захвата серотонина, антиконвульсанты. Она связана с многочисленными побочными эффектами, такими как сонливость, двукратное увеличение риска падений [80].

1.4 Применение методов физической терапии при лечении пациентов с сахарным диабетом 2 типа осложненного ангиопатией

В настоящее время используется несколько подходов в лечении ДАНК. К ним относят медикаментозную терапию, лечебную физкультуру, аппаратную физиотерапию, рефлексотерапию. В клинические рекомендации Американской неврологической академии (AAN), Американской ассоциации нейромышечной и электродиагностической медицины (AANEM) и Американской академии физической медицины и реабилитации (AAPR) 2011 г., в качестве немедикаментозных методов лечения ДПН рекомендованы физиотерапевтические методы [81]. Для лечения больных с сосудистыми осложнениями СД2 широко применяются природные и преформированные физические факторы, которые вызывают активизацию резервных возможностей организма, улучшают функциональное состояние нервной системы за счет коррекции метаболических и сосудистых нарушений.

Бальнеотерапия широко используется для лечения больных СД2 и его сосудистых осложнений, уменьшая степень выраженности метаболических, сосудистых и микроциркуляторных нарушений [82]. В клинической практике традиционно находят дифференцированное применение минеральные, газовые и ароматические ванны различного состава. Одним из самых эффективных гидротерапевтических методов, особенно во влиянии на микроциркуляторное русло, были отмечены ванны из белой эмульсии скипидара, их эффективность в работе Туровой Е.А. и соавторов достигла 85% [83].

Магнитное поле способно улучшать микроциркуляцию в тканях, оказывать противовоспалительное и анальгезирующее действие, что нашло применение в медицинской реабилитации ЗПА и ДПН при СД2 [84, 85, 86, 87, 88].

Нейробиологические эффекты воздействия низкочастотного электромагнитного поля проявились снижением интенсивности болевого синдрома и репаративными изменениями периферических нервов нижних

конечностей у пациентов с ДПН после курсового применения в течении 3 мес в исследовании с участием 225 пациентов [89]. Высокоэффективное воздействие магнитного поля на клиничко-лабораторные показатели и качество жизни пациентов с диабетическими ангиопатиями возможно в виде общей и локальной методики воздействия [90].

С целью нормализации показателей гемостаза, в частности снижения активности его тромбоцитарного звена, восстановлении активности антикоагулянтной системы сосудистой стенки в лечении сосудистой патологии нижних конечностей широко применяется лазеротерапия. Отмечается противовоспалительный, обезболивающий эффект этого метода [91, 92].

Сочетание магнитотерапии и лазерного излучения в магнитолазеротерапии отмечено синергизмом двух факторов в улучшении трофики тканей и нашло применение в лечении пациентов с ДПН. Магнитолазерная терапия, при воздействии на сосудисто-нервный пучок пораженных нижних конечностей оказывает вазодилатирующий эффект, повышает трофическое снабжение тканей, снижает активность воспаления и интенсивность боли [93].

Наблюдения Купцовой Е.Н. и ее коллег показывают возможности высокоэффективного воздействия на регуляторные механизмы сосудистого тонуса у больных с ДАНК с помощью включением в комплекс курортного лечения пелоидотерапии [94]. Дополнительным преимуществом этого вида терапии можно назвать коррекционное воздействие на процессы метаболизма пациентов с СД.

В качестве спазмолитического немедикаментозного метода рекомендовано применение гипербарической оксигенации (ГБО). Метод направлен на коррекцию одного из ведущих звеньев патогенеза осложнений СД – гипоксии тканей. В результате применения ГБО в исследовании Солуна М.Н. и его коллег хороший клинический результат получен у 52,8% больных, было зафиксировано нормализация показателей гемостаза и восстановление антитромбогенной активности сосудистой стенки [95].

Для улучшения метаболизма и ускорения репаративных процессов в пораженной невралной ткани успешно может применяться ультразвуковая терапия [96, 97].

Одним из факторов пассивной физической тренировки мышц, оказывающих воздействие на разные звенья патогенеза ДАНК, является электростимуляция импульсными токами. Хорошо известно о существенном влиянии электростимуляции на процессы аэробного и анаэробного гликолиза у пациентов с СД2, нормализации трофических процессов в органах и тканях организма, увеличении мышечной массы и уменьшении жировых отложений [98, 99, 100, 101].

У пациентов с ДАНК и развитием синдрома ПХ, отмечена высокая эффективность применения электростимуляции нижних конечностей и поясничных ганглиев в комплексе с физическими тренировками [102]. Механизм действия электростимуляции связан с модификацией эндоневрального микрокровотока в месте воздействия, нормализации тонуса прекапиллярного русла, коррекции вегетативной дисфункции и значительного повышения уровня функционирования нейромедиаторов, способствующего снижению интенсивности болевого синдрома [103, 104]. Канно и соавторы сообщили об увеличении сосудистого эндотелиального фактора роста при применении электростимуляции [105]. При применении диадинамических токов было отмечено улучшение венозного оттока, повышение резорбционной способности тканей [106].

Отмечено положительное влияние электростимуляции мышц голени на гемодинамические показатели, увеличение ЛПИ, улучшение двигательной функции у пациентов с периферическим атеросклерозом [107].

Применяемые параметры стимуляции достаточно разнообразны. Например, канадские исследователи в 2015 году изучали влияние низкочастотной электростимуляции на профиль гликемии у пациентов с СД2. Стимуляцию разгибателей коленного сустава проводили с частотой 8 Гц на протяжении 1 часа.

Процедуры переносились пациентами хорошо и сопровождались значимым снижением уровнем глюкозы через 60 и 120 мин после процедуры [108]. Применение электростимуляции с частотой 1 Гц и длительностью импульса 200 мс у пациентов с ЗПА и критической ишемией нижних конечностей при применении медикаментозной терапии было отмечено увеличением скорости кровотока в передней большеберцовой артерии с достоверным преимуществом по сравнению с группой пациентов без электростимуляции [109]. В исследовательских работах, проводимых Sharma D [110] и Pool RB [111] применялись более традиционные параметры тока – 50 Гц. В этих исследованиях была отмечена положительная динамика в параметрах инсулинорезистентности и гликемии у пациентов с СД2, но некоторые из них жаловались на боль при проведении процедуры.

Электростимуляция может быть эффективной альтернативой и дополнением к текущим вмешательствам при ДПН. Курсовое применение низкочастотных импульсных токов способно значительно повысить эффективность лечения пациентов с ДНП [112, 113]. На фоне такого воздействия происходит уменьшение эндоневрального отека, увеличение сократительного потенциала мышечной ткани, снижение уровня боли и коррекция неврологического дефицита [114]. Было высказано предположение, что обезболивающий эффект электрической стимуляции для лечения болезненной периферической невропатии возникает при стимуляции кожных афферентных волокон в месте нанесения. Лабораторные исследования показывают, что электростимуляция уменьшает боль за счет ноцицептивного торможения на пресинаптическом уровне, что ограничивает центральную передачу болевых сигналов. Считается, что волокна большого диаметра активируются высокочастотной электростимуляцией [115].

T. Forst и его коллеги отметили уменьшение уровня боли и позитивную коррекцию неврологического статуса пациентов с ДПН при применении токов ЧЭНС с частотой 2 Гц [116].

Болевая форма ДПН серьезно ухудшает состояние, трудоспособность и качество жизни пациентов с СД [46]. Европейской федерацией неврологических обществ была рекомендована электротерапия различной частоты и интенсивности воздействия для симптоматического лечения нейропатической боли [117]. Цель мета-анализа 2013 года состояла в оценке влияния чрезкожной электростимуляции (ЧЭС) и электромагнитной терапии на боль у пациентов с БДПН. На примере 12 исследований было отмечено, что ЧЭС улучшает облегчение боли у пациентов, в то время как при использовании электромагнитной терапии такого улучшения не наблюдалось [118].

Для улучшения проводимости импульсов по нервным волокнам и нормализации состояния вегетативной нервной системы широко используется электрофорез лекарственных веществ [96]. В исследовании применения многоканальной электростимуляции сопряженной с галантамин-электрофорезом в комплексном лечении ДПН у пациентов с СД2 отметили нормализацию водно-углеводного обмена, коррекцию массы тела, улучшение кровообращения и состояния нервной системы [119].

В современной физиотерапии часто применяются методики комбинированного применения физических факторов с целью повышения результативности и пролонгации лечебного эффекта проводимой терапии. Так, технология применения общих гидрогальванических ванн в диадинамическом режиме проявила себя как высокоэффективное средство медицинской реабилитации у этой группы пациентов [120]. Кроме воздействия на периферическое кровообращение, при воздействии импульсными токами происходит сокращение мышечных волокон, что сопровождается дополнительными преимуществами. В работе 2020 г было исследование сочетание гидротерапии и массажа, в результате было отмечено, что данная методика повышает концентрацию сывороточного фактора роста нервов, баланс и гликемический профиль по сравнению с гидротерапией или массажем [121]. Комбинированное применение гидротерапии и электротерапии во влиянии на

микрососудистое русло и клинические проявления ДПН было исследовано в работе 2020 г Кульчицкой Д.Б. и соавторов и было доказано, что комплексное применение воздушно-пузырьковых ванн и электрофореза никотиновой кислоты оказывает более выраженное корригирующее действие на состояние микрососудистого русла (МСР) и клиническую симптоматику, чем использование только электрофореза никотиновой кислоты по Вермелю [122].

В другом исследовании, воздействуя электрическим током переменной частоты (1-250 Гц) в течение 1 часа на протяжении 12 недель исследователи добились достоверного улучшения показателей максимальной дистанции ходьбы на 137 ± 136 м ($P = 0,001$, критерий Вилкоксона) в группе из 40 испытуемых [123]. Предыдущее исследование этих авторов продемонстрировало возможность развития компенсаторных изменений в артериальном русле нижних конечностей под воздействием электротерапии без значимых изменений морфологической структуры сосудов [124].

Вследствие гиподинамии, которая характерна для пациентов с СД2, развиваются эндокринно-метаболические нарушения и широкий спектр клинических синдромов поражения сосудов нижних конечностей и периферических нервов [54]. При этом, несмотря на высокую эффективность применения многих методов физиотерапии, они не обладают направленностью на устранение этого важнейшего патогенетического фактора. С целью улучшения функционирования регуляторных механизмов существует необходимость увеличения объема произвольной двигательной активности.

Для достижения значимого клинического результата, профилактики и лечения сосудистых осложнений СД пациентам рекомендуется на фоне комплексной медикаментозной терапии получать контролируемые физические нагрузки [23, 38]. Доказано, что у пациентов с СД2 физические нагрузки являются средством эффективного увеличения эндогенной антиоксидантной защиты, нормализации окислительно-восстановительного гомеостаза, снижения уровня перекисного окисления липидов, повышения устойчивости к окислительному

повреждению ДНК [125]. Длительное применение физических упражнений у пациентов с СД2, способствовало снижению содержания гликированного гемоглобина (HbA1), уровня С-реактивного белка и интерлейкина-6 [126], нормализации функции эндотелия сосудов [127, 128]. Адекватная физическая нагрузка обеспечивает синхронизацию функционирования симпатической нервной и эндокринной систем, которые влияют на уровень гликемии в состоянии покоя [129]. Получены данные, что аэробно-силовые физические нагрузки по 60 минут 3 раза в неделю, на уровне 64 – 77% максимальной ЧСС оказывают нормализующее влияние на окислительно-восстановительный гомеостаз пациентов с СД. После 4 месяцев тренировки у пациентов с СД, ведущих сидячий образ жизни, повышались уровни глутатиона и аскорбиновой кислоты, уменьшались уровни малондиальдегида (маркер перекисного окисления жиров и оксидативного стресса) и повреждения ДНК, что указывает на увеличение эндогенной антиоксидантной защиты, снижение восприимчивости к окислительному повреждению ДНК и уровню перекисного окисления липидов [125].

Регулярное применение физических упражнений способно снизить риск развития ДАНК через механизмы коррекции инсулинорезистентности, подавления активности провоспалительных механизмов, стимуляцию гипертрофии мышечной ткани [131, 132].

Тренировки в динамическом режиме мышечного сокращения составляют основу физических тренировок при патологии периферических сосудов. Традиционно назначаются упражнения циклического характера для мышц нижних конечностей с попеременным напряжением и расслаблением, чередуя их с дыхательными упражнениями, особенно тренировкой диафрагмального дыхания с максимальной амплитудой [133].

Метод тренировочной ходьбы при лечении ПХ у пациентов с хронической ишемией нижних конечностей хорошо зарекомендован и высоко оценивается по своей эффективности среди специалистов. Большое количество качественных

научных исследований продемонстрировали высокую результативность контролируемых физических упражнений при ЗПА [3, 134]. Многие международные клинические протоколы лечения ПХ с высоким уровнем доказательности (IA) рекомендуют использовать физические тренировки под контролем специалистов как часть базисной терапии [3, 135].

Отсутствие различий в клинико-функциональной эффективности программ физических тренировок и хирургических методов лечения синдрома ПХ по данным ЛПИ и тредмил-теста продемонстрирована Ahimastos А.А. и соавторами в мета-анализе рандомизированных исследований 2011 года [136]. Высокая эффективность различных методов контролируемой физической активности на большом количестве испытуемых (1835 пациента с синдромом ПХ вследствие ЗПА) подтверждена в обзоре 2017 года [3]. Этот кохрейновский обзор показал увеличение проходимого расстояния пациентами без боли под влиянием применения различных форм физической активности (лечебная гимнастика, упражнения на растягивание, упражнения с сопротивлением, тренировочная ходьба независимо, упражнения для верхних конечностей) по сравнению с медикаментозной терапией или плацебо на (MD) 82,11 м (95% ДИ от 71,73 до 92,48) и максимальное расстояние ходьбы на (MD) 120,36 м (95% ДИ от 50,79 до 189,92) [3]. Применение всех методов предполагало продолжительность тренировки до 60 минут и 3 раз в неделю. Эффективность проводимого лечения контролировалась раз в 3, 6 и 12 месяцев. Сохранение достигнутых результатов отметили до 2 лет. Коллеги декларировали отсутствие улучшения показателя ЛПИ, но повышение качества жизни по сравнению с другими группами исследования по данным опросника SF-36 [137].

Положительные результаты, достигнутые при применении методов лечебной физкультуры у пациентов с ЗПА, дали основание для включения в руководства по СД нескольких национальных ассоциаций тредмил-терапию в стандарт лечения синдрома ПХ [3, 42, 138]. Таким образом, тренировочная ходьба является терапией первой линии у пациентов с СД и ЗПА [3].

Эффективность комбинированной аэробной и силовой тренировки у пациентов с ДАНК подтверждается результатами оценки показателей кровообращения в дистальных сегментах сосудов нижних конечностей. Исследование Schreuder Т.Н. и коллег продемонстрировало успешность применения аэробно-силовой тренировки при ДАНК на основании показателей толщины сосудистой стенки, диаметра и просвета сонных и бедренных артерий по результатам УЗИ до и после курса. Одним из результатов работы стал вывод о возможности ремоделирования периферических артерий нижних конечностей после 8-недель контролируемых занятий [3,139].

Позитивные изменения показателей кровотока в дистальных отделах нижних конечностей, отметили авторы работы, в которой проводился анализ эффективности методов ЛФК, электростимуляции и диатермии у пациентов с ДАНК [3, 140]. Преимущество в результатах среди указанных методов было отмечено у пациентов группы ЛФК.

Целью мета-анализа 2017 года (3 крупных исследований с участием 845 пациентов) было оценить влияние методов ЛФК на степень функциональных нарушений в ходьбе у пациентов с ПХ и СД2 и ПХ, но без СД2. Параметрами для оценки эффективности были выбраны максимальная дистанция ходьбы без боли и максимальная дистанция ходьбы. Выводом работы стало подтверждение эффективности и безопасности ЛФК и тренирующей ходьбы в лечении ПХ у пациентов с СД [141]. Авторы анализа отмечают однонаправленность сдвигов оцениваемых параметров у пациентов с СД и без него. Но сравнительный анализ групп, принимавших участие в исследовании, показал приоритет в достижении положительных результатов у пациентов без диабета. В нескольких, используемых в анализе исследованиях, группы пациентов с СД не достигали статистически достоверного улучшения функции ходьбы [3].

Многие исследователи [142, 143], отмечая доказанную безопасность применения ЛФК у пациентов с симптомами ПХ и СД, сообщают о препятствиях к проведению эффективной тренировки с преодолением болевого синдрома.

Таковыми препятствиями признаются тяжелый коморбидный фон пациентов с СД2, низкая мотивированность к занятиям ЛФК и профессиональный эгоизм коллег в смежных специальностях. Препятствие в виде диабетической артропатии также может негативно отразиться на успешности реализации программ физической реабилитации [144]. Дополнительным препятствием к достижению высокой эффективности тренировки может быть ее проведение без контроля специалистов в домашних условиях. Такой вывод сделали исследователи на основании наблюдения за 2 группами пациентов с СД и ПХ – пациенты, занимавшиеся физическими упражнениями дома 3 раза в неделю на протяжении от полугода наблюдения до двух лет и группа, где пациенты занимались ЛФК под контролем специалистов [3]. Группа домашних занятий продемонстрировали достоверно более низкие результаты улучшения функциональных характеристик ходьбы [3, 145]. Выполнив анализ 21 исследования с 1400 пациентами авторы обзорной работы 2018 года так же пришли к такому выводу [146].

При назначении ЛФК пациентам с ДАНК следует учитывать клинические особенности заболевания. Например, нарушения трофики мягких тканей разной степени выраженности могут возникать на любой стадии СД2, а при сочетании ДАНК и ДПН может отсутствовать болевой синдром и ПХ [3, 38]. Учитывая данную особенность пациентов, перед началом тренировок требуется оценить безопасность их проведения. Для этого необходимо выполнить оценку степени ишемии нижних конечностей и провести инструментальное исследование периферического кровотока. Известно о сильной корреляции ЛПИ, степени тяжести ЗПА и летальностью, что делает возможным рассматривать ЛПИ в качестве значимого критерия определения степени тяжести повреждения периферических артерий [3, 147, 148] и рекомендовать его как скрининг-тест ЗПА у пациентов с СД и бессимптомным течением патологии сосудов, но учитывая некоторые ограничения ввиду возможной кальцификации артерий [3, 149].

Кровоснабжение мышечной ткани пациентов с СД и микроангиопатиями значительно снижено. Известна прямая корреляционная связь этого процесса с

уровнем инсулинорезистентности. При выполнении физических упражнений в разных режимах интенсивности перфузия мышечной ткани не достигает значений здоровых людей [3, 150]. Снижения уровня анаболических процессов в мышцах и увеличение их деградирования, во многом связано с развитием системного воспаления, характерного для пациентов с СД, что усиливает механизмы инсулинорезистентности и способствует дальнейшей атрофии мышечной ткани [151]. Сниженную толерантность к физической нагрузке и слабую эффективность функциональной тренировки у больных с СД объясняют состоянием окислительного стресса, митохондриальной дисфункцией и атрофией скелетных мышц [152]. Вызванная этими процессами саркопения резко снижает бытовую активность и снижает качество жизни пациентов с СД2.

Аэробные тренировки у пациентов с СД2 также имеют невысокую эффективность по результатам исследования [153], в котором приняли участие 59 пациентов с СД2. В работе было продемонстрировано, что аэробные нагрузки средней интенсивности на уровне 70-80% максимальной ЧСС (по 30 мин 3 раза в неделю) в течение полугода не оказывали влияния на общую физическую работоспособность, уровень гликемии и показатели микрогемодинамики [3]. Китайские коллеги провели мета-анализ 18 исследований с участием 1200 пациентов с ЗПА и отметили слабую эффективность различных по параметрам протоколов тренирующей ходьбы у пациентов с ЗПА и СД, в то время как у пациентов без диабета наблюдалось значимое увеличение показателей 6-минутной ходьбы и показателя максимальной ходьбы [3, 154]. Выраженный болевой синдром в нижних конечностях и низкий объем физической нагрузки вследствие частых остановок для купирования боли при тренировке, могут быть причиной низкой эффективности таких методик [5].

Allen J.D. в 2014 году [155] провёл сравнительный анализ влияния тренирующей ходьбы на дисфункцию эндотелия у пациентов с ЗПА и СД и ЗПА без диабета [3]. Пациентам назначались тренировки на тредмиле по 30-40 минут три раза в неделю в течение 3 месяцев. Рост показателя максимальной дистанции

ходьбы отметили у 52% пациентов без СД и у 29% пациентов с СД. Улучшение параметров ходьбы коррелировало с уменьшением степени эндотелиальной дисфункции, которую отмечали по результатам пробы на ишемию плечевой артерии и содержанию оксида азота в группе с ЗПА без СД. Предположительно, низкая эффективность подобных тренировок у пациентов с СД связана с низкой степенью биодоступности оксида азота, несмотря на рост количества саркомеров мышечных волокон 1 и 2 типа.

Результаты других работ указывают на преимущество во влиянии нормализующего характера физических упражнений на функцию эндотелия в сравнении с медикаментозным лечением [127]. В исследовании 2011 года, где целью было сравнить влияние на функцию эндотелия аэробных и анаэробных тренировок, участвовало 40 испытуемых с СД2. Они были распределены по случайному принципу на группы аэробной, анаэробной тренировки и группу контроля с медикаментозной терапией. В течение 12 недель участники исследования занимались по назначенной программе физических тренировок. Наиболее значимые позитивные изменения в функционировании эндотелия (FMD, поток-опосредованной дилатации) произошли в группе аэробных тренировок ($+2,2 \pm 1,9\%$ от исходного уровня, $P=0,005$) [3, 156].

Отмечены отличия в эффективности тренировок пациентов с СД и ЗПА в зависимости от пола. В периоде отдаленных наблюдений женщины имеют менее благоприятный прогноз при наличии симптомов ПХ [3, 157]. При этом, женщины реже предъявляют жалобы на ПХ несмотря на более выраженные клинические проявления чем у мужчин [158, 159]. Тренирующая ходьба менее эффективна у женщин чем у мужчин и не приносит желаемого улучшения клинического состояния [160]. Результатом проведенного исследования 2015 года, в котором принимали участие 60 пациентов разного пола с ЗПА в сочетании с СД и без СД, стал вывод, что женщины с ЗПА и СД находятся в группе риска тяжелых форм атеросклеротического поражения артериального русла нижних конечностей [3]. Все пациенты выполняли программу тренирующей ходьбы. Продолжительность

курса физической терапии была 3 месяца, сеансы ходьбы - 20-45 мин. Женщины с ЗПА в сочетании с СД не продемонстрировали улучшения функциональных показателей ходьбы. Пациенты других групп – мужчины с ЗПА без диабета, мужчины с ЗПА и с СД и женщины с ЗПА без СД, – показали положительную достоверную динамику в виде увеличения оцениваемых параметров ходьбы и улучшение показателей перфузии мышечной ткани нижних конечностей при тренировке [3]. Позитивную динамику отметили только у 37% женщин с ЗПА и СД принимавших участие в исследовании.

Учитывая неоднозначность выводов в оценке эффективности традиционных подходов физической терапии к коррекции стойких функциональных двигательных расстройств у пациентов с ЗПА и СД сохраняется необходимость поиска новых методов реабилитации этой группы пациентов [159].

Как было указано, одним из возможных осложнений СД2 является ДПН. Физические упражнения индуцируют микрососудистое кровообращение через эндотелиальную вазодилатацию, которая увеличивает эндоневральный кровоток, улучшает перфузию и снижает гипоксию нерва [161].

Аэробные упражнения и поведенческая терапия оказывают благотворное воздействие на многие патогенные пути ДПН одновременно и, как было показано в экспериментах на животных [162] и на людях, уменьшают симптомы нейропатии и способствуют росту волокон малого диаметра [163]. Исследование 2020 года продемонстрировало улучшение неврологической симптоматики в ответ на тренировки силовой направленности [164]. Упражнения для укрепления голеностопного сустава и подвижности являются частью международных руководящих рекомендаций для людей с риском развития СДС. Наряду с улучшением балансовых и пространственно-временных параметров походки, балансовые упражнения в составе сенсомоторной тренировки также показали улучшение проприоцепции туловища у больных ДПН [165]. Сенсомоторные упражнения выступают как раздражители сенсорных входов и способствуют моторному перепрограммированию. Сенсомоторная тренировка и тренировка

походки 44 пациентов на протяжении 8 недель (всего 24 сеанса) в исследовании 2020 года выявили положительное влияние на проприоцепцию, нервную функцию и активность мускулатуры нижних конечностей. [166]. Для тренировки были выбраны упражнения на баланс с изменяемым уровнем площади опоры и с применением инвентаря, создающего эффект неустойчивости. Скорость проведения малоберцового нерва увеличилась на 6,43% в группе вмешательства, в то время как в контрольной группе она увеличилась только на 0,6%; большеберцового нерва – на 12,46% в группе вмешательства и 8,83% в контрольной группе.

В другом сообщении отмечено, что комбинация упражнений на растяжку, укрепление и функциональные упражнения для стопы и лодыжки (два раза в неделю в течение 12 недель) не приводила к значительному улучшению функции стопы у пациентов с ДПН [167].

В 2014 г Morrison S. и соавторы провели исследование влияния упражнений на скорость ходьбы, равновесие, время реакции. На протяжении 12 недель 3 раза в неделю 21 пациент с СД2 без ДПН и 16 пациентов с СД2 и ДПН занимались по программе лечебной физкультуры в аэробном режиме средней и высокой интенсивности. После курса лечения отметили изменения походки, времени реакции, но риск падений существенно не снизился [168].

С развитием технологий виртуальной реальности стало возможным тренировать двигательный контроль у пожилых людей, с преимуществами, включающими согласованность визуальной и проприоцептивной информации через обратную связь от выполняемого движения, а также активацию при этом связанных моторных областей в головном мозге [169, 170]. Швейцарские исследователи заявили об успешном применении на небольшой выборке (13 человек) биологической обратной связи (БОС) для двигательного обучения больных ДПН [171]. Возможность значительно улучшить постуральный баланс пациентов с ДПН с помощью сенсорных упражнений с БОС подтвердили результаты рандомизированного контролируемого исследования 2015 года [172].

В этом исследовании приняли участие 39 пациентов с ДПН разделенные на 2 группы (20 и 19 человек). Пациенты 1-й группы получали дополнительно к стандартному лечению сенсорную интерактивную тренировку 2 раза в неделю на протяжении 4 недель. Визуальная обратная связь в режиме реального времени была интегрирована с кинематическими датчиками от голеностопных и тазобедренных суставов. У пациентов 1-й группы после завершения курса лечения достоверно уменьшилась площадь колебания центра давления (58,31%; $p = 0,009$) во время исследования баланса с открытыми глазами; во 2 группе этот показатель уменьшился на 7,8%.

Таким образом, задача повышения уровня физической активности пациентов с сосудистыми осложнениями нижних конечностей у пациентов с СД2, становится труднореализуемой вследствие высокой коморбидности этого заболевания и появления, с длительностью и тяжестью СД, нескольких лимитирующих факторов. К этим факторам относят – низкая способность к активизации мышечной ткани вследствие митохондриальной дисфункции и катаболических процессов на фоне системной воспалительной реакции, высокий риск падения и травматизации, болевой синдром в нижних конечностях. Гипотрофия мышечной ткани поддерживается развивающимся неврологическим дефицитом как проявление диабетической полинейропатии. Возрастная саркопения и ортопедические проблемы в виде диабетических артропатий и суставных инволютивных процессов еще больше осложняют возможность устранения гиподинамии. Формирующийся порочный круг патологических процессов сложно поддается коррекционным воздействиям и требует новых путей решения, учитывая возможный потенцирующий эффект от сочетания различных физических факторов.

В последние годы широкое применение получил метод функциональной электростимуляции (ФЭС), при котором двигательные акты сочетаются с синхронизированной электростимуляцией не отдельных мышц, выполняющих движение, а сложного двигательного акта [173]. Показано, что одновременное

выполнение электростимуляции и произвольных движений дает более эффективное и сильное сокращение мышц, поскольку при этом рекрутируются большее количество двигательных единиц [174, 175]. Эффективность метода доказана при заболеваниях центральной и периферической нервной системы, опорно-двигательного аппарата, мышечной системы [176, 177]. В исследовании 2017 года ФЭС в ходьбе у пациентов с ЗПА без СД значительно снизила интенсивность болевого синдрома в ходьбе, позволила увеличить расстояние в ходьбе без боли и повысить качество жизни [178]. Применение ФЭС в ходьбе у больных с ДАНК может представлять трудновыполнимым вследствие большего количества ограничений. В случае применения циклической нагрузки в виде педалирования на велосипеде количество ограничений уменьшается.

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

2.1 Материал исследования

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении дополнительного профессионального образования "Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования" Министерства здравоохранения Российской Федерации и Федеральном государственном бюджетном учреждении «Главный клинический госпиталь имени академика Н.Н. Бурденко» Министерства обороны Российской Федерации.

Дизайн исследования

Проведено проспективное открытое сравнительное рандомизированное исследование согласно требованиям Комитета по этике научных исследований ФГБОУ ДПО РМАПО, в соответствии с Хельсинкской декларацией Всемирной Медицинской Ассоциации. Перед исследованием пациенты знакомились с основными положениями исследования и своё участие в нём закрепляли личной подписью в форме информированного согласия и в согласии с общим планом обследования и лечения. Проведение исследования также было одобрено местным этическим комитетом ФКУЗ ГВКГ им. Н.Н. Бурденко МО РФ.

В исследовании приняли участие 135 пациентов (93 мужчины и 42 женщин) с сахарным диабетом 2 типа, осложненным ангиопатией нижних конечностей.

Критериями включения в исследование являлись: подтвержденный по результатам обследования диагноз СД2, осложненный диабетической ангиопатией, длительностью заболевания - более 2 лет; возраст пациентов от 40 до 75 лет; уровень гликированного гемоглобина (HbA1C) 6-11% (на фоне проводимой терапии); наличие письменного информированного согласия пациента [5].

Критериями не включения в исследование являлись: выраженные трофические нарушения нижних конечностей (СДС выше 0 стадии по Wagner F.W. (1979)), облитерирующие ангиопатии нижних конечностей выше IIБ стадии, тяжелая соматическая патология, ишемическая болезнь сердца > II ФК, тяжелые нарушения проводимости сердца, тиреотоксикоз, системные заболевания крови, психические заболевания, наличие кардиостимулятора, индивидуальная непереносимость электрического тока, иные общие противопоказания к назначению методов физиотерапии, величина показателя ЛПИ выше 1,3 [5].

Критериями исключения являлись: возникновение острых или обострение хронических заболеваний, требующих прерывания курса лечения; нежелание пациента продолжать участвовать в исследовании, невозможность выполнения тредмил-теста из-за болей в суставах нижних конечностей или позвоночника, неспособность стоять без поддержки с закрытыми глазами при стабилметрическом исследовании; нарушения зрения, некорректируемые очками, которые становились препятствием к проведению стабилметрического исследования.

Все пациенты, включенные в исследование (Рисунок 1), методом случайной выборки были рандомизированы на две основные и контрольную группу (по 45 человек в каждой), статистически не различимые по полу, возрасту, тяжести течения и продолжительности заболевания.

2.2 Методы исследования

У всех пациентов проводилось изучение жалоб и данных анамнеза, выполняли клиническое, инструментальное и лабораторное обследование, оценивали психоэмоциональный статус и качество жизни.

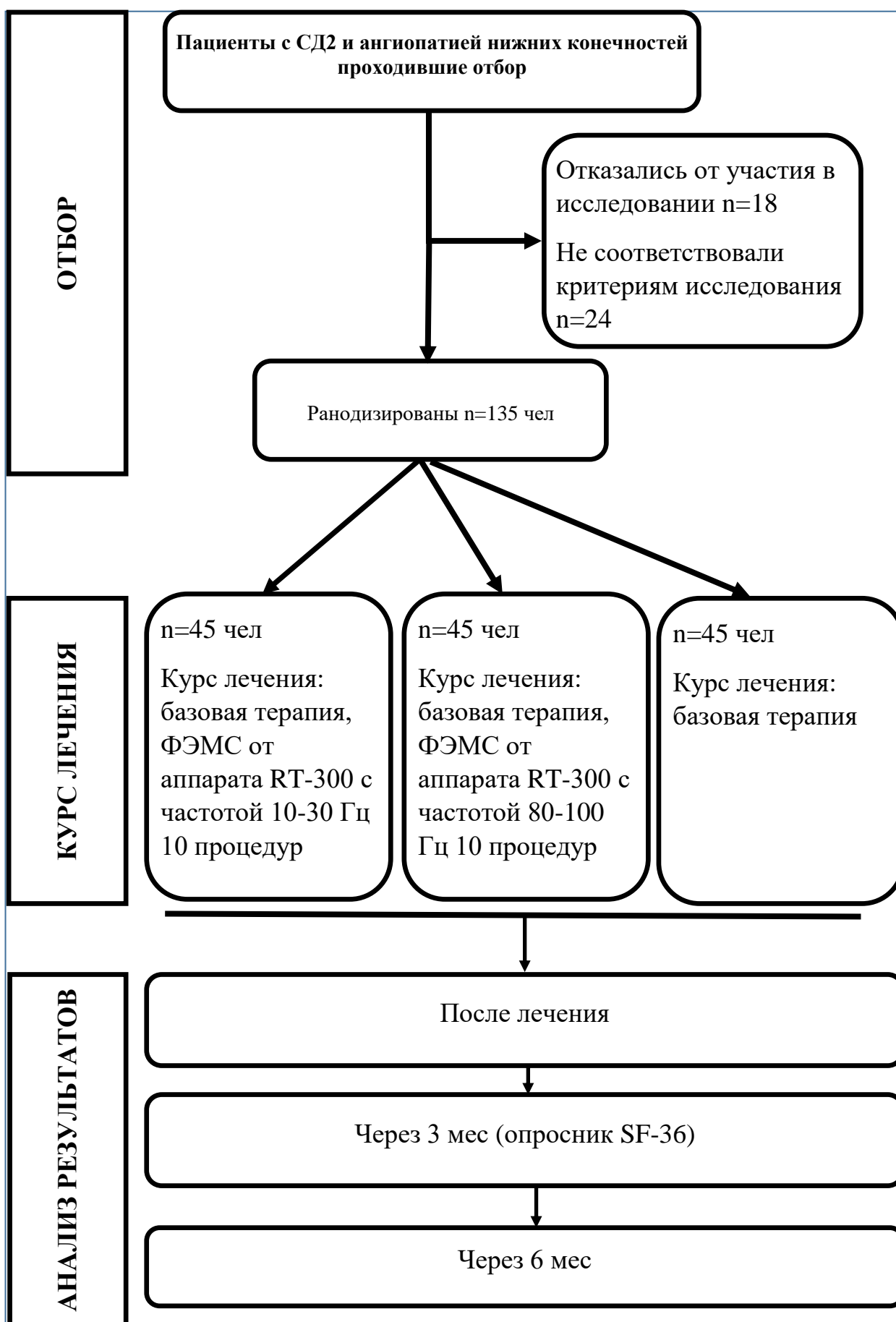


Рисунок 1 - Дизайн исследования

2.2.1 Сбор жалоб и анамнеза пациентов

Оценивали длительность заболевания СД2, динамику жалоб за время с постановки диагноза. Особое внимание уделяли наличию двигательных и чувствительных расстройств, локализации этих расстройств, связи с временем суток, физической нагрузкой, возможность купирования болевого синдрома в состоянии покоя. При опросе выясняли степень комплаентности пациента, играющей важную роль в успешности терапии СД2 и его осложнений. На основании опроса выявляли степень функциональных нарушений в ходьбе. Для стратификации использована классификация выраженности хронической ишемии нижних конечностей А.В. Покровского (1976 г), в основе которой лежит фиксация расстояния безболевого ходьбы:

I стадия - не лимитирующая и не постоянная перемежающаяся хромота;

IIА стадия - безболевая дистанция обычным шагом более 200 м;

IIБ стадия - безболевая дистанция менее 200 м;

III стадия – болевой синдром в покое;

IV стадия – грубые трофические нарушения.

Интенсивность болевого синдрома при ходьбе определяли по 10-балльной визуально-аналоговой шкале боли (ВАШ) [5]. Учитывая высокий риск травматических повреждений у пациентов с СД2, спрашивали о случаях падений за последний период времени и связанных с этим травмах.

2.2.2 Клиническое обследование

Всем пациентам проводили общий врачебный и неврологический осмотр для выявления ДПН. Инструментальное обследование включало: ЭКГ, УЗИ с измерением ЛПИ, стабилметрическое исследование, тредмил-тест, электронейромиографическое исследование (ЭНМГ), лазерную доплеровскую флоуметрию (ЛДФ); лабораторное – клинический и биохимический анализы

крови (углеводный обмен, липидный профиль), общий анализ мочи. Пациентам измеряли рост и вес, выполняли расчет индекса массы тела.

При осмотре оценивали состояние кожных покровов, наличие трофических нарушений, их характер и степень; отмечали наличие волосяного покрова на нижних конечностях, состояние ногтевых пластин, степень атрофии мышц. Пальпаторно определяли снижение кожной температуры стопы, пульсацию бедренной, подколенной артерий, задней берцовой артерии позади медиальной лодыжки и артерий тыла стопы.

Всем пациентам проводили скрининговое обследование на наличие ДПН: применяли 3 шкалы для оценки количественной выраженности симптомов ДПН – шкалу нейропатического симптоматического счета (НСС), шкалу общих симптомов (Total Symptom Score, TSS) и шкалу нейропатического дисфункционального счета (НДС).

Шкала «Нейропатический симптоматический счет» (НСС) – опросник, позволяющий провести оценку в баллах по шести симптомам нейропатии: покалывание, жжение, онемение, боль, судороги, гиперестезия (Таблица 1). Каждый симптом получает оценку по следующей градации выраженности признака: 0 – отсутствие симптоматики, 1 – наличие симптома, 2 – усиление симптоматики ночью. Общую сумму баллов определяют в соответствии с руководством [179].

«Шкала общих симптомов» (Total Symptom Score - TSS). При оценке по шкале TSS исследовали четыре нейропатические симптома по интенсивности и частоте возникновения: боль, жжение, парестезии, онемение (Таблица 2). Пациент должен оценить возникновение симптомов в нижних конечностях в течение 24 часов. Учитывается как часто беспокоила симптоматика (редко, часто, постоянно) и насколько интенсивно (нет симптома, незначительные проявления, средние и сильные). Сочетанию интенсивности и частоты симптома присуждается определенный балл (0 – 3,66). Суммируя все полученные оценки получали индекс

TSS. Величина индекса варьирует от 0 до 14,64 при максимальной частоте и интенсивности проявлений симптомов.

Таблица 1 - Оценка по шкале нейропатического симптоматического счета (НСС)

Вопросы к больному Ощущаете ли вы:	НЕТ	ЕСТЬ	Усиление ночью
Покалывание	0	1	2
Жжение	0	1	2
Онемение	0	1	2
Ноющую боль	0	1	2
Судороги	0	1	2
Раздражение в стопах и ногах при прикосновении к постельному белью (гиперестезию)	0	1	2
сумма (баллов)			

Таблица 2 - Оценка по шкале общих неврологических симптомов (TSS)

Частота появления симптома	Интенсивность выраженности симптома			
	Отсутствует	Легкая	Средняя	Тяжелая
Редко	0	1,0	2,0	3,0
Часто	0	1,33	2,33	3,33
Постоянно	0	1,66	2,66	3,66

Неврологическое обследование пациентов по **шкале «Нейропатического дисфункционального счета» (НДС)** (И.В. Гурьева, 2013; А.Н. Белова, 2016). Шкала заполняется на основании объективного неврологического осмотра с определением тактильной, болевой, температурной и вибрационной чувствительности, сухожильных ахилловых и коленных рефлексов (Таблица 3). Все виды чувствительности оцениваются в возможном диапазоне от 0 до 2 баллов при тестировании рефлексов, в диапазоне от 0 до 4 баллов - при оценке чувствительности в зависимости от высоты поражения. Порогом нарушения

чувствительности обозначали уровень начала ощущений тестового сенсорного воздействия. Из полученных средних оценок тестируемых видов чувствительности и параметров получали общий балл по шкале НДС. Нормативный показатель - 0-4 балла, умеренной степени выраженности ДПН – 5-13 баллов, выраженная – 14-28 баллов.

Таблица 3 - Оценка по шкале нейропатического дисфункционального счета (НДС)

Тест	Описание		Слева	Справа	Среднее
	Уровень расстройства	балл			
Оценка нарушений чувствительности					
Вибрационная чувствительность	Нарушений нет	0			
	Только в пальцах стопы	1			
Тактильная чувствительность	До середины стопы	2			
	До лодыжек	3			
Температурная чувствительность	До середины голени	4			
	До колен	5			
Болевая чувствительность					
Оценка рефлексов					
Ахиллов рефлекс	Сохранен	1			
Коленный рефлекс	Ослаблен	2			
	Отсутствует	3			
Сумма					

Вибрационную чувствительность оценивали с помощью градуированного неврологического камертона с частотой 128 Гц. Для знакомства испытуемого с ожидаемым воздействием пробное исследование проводили на ключице. Для этого после удара по камертону, устанавливали его в центре ключицы. Затем действие повторяли с установкой камертона на головке дистальной фаланги 1-ой пальца стопы, наружной поверхности 1-ой плюсневой кости, медиальной

лодыжке, середине медиальной поверхности голени и медиального мыщелка большеберцовой кости.

Оценка тактильной чувствительности проводилась на дорсальной поверхности первого пальца стопы монофиламентом Semmes - Weinstein 10 г. Монофиламент держали перпендикулярно поверхности тела. Перед исследованием касались монофиламентом кожи в области предплечья с целью получения пациентом ощущения тактильного воздействия с определенной силой достигаемой при сгибании нити монофиламента. Тестирование в каждой точке проводилось не менее 3 раз при закрытых глазах пациента, одно из воздействий - ложное.

Исследование болевой чувствительности проводили с помощью уколов иглой симметричных участков нижней конечности от дистальных к более проксимальным отделам до коленного сустава.

Изменяя вид стимула на воздействие тестером термочувствительности Тип-терм оценивали температурную чувствительность. Также перед исследованием выполнили действия для формирования ощущения у исследуемого поочередно поворачивая устройство разными сторонами (из металла и пластика). Затем провели исследование в фиксированных точках.

2.2.3 Оценка психоэмоционального состояния и качества жизни пациентов

Для оценки изменений некоторых аспектов психоэмоционального статуса под влиянием проводимого лечения использовали **тест САН** (самочувствие, активность и настроение) (В.А. Доскин и соавт., 1973). Пациентов просили дать оценку своему состоянию по ряду признаков используя бальную шкалу. Семибальная шкала состояла из семи вариантов оценки и располагалась между тридцатью парами характеристик своего состояния биполярного значения, отражающих степень выраженности трёх основных составляющих функционального психоэмоционального состояния – самочувствия, активности и

настроения. Пациент отмечал цифру, наиболее точно характеризующую его состояние в момент обследования. Неблагоприятные оценки пары отмечались в диапазоне 1-3 балла и характеризовали отрицательно состояние испытуемого, ответы позитивного значения – 5-7 баллов. Сумма полученных баллов по категориям оценок группируется в соответствии с ключом к тесту. Полученное значение делится на 10. Нормальным значением считается оценка – "5" (Приложение А).

Изменение качества жизни (КЖ) пациентов на фоне проводимого лечения исследовали с помощью русскоязычной версии **опросника SF-36** [180].

Опросники заполнялись пациентами самостоятельно 3 раза: первый – в начале исследования, второй раз – через 3 мес после курса лечения, третий раз – через 6 мес после курса лечения.

SF-36 применяется достаточно широко в разных сферах для оценки качества жизни (КЖ); позволяет оценить общее благополучие тестируемого, удовлетворенность состоянием своего здоровья и выявить те его составляющие, которые влияют на снижение качества жизни исследуемого в большей степени. Пациенты отвечают на 36 пунктов анкеты, которая состоит из восьми шкал: физическое функционирование, ролевая деятельность, телесная боль, общее здоровье, жизнеспособность, социальное функционирование, эмоциональное состояние и психическое здоровье. Шкалы формируют 2 оцениваемых компонента здоровья - физический компонент и психологический. Показатели каждого оцениваемого параметра варьируют от 0 и 100, более высокая оценка указывает на более высокий уровень качества жизни, 100 – полное здоровье.

Шкалы, составляющие определяемые параметры качества жизни:

1. Физическое функционирование (Physical Functioning – PF), отражает уровень физического состояния, связанный со способностью выполнять физические нагрузки. Низкая оценка характеризует значимое ограничение физической активности пациента вследствие снижения уровня здоровья.

2. Ролевая деятельность, обусловленная физическим состоянием (Role-Physical Functioning – RP) – влияние физического состояния на повседневное ролевое функционирование. Шкала демонстрирует степень лимитированности привычного функционирования в среде вследствие изменений в физическом компоненте здоровья.

3. Интенсивность боли (Bodily pain – BP) – влияние телесной боли на уровень привычного функционирования.

4. Общее состояние здоровья (General Health – GH) – субъективная оценка своего здоровья пациентом и перспектив, связанных с лечением.

5. Жизненная активность (Vitality – VT) – субъективная характеристика пациентом статуса своего здоровья, отражающая степень своей активности.

6. Социальное функционирование (Social Functioning – SF), – отражает ограничение социальной активности, вызванное физическим или эмоциональным состоянием.

7. Роль эмоционального состояния в функционировании (Role Emotional – RE) сообщает о степени ограничений в функционировании вызванного изменением эмоционального реагирования.

8. Психическое здоровье (Mental Health – MH), отражает уровень психического благополучия.

Все шкалы формируют два интегральных показателя: физическое (Physical health – PH) и душевное благополучие (Mental Health – MH) или «физический компонент здоровья» и «психический компонент здоровья».

2.2.4 Инструментальное исследование

Степень снижения кровотока в артериальной системе нижних конечностей оценивали по величине **лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ)** при УЗ-исследовании (аппарат «Philips EPIQ 5», Нидерланды). ЛПИ - объективный, хорошо воспроизводимый, простой, надежный и широко используемый в клинической практике показатель, имеющий также прогностическое значение.

Хорошо известно [52] о высокой значимости оценки ЛПИ при определении степени тяжести ЗПА и прогнозе заболевания, что позволяет рассматривать данный индекс в качестве одного из значимых критериев выраженности повреждения периферических артерий и рекомендовать его для скрининга ЗПА у пациентов с СД, в том числе без симптомов патологии сосудов.

Исследование проводили в положении обследуемого лежа на спине после 10 минут покоя. Снимали показания систолического артериального давления с левой и правой руки тонометром OMRON M2 Basic (Omron, Япония) с универсальной манжетой 22–42 см. Для измерения показателей берцовых артерий надевали манжету сфигмоманометра на 5 см выше лодыжки и размещали линейный ультразвуковой датчик позади латеральной лодыжки. Для расчета ЛПИ брали самое высокое значение систолического давления на голени и делили его на самое высокое значение, полученное с локтевой артерии. Значения 0,91–1,30 считались нормальными. В случае получения показателя ЛПИ выше 1,3, пациент не включался в исследование по причине предполагаемой кальцификации артерий и невозможности проводить диагностику ишемии нижних конечностей доступными нам методами.

Изучение состояния микроциркуляции кожи у пациентов выполняли методом лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) с помощью аппарата «ЛАКК-М» (Россия; регистрационное удостоверение № ФСР 2010/07442 от 22 апреля 2010 г).

Метод ЛДФ основан на определении уровня кровоснабжения ткани путём измерения эффекта доплера возникающего при исследовании ткани гелий-неоновым лазером и записи данных, получаемых от отражённого излучения компонентов ткани. Объём ткани, в которой исследуется микрогемодинамика – до 1,5 мм³. Метод ЛДФ позволяет оценить функционирование различных звеньев микроциркуляторного русла в зависимости от задач исследования – артериолы, терминальные артериолы, капилляры, посткапиллярные венулы, венулы и

артериоловеноулярные анастомозы. Исследование проводили в соответствии с существующими рекомендациями.

Перед исследованием пациент отдыхал в течение 15 мин, диагностику выполняли в течение 4 мин в положении лежа. Оценка состояния микроциркуляции у больных проводилась на подошвенной поверхности 1 пальца стопы. Исследования проводились в горизонтальном положении нижних конечностей. Световодный зонд фиксировался на подошвенной поверхности I пальца стопы с помощью фиксатора под прямым углом к поверхности тела через насадку. Зонд направлялся к телу пациента через специальный штатив, обеспечивающий правильное направление фиксации. Пациент во время исследования находился на сухой ровной поверхности и оставался неподвижным. Из всех предлагаемых прикладной программой показателей к анализу нами были выбраны следующие:

М – показатель микроциркуляции, средний уровень кровенаполнения в микроциркуляторном звене за единицу времени, оценивается в условных единицах;

СКО (σ) – среднее квадратичное отклонение, показатель, характеризующий вариабельность микрокровотока;

K_v – показатель, демонстрирующий активность регуляторных систем микроциркуляции.

В регуляции тканевого микрокровотока принимают участие активные и пассивные компоненты этого процесса. При многих патологических процессах нарушается представленность этих двух регулирующих систем. Выявить эти процессы у пациентов с ДАНК, было одной из задач исследования. С этой целью, используя прилагаемое программное обеспечение, выполняли вейвлет-анализ колебаний в различных амплитудно-частотных диапазонах. Из активных (тонусформирующих факторов) нами исследовался нейрогенный (A_n , 0,02-0,06 Гц) и миогенный (A_m , 0,06–0,15 Гц) диапазон (зона LF-ритма). Нейрогенная регуляция реализуется на уровне артериол и метартериол через симпатические

нервные влияния на мышечную стенку сосудов. Миогенные ритмы связаны с активностью миоцитов, распределяются в виде медленных волн флаксомаций на прекапиллярное звено резистивных сосудов и прекапиллярные сфинктеры. Исследование пассивных механизмов регуляции дает представление о влиянии на микроциркуляцию венозного оттока, связанного с дыхательной экскурсией грудной клетки, обозначаемого как быстрые волны флаксомаций (A_d , 0,15–0,4 Гц, зона HF-ритма) и пульсового кровотока (A_c , 0,4–1,6 Гц, зона CF-ритма) обусловленного изменениями систолического и диастолического давления, синхронизированного с сердечным ритмом.

Для оценки эффективности работы регулирующих микроциркуляцию механизмов применяли индекс эффективности микроциркуляции (ИЭМ), характеризующийся соотношением активных и пассивных компонентов регуляции микрокровотока. Формула для вычисления индекса: $ИЭМ = A_{max}LF / (A_{max}HF + A_{max}CF)$, где $A_{max}LF$ – (миогенные ритмы), $A_{max}HF$ — быстрые (дыхательные) ритмы; $A_{max}CF$ – пульсовые волны флаксомаций.

Состояния шунтового артериоло-веноулярного кровотока во многом связано с интенсивностью нутритивного кровотока. Для его оценки использовали показатель шунтирования крови (ПШ), который получали расчетным методом по формуле: $ПШ = A_{maxH} / A_{maxM}$, где A_{maxH} – максимальная амплитуда колебаний в нейрогенном диапазоне; A_{maxM} – максимальная амплитуда колебаний в миогенном диапазоне (Крупаткин А.И., Сидоров В.В., 2013). Нутритивный кровоток (M_{nutr}) определяли как отношение ПМ/ПШ (усл.ед.) [5].

Для выявления скрытых гемодинамических нарушений и адаптационных резервов системы микроциркуляции необходимо проведение функциональных проб. Из функциональных проб нами была выбрана, как наиболее отражающая патофизиологические нарушения при диабетической ангиопатии комбинированная термическая проба – последовательное воздействие холодом ($33^{\circ}C$) в течение 1 мин и теплом ($38^{\circ}C$) в последующие 3 мин [15]. Нами оценивался уровень реактивной гиперемии при максимальном кровенаполнении в

условиях комбинированной пробы. Для анализа были выбраны изменения показателя термального резерва микроциркуляции (ТРМ, %), составляющий сумму степени снижения величины показателя М при холодной вазоконстрикции ($\Delta\text{ПМхол}$) и его возрастания при локальном нагреве кожи ($\Delta\text{ПМт}$).

Для получения нормативных значений были обследованы 19 практически здоровых лиц (средний возраст – $49,0 \pm 10,4$ лет) [5].

Важной функциональной характеристикой хронической артериальной недостаточности нижних конечностей у пациентов с ДАНК являются субъективные критерии переносимости физической нагрузки – время начала хромоты и максимальная продолжительность ходьбы, получаемые при выполнении **тредмил-теста** (Рисунок 2) [5]. Нами был использован одноступенчатый протокол Strandness exercise test (Strandness DE, 1970).



Рисунок 2 - Методика тредмил-теста

К выполнению теста приступали после 5-минутного отдыха. Фиксировали стандартную скорость движения полотна дорожки - 3,2 км/ч и угол наклона - 10° . Тест прекращали при сигнале от пациента о невозможности продолжать ходьбу из-за боли спазматического характера в голени, бедрах или ягодицах [54]. При

жалобах пациентов на боль в суставах, препятствующих продолжению теста, пациент не включался в исследования.

Стабилометрическое исследование. Для анализа нарушений системы равновесия, что характерно для пациентов с сосудистыми осложнениями СД, было выполнено стабилометрическое исследование. В поддержании равновесия в организме участвуют афферентная часть системы (зрительный, вестибулярный, проприоцептивный, кожно-механический, интероцептивный анализаторы и эффекторная часть в виде опорно-двигательного и глазодвигательного аппаратов. Для выявления степени поражения звеньев нервно-мышечного аппарата, ответственных за функцию поддержания равновесия тела в пространстве, проводили тестирование сенсорной организации вертикальной позы “Sensory Organization Test” на стабилометрической платформе «ST-150» [54] (Рисунок 3) (Россия, рег. удостов. № ФСР 2010/07900 от 01.03.2016) пациентам с установленным диагнозом диабетическая полинейропатия нижних конечностей. Анализ результатов проводили в штатной программе STPL (RU 2013610968). Критериями отбора для исследования явились - способность пациента самостоятельно без опоры сохранять равновесие при стоянии не менее 2 минут, в том числе с закрытыми глазами; отсутствие грубых двигательных и когнитивных расстройств, а также патологии костно-суставной системы, препятствующей проведению исследования и некорректируемых нарушений зрения. В данных условиях исключается влияние зрительного анализатора и повышаются требования к эффективности функционирования проприоцептивного анализатора по поддержанию вертикального положения [54].

При выборе диагностических стабилометрических критериев преследовали цель определить особенности организации вертикальной позы у пациентов с ДПН при изменении ряда сенсорно значимых условий окружения – проприоцептивного рецепторного аппарата и зрительного анализатора. Индекс энергозатрат (A , Дж²) демонстрирует объём механической работы испытуемого при перемещении центра давления на плоскости платформы. Степень изменения индекса

энергозатрат в процессе лечения определяет эффективность поддержания вертикальной позы. Для количественной оценки устойчивости в положении стоя при изменении условий афферентации были выбраны - индекс энергозатрат пациента на поддержание состояния равновесия — (А, Дж²) и расчетные коэффициенты, показывающие соотношение индекса энергозатрат в разных фазах проводимого исследования – К1 ((соотношение индекса энергозатрат с закрытыми (А2) и открытыми глазами (А1) в положении стоя на стабильной платформе)), К2 ((соотношение индекса энергозатрат с закрытыми глазами в положении стоя на балансировочной подушке, расположенной на стабильной платформе (А3) и открытыми глазами в положении стоя на стабильной платформе без подушки (А1)) [54]. Фаза исследования с закрытыми глазами позволяла исследовать влияние зрительного анализатора на постуральные реакции.

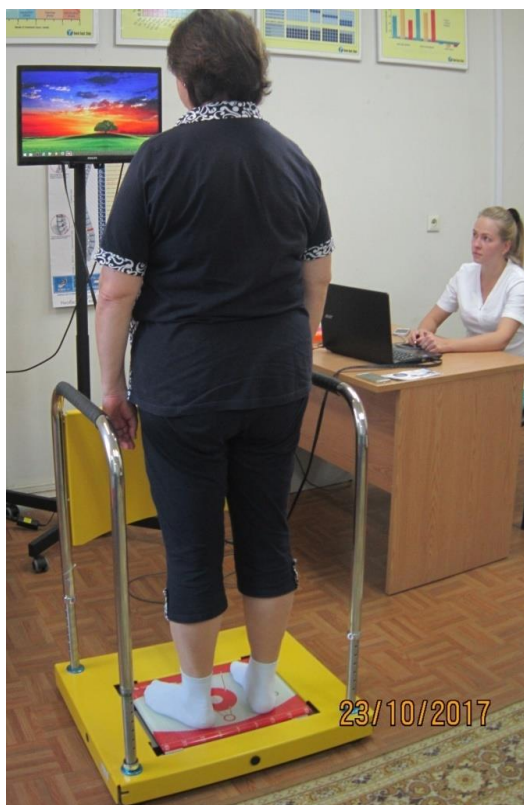


Рисунок 3 - Методика проведения стабилметрического тестирования

Одним из этапов этого исследования пациенты выполняли тест, при

котором под стопами пациентов в положении стоя с закрытыми глазами находилась балансировочная подушка. Таким образом выполнялось условие ограничения естественных сенсорных входов, в виде снижения аферентации от механорецепторов стоп. После установки стоп на платформу по «европейскому» варианту, исследуемый принимал вертикальное положение. Тестирование проводилась в 3 фазы: в фазу открытых глаз (ОГ), в фазу закрытых глаз (ЗГ) и в положении стоя с ЗГ на неустойчивом мягком основании (балансирующая подушка). Каждая фаза исследования проводилась в течение 40 сек. Для получения нормативных показателей, мы провели исследования на группе здоровых добровольцев (19 практически здоровых лиц (средний возраст – $49,0 \pm 10,4$ лет). Статические двигательные-когнитивные тесты с биологической обратной связью по опорной реакции проводили в первый день и после завершения курса лечения (после 10 процедур) [54].

Электронейромиографическое исследование

Для объективного подтверждения ДПН пациентам выполнена стимуляционная электронейромиография (ЭНМГ) на электронейромиографическом комплексе "Нейромиограф-01-МБН" (рег. удостов. № 29/03010396/5226-03 от 25.04.2003) по стандартной методике. Определяли амплитуду моторного ответа (М-ответ), скорость распространения возбуждения (СРВ) по моторному нерву и резидуальную латентность (РЛ) при стимуляции малоберцового и большеберцового нервов, амплитуду сенсорного ответа (S-ответ) и СРВ икроножного нерва. СРВ по сенсорным волокнам икроножного нерва исследовали способом ортодромного распространения возбуждения по нерву (по естественному ходу – от периферии к центру).

2.2.5 Лабораторные исследования

Лабораторные исследования крови и мочи пациентам основных групп и контрольной группы выполнялись перед началом лечения, после окончания курса

и через полгода. Для оценки уровня компенсации СД2 исследовали двукратногликированный гемоглобин (HbA1c, %) - до курса лечения и через 6 месяцев. Биохимический анализ крови с целью контроля состояния липидного обмена проводили исследованием общего холестерина (ХС), липопротеидов высокой (ЛПВП) и низкой и очень низкой плотности (ЛПНП и ЛПОНП), триглицеридов (ТГ) колориметрическим тестом.

2.3 Методы лечения

Пациенты всех изучаемых групп получали общепринятую базисную медикаментозную терапию в соответствии с «Алгоритмами специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом», включающую зарегистрированные в Российской Федерации сахароснижающие, антиагрегантные, гиполипидемические лекарственные препараты, диету и ЛФК в форме лечебной гимнастики, тренировочной ходьбы на тредмиле и тренировок с БОС по опорной реакции на стабилметрической платформе [5]. Лечебная гимнастика включала упражнения для конечностей и туловища в динамическом и статическом режимах, статические и динамические дыхательные упражнения, специальные упражнения для ног и на расслабление мышц. Процедуры ЛФК проводили ежедневно по 2 занятия с перерывом в 3 часа.

При проведении процедур тренировочной ходьбы устанавливали такой угол наклона полотна тредмила, который вызывал появление перемежающейся хромоты через 3-5 мин ходьбы. Затем пациенты отдыхали до полного устранения болевого синдрома и возобновляли ходьбу до повторного возникновения умеренной боли в ногах. Количество тренировочных подходов составляло от 3 до 5 при общей продолжительности тренировочной ходьбы 15-20 мин.

Всем пациентам после ЛГ проводили тренинги с применением БОС по опорной реакции. Для этого применялась силовая платформа ST-150 («Мера-ТСП», Россия), с штатным программным обеспечением STPL – коды GMDN: 43114 Balance/mobility management system platform, 43115 Balance/mobility

management system applications oft ware. Программа была направлена на тренировку устойчивости, улучшение сенсомоторного контроля в вертикальной стойке, а также с целью когнитивной тренировки. Пациенты выполняли 3 тренировочные задания с биологической обратной связью общей длительностью 5-7 мин. Уровень глубины биологической обратной связи подбирался по методике разработанной с участием д.б.н О.В. Кубряка, Н.Д. Бабанова [181].

Методика проведения функциональной электростимуляции нижних конечностей

Пациентам основных групп после лечебной гимнастики проводили функциональную электростимуляцию (ФЭС) нижних конечностей с помощью аппарата RT-300 («Restorative Therapies Inc», США, регистрационное удостоверение № РЗН 2013/872 от 12.07.2013). Аппарат RT-300 представляет собой велотренажер с электроприводом для проведения тренировки в активном, пассивном и ассистивном (помогающем) режимах педалирования [54] (Рисунок 4). Циклическая работа на тренажере синхронизирована с интегрированным в устройство модулем программируемой 12-канальной электростимуляции мышц нижних конечностей. Импульс электростимуляции по времени соответствует фазам физиологического паттерна сокращения и расслабления мышц при циклической работе на велотренажёре. Электроды для электростимуляции размещали на передней и задней поверхностях голени. Применяли импульсный биполярный ток прямоугольной формы частотой 10-30 Гц в 1-й основной группе и 80-100 Гц во 2-й основной группе. Длительность импульсов в процессе проведения курса терапии снижали с 250 до 150 мкс. Продолжительность процедур ФЭС возрастала с 10 мин в начале курса лечения, до 20 минут к его окончанию. Курс ФЭС состоял из 10 процедур [54].

На метод ФЭС нижних конечностей у пациентов с ДАНК получен патент [182].



Рисунок 4 - Методика проведения ФЭС нижних конечностей

2.4 Статистическая обработка результатов исследования

Данные исследования вносились в базу данных в среде Microsoft Excel 2016 до курса лечения, после его окончания и через полгода. Проверка выборки на подчинение нормальному закону распределения проводили по критерию Шапиро–Уилка, Колмогорова-Смирнова. Выборки не имели нормального распределения, поэтому анализ различий двух связанных выборок проводили при помощи критерия Вилкоксона. Оценку различий показателей между 3 группами проводили критерием Краскела-Уоллиса. Для анализа двух независимых выборок использовался критерий Манна-Уитни с поправкой Бонферрони на множественность сравнений (3 группы) [5]. Качественные показатели сравнивали методом χ^2 . Фридмана. Статистическая обработка данных проводилась с использованием прикладной программы Statistica 10.0 (StatSoft, США) [54].

2.5 Оценка результатов лечения

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 лазерной доплеровской флоуметрии, 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, 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 [182], 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».

ГЛАВА 3. КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПАЦИЕНТОВ С ДИАБЕТИЧЕСКИМИ АНГИОПАТИЯМИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

3.1 Клиническая характеристика пациентов с диабетическими ангиопатиями нижних конечностей

Для решения поставленных задач было проведено исследование включающее обследование и лечение 135 пациентов (93 мужчины и 42 женщины) с сахарным диабетом 2 типа, осложненным ангиопатией нижних конечностей (Рисунок 5). Методом простой рандомизации все пациенты были разделены на 3 группы – две основные и одну контрольную [5].

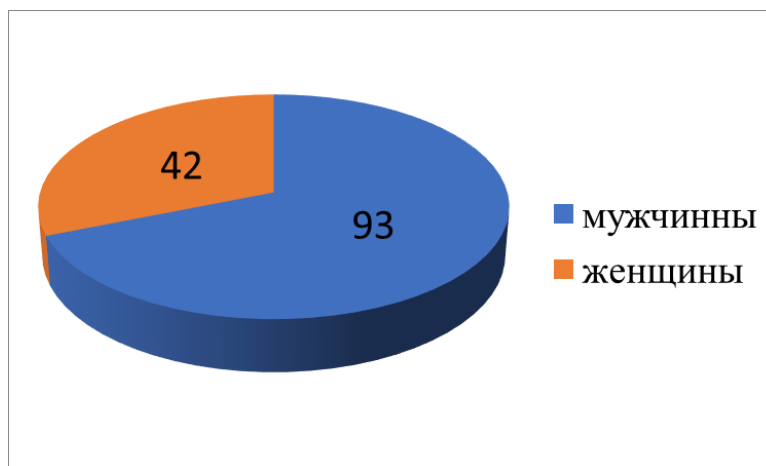


Рисунок 5 – Гендерное распределение пациентов, чел

Возраст больных составлял от 40 до 75 лет 62,5 [56,0; 66,0]. Средняя длительности течения СД2 была Me [Q25; Q75] 8,0 [4,0; 11,0] лет, у 83 больных длительность заболевания не превышала 10 лет, у 52 пациентов была более 10 лет. Уровень HbA1C, отражающий степень нарушения углеводного обмена, составил 8,20 [7,60; 9,00]% [54] (Таблица 4).

По степени выраженности ишемического синдрома нижних конечностей хроническая ишемия нижних конечностей I степени была подтверждена у 90 пациентов, II А степени – у 35 пациентов, II Б степени – у 10 пациентов (Таблица 5).

Таблица 4 - Клиническая характеристика пациентов с диабетической ангиопатией нижних конечностей

Показатель	Группы пациентов Me [IQR]				U-критерий Манна-Уитни (p)		
	Все пациенты (n=135)	1 основная группа (1) (n=45)	2 основная группа (2) (n=45)	Контрольная группа (3) (n=45)	1-2	1-3	2-3
Возраст, лет	62,5 [56,0; 66,0]	60,0 [54,0;66,0]	62,0 [59,0; 68,0]	61,0 [55,0; 66,0]	0,248	0,881	0,203
Длительность заболевания, лет	8,0 [4,0; 11,0]	8,0 [3,0; 12,0]	10,0 [5,0; 11,0]	6,0 [4,0; 10,0]	0,620	0,524	0,198
НьА1С, %	8,20 [7,60; 9,00]	8,10 [7,60; 8,80]	8,10 [7,70; 9,10]	8,30 [7,60; 9,00]	0,613	0,796	0,859

Таблица 5 - Распределение пациентов по степени артериальной недостаточности на основании классификации Покровского А.В.

Стадия артериальной недостаточности	Группы пациентов							
	Все пациенты (n=135)		1 основная группа (n=45)		2 основная группа (n=45)		Контрольная группа (n=45)	
	Абс	%	Абс	%	Абс	%	Абс	%
I	90	66,7	29	64,4	30	66,7	31	68,9
II А	35	25,9	12	26,7	11	24,4	12	26,7
II Б	10	7,4	4	8,9	4	8,9	2	4,4

Преимущество в количестве пациентов с I степенью ишемии нижних конечностей связано с тем, что с увеличением степени ишемии возрастает тяжесть трофических расстройств нижних конечностей и осложнений других систем и органов.

Таким образом, пациенты исследуемых групп статистически не отличались по возрасту, полу, длительности заболевания и степени тяжести функциональных нарушений в ходьбе.

СД2 характеризуется в популяции высокой степенью коморбидности. В нашем исследовании принимали участие пациенты с высокой частотой сопутствующих заболеваний. Большинство заболеваний, отнесенных к группе

сопутствующей патологии, имели общий патоморфологический субстрат – диабетическое поражение макро- микрососудистого русла. Ретинопатия отмечена у 88 пациентов (65,2% от общего количества), ИБС у 76 пациентов (56,3%), гипертоническая болезнь диагностирована у 102 пациентов (75,5%), нефропатия у 29 пациентов (21,5%), диабетическая полинейропатия (ДПН) у 105 (77,8%), избыточную массу тела имело большинство пациентов во всех группах, ожирение разной степени определили у 82 пациентов (60,7%) (Рисунок 6). По уровню коморбидности группы были сопоставимы для исследования (Таблица 6).

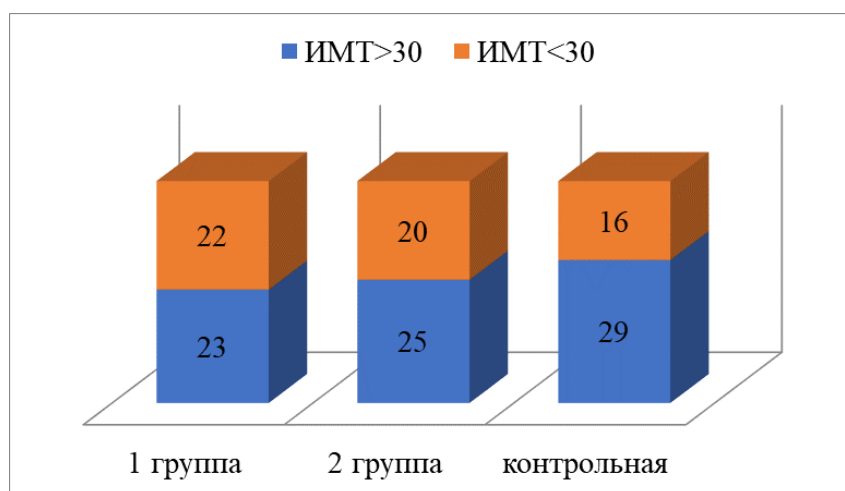


Рисунок 6 - Распределение пациентов по индексу массы тела в группах, чел

Изучение жалоб пациентов показало, что перед началом курса лечения на боли разной степени интенсивности в области нижних конечностей при ходьбе жаловались большинство пациентов (80,7%).

Таблица 6 - Структура сопутствующей патологии у пациентов с ДАНК

Заболевания	Группы пациентов							
	Все пациенты (n=135)		1 основная группа (n=45)		2 основная группа (n=45)		Контрольная группа (n=45)	
	Абс	%	Абс	%	Абс	%	Абс	%
Ретинопатия	88	65,2	30	66,7	31	68,9	27	60
ИБС	76	56,3	25	55,5	27	60,0	24	53,3
ГБ	102	75,5	35	77,8	32	71,1	35	77,8
Нефропатия	29	21,5	9	20,0	11	24,4	9	20,0
ДПН	105	77,8	37	82,2	33	73,3	35	77,8
Ожирение (ИМТ>30)	82	60,7	24	53,3	27	60,0	31	68,9

Локализация болей носила в основном дистальный характер (область голеней и стоп, редко - бедер), купирование их происходило в покое, что требовало остановки при ходьбе (Таблица 7) [5]. Данный симптом наиболее характерен для больных с заболеваниями периферических артерий нижних конечностей. Некоторые пациенты предъявляли жалобы на боли в нижних конечностях, не связанные с физической нагрузкой, часто возникающие ночью. Для купирования болевого синдрома требовалось опустить ноги вниз, при их горизонтальном положении или дать небольшую физическую нагрузку. Такой характер жалоб обозначался как нейропатический и определялся у 34,8% пациентов.

Таблица 7 - Частота выявления и характер жалоб пациентов до начала лечения

Жалобы	Группы пациентов							
	Все пациенты (n=135)		1 основная группа (n=45)		2 основная группа (n=45)		Контрольная группа (n=45)	
	Абс	%	Абс	%	Абс	%	Абс	%
Боль в нижних конечностях при ходьбе	109	80,7	37	82,2	39	86,7	33	73,3
Боли, возникающие ночью	47	34,8	18	40,0	16	35,5	13	28,9
Слабость в нижних конечностях	86	63,7	31	68,9	28	62,2	27	60,0
Чувство онемения нижних конечностей	100	74,1	34	75,5	32	71,1	34	75,5
Ощущения зябкости стоп	93	68,9	31	68,9	33	73,3	29	64,4
Покалывание в нижних конечностях	103	77,0	35	77,8	33	73,3	35	77,8
Зуд в нижних конечностях	79	58,5	25	55,5	23	51,1	31	68,9
Жжение в н/к	55	40,7	18	40,0	22	48,9	15	33,3
Изменение состояния кожи	61	45,2	23	51,1	22	48,9	16	35,5
Неустойчивость	41	30,4	12	26,7	15	33,3	14	31,1

Часто пациенты жаловались на слабость и быструю утомляемость нижних конечностей при ходьбе (63,7%), на чувство онемения нижних конечностей (74,1%), ощущение зябкости стоп (68,9%), покалывание в нижних конечностях (77,0%), зуд кожных покровов нижних конечностей (58,5% пациентов) [5]. Многих пациентов (45,2%) беспокоило состояние кожных покровов нижних конечностей - они отмечали изменение окраски кожных покровов различного характера, пигментацию, сухость и отечность. Некоторые пациенты (30,4%) сообщали о чувстве неустойчивости и неуверенности, вследствие этого, походки. По данным об основных жалобах пациентов до начала лечения группы были сопоставимы для исследования.

Представлялось важным провести сравнительную оценку выраженности болевого синдрома по широко используемой в клинической практике визуально-аналоговой шкале (ВАШ). Использование ВАШ боли позволило установить, что до начала реабилитации у пациентов с диабетической ангиопатией нижних конечностей выраженность болевого синдрома в среднем составила 4,0 [3,0; 5,0] баллов. При этом различий данного показателя между изучаемыми группами выявлено не было (Таблица 8).

Таблица 8 - Выраженность болевого синдрома по визуально–аналоговой шкале (ВАШ) боли до лечения, балл

Группы пациентов Me [IQR]				U-критерий Манна-Уитни (p)		
Все пациенты (n=135)	1 основная группа (1) (n=45)	2 основная группа (2) (n=45)	Контрольная группа (3) (n=45)	1-2	1-3	2-3
4,0 [3,0; 5,0]	4,0 [3,0; 5,0]	4,0 [3,0; 5,0]	4,0 [2,0; 5,0]	0,532	0,761	0,980
3,84 (1,68)	3,78 (2,03)	3,87 (1,36)	3,87 (1,60)			

В процессе обследования выяснилось, что у большинства пациентов (n=105) с установленным диагнозом диабетическая ангиопатия нижних конечностей (ДАНК), сопутствующим заболеванием является диабетическая дистальная симметричная полинейропатия (ДПН). Симптомы этого заболевания часто

определяют степень функциональных ограничений пациентов с СД2. Дополнительным блоком было проведено обследование пациентов с установленным диагнозом ДПН. Всего пациентов с установленным диагнозом ДПН было 105 человек. В 1-й основной группе пациентов с ДПН было 37 человек, во 2-й основной – 33, в 3-й контрольной – 35 пациентов.

Оценка жалоб, связанных с нейропатией, проводимая по шкале НСС, показала отсутствие статистической разницы ($p > 0,017$, критерий Манна - Уитни) между исследуемыми группами (Таблица 9) до начала курса лечения. Среднее значение (Me [IQR]) общего балла по шкале НСС в 1 основной группе составило 6,0 [4,0; 9,0], во 2 основной группе 6,0 [4,0; 10,0], в 3 контрольной группе - 6,0 [4,0; 9,0].

Таблица 9 - Показатели НСС до лечения

Показатель	Группы пациентов Me [IQR]				U-критерий Манна-Уитни (p)		
	Все пациенты (n=105)	1 основная группа (1) (n=37)	2 основная группа (2) (n=33)	Контрольная группа (3) (n=35)	1-2	1-3	2-3
Покалывание	1,0 [1,0; 2,0]	1,0 [1,0; 2,0]	2,0 [1,0; 2,0]	1,0 [1,0; 2,0]	0,778	0,430	0,212
Жжение	1,0 [0,0; 2,0]	0,0 [0,0; 2,0]	1,0 [0,0; 2,0]	0,0 [0,0; 2,0]	0,469	0,662	0,221
Онемение	1,0 [1,0; 1,0]	1,0 [1,0; 2,0]	1,0 [1,0; 1,0]	1,0 [1,0; 1,0]	0,284	0,814	0,339
Боль	0,0 [0,0; 1,0]	0,0 [0,0; 2,0]	0,0 [0,0; 1,0]	0,0 [0,0; 1,0]	0,643	0,393	0,639
Судороги	1,0 [1,0; 2,0]	1,0 [1,0; 1,0]	1,0 [1,0; 2,0]	1,0 [1,0; 2,0]	0,025	0,103	0,453
Гиперестезия	1,0 [1,0; 1,0]	1,0 [1,0; 2,0]	1,0 [1,0; 1,0]	1,0 [1,0; 1,0]	0,222	0,021	0,486
Общий балл	6,0 [4,0; 9,0]	6,0 [4,0; 9,0]	6,0 [4,0; 10,0]	6,0 [4,0; 9,0]	0,915	0,524	0,438

С целью уточнения количественных характеристик жалоб у пациентов с ДПН проведена их оценка по шкале TSS (Таблица 10). Среднее значение (Me [IQR]) общего балла по шкале TSS в 1 основной группе составило 5,3 [4; 8,3] баллов, во 2 основной группе - 5,0 [4,0; 8,3], в 3 контрольной - 4,6 [3,3; 9,0]. Наибольшая клиническая значимость при оценке симптоматики по шкале TSS была выявлена по показателю «парестезии», средняя величина оценки интенсивности этого симптома по всем группам составила 2,3 [1,7; 2,7] балла. На

втором месте среди всех пациентов с ДПН по средней величине интенсивности симптома показатель «онемение» (2,0 [1,7; 2,3] балла). Симптом «жжение» с уровнем интенсивности выше 2 баллов (как клинически значимая величина) определили у 34 пациентов (0,0 [0,0; 2,3]). Боль по шкале TSS была выявлена у 36 пациентов всех исследуемых групп (0,0 [0,0; 2,3]). По всем исходным показателям шкалы TSS статистическая разница между группами отсутствовала ($p > 0,05$, критерий Манна - Уитни).

Таблица 10 - Показатели TSS до лечения

Показатель	Группы пациентов Me [IQR]				U-критерий Манна-Уитни (p)		
	Все пациенты (n=105)	1 основная группа (1) (n=37)	2 основная группа (2) (n=33)	Контрольная группа (3) (n=35)	1-2	1-3	2-3
Жжение	0,0 [0,0; 2,3]	0,0 [0,0; 2,3]	1,0 [0,0; 1,7]	0,0 [0,0; 2,3]	0,897	0,522	0,598
Боль	0,0 [0,0; 2,3]	0,0 [0,0; 2,0]	0,0 [0,0; 2,3]	0,0 [0,0; 2,2]	0,751	0,503	0,692
Парестезии	2,3 [1,7; 2,7]	2,3 [1,7; 2,7]	2,0 [2,0; 2,3]	2,0 [1,3; 2,3]	0,242	0,478	0,990
Онемение	2,0 [1,7; 2,3]	2,3 [1,7; 2,3]	2,0 [1,3; 2,3]	2,0 [1,8; 2,3]	0,909	0,903	0,909
Общий балл	5,3 [3,7; 8,3]	5,3 [4,3; 8,3]	5,0 [4,0; 8,3]	4,6 [3,3; 9,0]	0,641	0,697	0,754

Показатели объективного обследования пациентов по шкале НДС демонстрируют (Таблица 11) умеренно выраженный (общий балл 8,0 [6,0; 12,0]) сенсомоторный характер поражения периферической нервной системы пациентов исследуемых групп. Нарушения видов чувствительности и рефлекторной сферы выявлялись с разной частотой [54].

Снижение вибрационной чувствительности определили у 90 (85,7%) пациентов, средний уровень распространенности патологического процесса можно обозначить – до середины стопы – лодыжек, средний балл 2,5 [2,0; 3,0]; снижение температурной чувствительности выявлено в меньшей степени – у 54 (51,4%) пациентов и по локализации соответствует поражению периферических сенсорных нервов до пальцев стоп, Me [IQR] 0,0 [0,0; 2,0]; тактильная и болевая чувствительность пострадали также до уровня пальцев стоп и их средний уровень

по шкале НДС - 1,5 [0,0; 2,0] и 0,0 [0,0; 2,0] баллов соответственно, болевая чувствительность нарушена у 47 (44,8%), снижение тактильной чувствительности отметили у 66 пациентов (62,8%).

Таблица 11 - Показатели НДС до лечения

Виды нарушенной чувствительности	Группы пациентов Ме [IQR]				U-критерий Манна-Уитни (p)		
	Все пациенты (n=105)	1 основная группа (1) (n=37)	2 основная группа (2) (n=33)	Контрольная группа (3) (n=35)	1-2	1-3	2-3
Вибрационная	2,5 [2,0; 3,0]	2,5 [2,0; 3,0]	2,5 [1,5; 3,0]	2,0 [1,5; 3,0]	0,648	0,416	0,834
Температурная	0,0 [0,0; 2,0]	0,0 [0,0; 2,0]	1,0 [0,0; 2,0]	0,0 [0,0; 2,0]	0,220	0,529	0,575
Тактильная	1,5 [0,0; 2,0]	2,0 [0,0; 2,0]	1,5 [0,0; 2,5]	1,5 [0,0; 2,0]	0,734	0,690	0,477
Болевая	0,0 [0,0; 2,0]	0,0 [0,0; 2,0]	1,0 [0,0; 2,0]	0,0 [0,0; 2,0]	0,425	0,674	0,210
Рефлекторная	4,0 [3,0; 4,5]	4,0 [3,0; 5,0]	4,0 [3,0; 4,0]	4,0 [3,5; 4,5]	0,864	0,466	0,419
Общий балл	8,0 [6,0; 12,0]	8,0 [6,0; 12,0]	9,0 [5,0; 12,5]	9,0 [6,0; 11,0]	0,813	0,923	0,829

У 89,5% пациентов (94 человека) выявлялось снижение сухожильных рефлексов (ахиллова и коленного), а степень выраженности поражения была на уровне начальных проявлений и составила в среднем 4,0 [3,0; 4,5] балл. По всем исходным показателям шкалы НДС статистическая разница между группами отсутствовала ($p > 0,05$, критерий Манна - Уитни).

Таким образом, функциональные нарушения периферической нервной системы грубого характера (более 14 баллов) по шкале НДС определено у 23 человек (21,9 %), сенсомоторный дефицит средней степени тяжести (5 – 13 баллов) – у 73 пациента (69,5%), легкой (менее 5 баллов) - 9 (8,6%). Сочетанное поражение (тонких и толстых нервных волокон) в 63,8% (67 пациента), у 38 (36,2%) пациентов было выявлено изолированное поражение тонких волокон [54] (Таблица 12).

По количеству пациентов с поражением определенного типа волокон и степени тяжести патологического процесса периферической нервной системы все группы исследования были сопоставимы.

Таблица 12 - Характеристика пациентов по неврологическому статусу

	1 группа (n=37)		2 группа (n=33)		Контрольная группа (n=35)		Всего (n=105)	
	чел	%	чел	%	чел	%	чел	%
По видам нарушенной чувствительности								
Вибрационная	32	86,5	28	84,8	30	85,7	90	85,7
Температурная	17	45,9	20	60,6	17	48,6	54	51,4
Тактильная	22	59,5	21	63,6	23	65,7	66	62,8
Болевая	16	43,2	16	48,5	15	42,8	47	44,8
Рефлекторная	34	91,9	29	87,9	31	88,6	94	89,5
По типам пораженных нервных волокон нижних конечностей								
Мелкокалиберные волокна	13	35,1	14	42,4	11	31,4	38	36,2
Комбинированное поражение	24	64,9	19	57,6	24	68,6	67	63,8
Степень тяжести ДНП (по шкале НДС)								
Легкая (0-4 б)	2	5,4	2	6,1	5	14,3	9	8,6
Умеренная (5-13 б)	27	73,0	23	69,7	23	65,7	73	69,5
Выраженная (> 14 б)	8	21,6	8	24,2	7	20,0	23	21,9

3.2 Функциональные показатели ходьбы пациентов с диабетическими ангиопатиями нижних конечностей

Перед началом курса лечения для выявления степени хронической артериальной недостаточности нижних конечностей и определения функциональных нарушений при ходьбе был выполнен тредмил-тест (Таблица 13). При проведении проб с физической нагрузкой все пациенты отмечали появление ПХ разной степени интенсивности [5].

Таблица 13 - Показатели тредмил-теста у пациентов с ДАНК до лечения

Показатель	Группы пациентов Me [IQR]				U-критерий Манна-Уитни (p)		
	Все пациенты (n=135)	1 основная группа (1) (n=45)	2 основная группа (2) (n=45)	Контрольная группа (3) (n=45)	1-2	1-3	2-3
ДБХ, м	370,0 [245,0; 400,0]	370,0 [250,0; 390,0]	340,0 [230,0; 385,0]	380,0 [270,0; 400,0]	0,518	0,137	0,041
МДХ, м	490,0 [380,0; 520,0]	490,0 [380,0; 520,0]	460,0 [365,0; 505,0]	500,0 [400,0; 520,0]	0,457	0,268	0,051

Показатели ДББХ и МДХ не имели статистических различий ($p > 0,05$, критерий Манна - Уитни) у пациентов разных групп и имели средние величины (ДББХ = 370,0 [245,0; 400,0] м, МДХ = 490,0 [380,0; 520,0] м, что демонстрирует умеренную степень функциональных нарушений ходьбы.

3.3 Показатели качества жизни и психоэмоционального состояния пациентов с диабетическими ангиопатиями нижних конечностей

Пациенты, имеющие осложнения СД2, значительное ограничение двигательных функций и выраженность клинических нарушений, предположительно, могли иметь нарушения в психоэмоциональной сфере и снижение качества жизни. Для подтверждения этой гипотезы, был проведен анализ результатов данных опросника САН, заполняемого перед началом курса лечения и анкетирование по опроснику SF-36.

Было установлено, что по всем трем изучаемым показателям теста САН во всех группах исследования отмечено снижение уровня по сравнению с соответствующими значениями у здоровых испытуемых (Таблица 14). В большей степени отметили снижение показателя «самочувствие», оценка которого составляла 3,40 [2,60; 4,10]. Статистических различий по всем 3 показателям между группами не было ($p > 0,05$, критерий Манна – Уитни).

Таблица 14 - Исходные показатели самочувствия, активности настроения пациентов по данным опросника САН до лечения

Показатель	Группы пациентов Me [IQR]				U-критерий Манна-Уитни (p)		
	Все пациенты (n=135)	1 основная группа (1) (n=45)	2 основная группа (2) (n=45)	Контрольная группа (3) (n=45)	1-2	1-3	2-3
Самочувствие	3,40 [2,60; 4,10]	3,20 [2,60; 4,20]	3,50 [2,80; 4,10]	3,30 [3,10; 4,00]	0,374	0,707	0,392
Активность	3,70 [3,00; 4,40]	3,70 [3,0; 4,40]	3,60 [2,50; 4,40]	3,90 [3,10; 4,40]	0,660	0,771	0,942
Настроение	3,80 [3,30; 4,70]	3,60 [3,10; 4,80]	3,80 [3,40; 4,60]	4,40 [3,50; 4,70]	0,487	0,161	0,254

Данные шкалы SF-36 до начала лечения показывают, что качество жизни больных с осложненным ангиопатиями течением СД2 снижено по сравнению с данными популяционных исследований [183] (Таблица 15).

Таблица 15 - Исходные показатели качества жизни пациентов с диабетическими ангиопатиями по данным опросника SF-36 до лечения

Показатель	Группы пациентов, баллы Me [IQR]				U-критерий Манна-Уитни (p)		
	Все пациенты (n=135)	1 основная (1) (n=45)	2 основная (2) (n=45)	контрольная (3) (n=45)	1-2	1-3	2-3
Физическое функционирование (PF)	55,00 [35,00; 70,00]	50,00 [40,00; 70,00]	55,00 [40,00; 65,00]	60,00 [30,00; 70,00]	0,570	0,703	0,682
Ролевое функционирование (RP)	25,00 [0,00; 50,00]	25,00 [0,00; 50,00]	25,00 [0,00; 50,00]	25,00 [0,00; 50,00]	0,932	0,865	0,816
Боль (BP)	52,00 [41,00; 74,00]	42,00 [32,00; 74,00]	62,00 [41,00; 72,00]	52,00 [41,00; 74,00]	0,608	0,091	0,328
Общее здоровье (GH)	40,00 [25,00; 50,00]	40,00 [30,00; 50,00]	35,00 [30,00; 42,00]	47,00 [25,00; 57,00]	0,104	0,434	0,044
Физический компонент здоровья	36,64 [30,59; 42,14]	36,82 [29,50; 42,14]	36,64 [32,53; 42,05]	35,91 [30,39; 43,16]	0,805	0,907	0,949
Жизнеспособность (VT)	45,00 [35,00; 55,00]	45,00 [35,00; 55,00]	40,00 [35,00; 45,00]	50,00 [35,00; 55,00]	0,234	0,415	0,018
Социальное функционирование (SF)	62,50 [50,00; 75,00]	62,50 [50,00; 75,00]	75,00 [62,50; 87,50]	62,50 [50,00; 75,00]	0,119	0,974	0,125
Эмоциональное функционирование (RE)	33,33 [0,00; 66,67]	33,33 [0,00; 66,67]	33,33 [0,00; 66,67]	33,33 [0,00; 66,67]	0,953	0,812	0,799
Психологическое здоровье (MH)	52,00 [44,00; 60,00]	48,00 [44,00; 60,00]	52,00 [48,00; 60,00]	33,33 [0,00; 66,67]	0,951	0,510	0,302
Психический компонент здоровья	41,06 [34,96; 46,51]	39,34 [34,51; 46,46]	43,75 [33,83; 46,07]	41,37 [36,22; 47,23]	0,672	0,253	0,427

Все показатели не имели статистической достоверной разницы между группами ($p > 0,05$, критерий Манна – Уитни). Показатели физического

функционирования (PF) снижены до 55,00 [35,00; 70,00] за счет ограничений в ходьбе вследствие перемежающейся хромоты, проявляющейся в повседневной жизни у большинства пациентов. Это находит отражение и в низкой величине параметра «боль» (BP) 52,00 [41,00; 74,00]. Высокую степень снижения отметили у пациентов с ДАНК по сравнению с данными здоровых людей в популяционных исследованиях по показателю эмоциональное функционирование (RE) 33,33 [0,00; 66,67].

Вследствие ухудшения физического и эмоционального состояния (RE), параметры ролевого функционирования (RP) также снижены (25,00 [0,00; 50,00]).

Показатель общего состояния здоровья (GH) для пациентов с СД2, характеризующихся высоким уровнем коморбидности, существенно снижен (40,00 [25,00; 50,00]). Низкие показатели психического компонента здоровья (MH) 52,00 [44,00; 60,00]) могут свидетельствовать о наличии депрессии и тревожных переживаний и, в целом, психическом неблагополучии человека (41,06 [34,96; 46,51]).

По приведенным данным можно говорить о снижении физического и психического компонентов здоровья у пациентов с СД2 и диабетическими ангиопатиями, что значительно ограничивает их повседневную деятельность и снижает качество их жизни.

3.4 Показатели лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) и лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ) у пациентов с диабетическими ангиопатиями

Степень снижения кровотока в артериальной системе нижних конечностей изучали с помощью лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ). В исследовании принимали участие пациенты с подтвержденным диагнозом ЗПА и показателем ЛПИ > 0,90 при измерении в покое. В нашем исследовании принимали участие пациенты с невысоким уровнем ишемии нижних конечностей, что нашло

отражении и в характеристике групп по уровню ЛПИ: большинство пациентов было с показателем ЛПИ 0,8 – 0,9 (75 пациентов, 55,6%); с уровнем ЛПИ 0,7 – 0,8 - 20 пациентов (14,8%); ЛПИ 0,7 и ниже – 40 пациентов (29,6%). Средний уровень ЛПИ по всем группам 0,80 [0,68; 0,84], достоверных статистических различий до лечения между группами не было ($p > 0,017$, критерий Манна – Уитни) (Таблица 16).

Таблица 16 - Показатели лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) у пациентов с ДАНК до лечения

Группы пациентов Me [IQR]				U-критерий Манна-Уитни (p)		
Все пациенты (n=135)	1 основная группа (1) (n=45)	2 основная группа (2) (n=45)	Контрольная группа (3) (n=45)	1-2	1-3	2-3
0,80 [0,68; 0,84]	0,80 [0,68; 0,84]	0,78 [0,66; 0,84]	0,81 [0,68; 0,82]	0,897	0,874	1,000

С целью изучения особенностей локальной гемодинамики и микроциркуляции у пациентов с диабетическими ангиопатиями нами был применен метод лазерной доплеровской флоуметрии (ЛДФ). Исследование было выполнено всем пациентам до начала лечения. В целях определения нормативных значений показателей микроциркуляции в кожных покровах нижних конечностей было проведено обследование 19 здоровых добровольцев.

Анализ результатов ЛДФ у пациентов с диабетической ангиопатией выявил достоверное снижение по сравнению со здоровыми испытуемыми уровня нутритивного кровотока (Мнутр) (Таблица 17) [5].

Данный показатель тесно связан со значением показателя шунтирования (ПШ), по которому можно судить об уровне шунтового кровотока в обход нутритивного русла; показатель ПШ в группе здоровых был существенно ниже. В свою очередь, уровень артериоло-веноулярного шунтирования крови определяется характеристиками амплитудно-частотного спектра вазомоторных колебаний, а именно соотношением нейрогенных и миогенных колебаний. Достоверное увеличение амплитуды колебаний кровотока в нейрогенном диапазоне по

сравнению со здоровыми людьми, на фоне высокой тонусной миогенной активности сосудов (Ам) свидетельствует о снижении сопротивления артериол и спастико-атонических изменениях микрокровотока. Паралитическая гиперемия, возникающая вследствие дилатации артериол, может быть связана с десимпатизацией артериальной стенки и ограничением констрикторного контроля сосудистого тонуса [Васильев А.П. и соавт., 2017].

Таблица 17 - Сравнение показателей ЛДФ исследования групп пациентов с ДАНК и здоровых испытуемых

Показатель	Группы пациентов, баллы Me [IQR]		U-критерий Манна-Уитни (p)
	Все пациенты (n=135)	Здоровые	
Мнутр	3,24 [2,61; 3,71]	12,62 [7,23; 22,80]	>0,001
σ	0,95 [0,84; 1,04]	1,70 [1,20; 2,20]	>0,001
Kv	14,47 [13,19; 16,06]	15,38 [11,31; 21,52]	0,216
Ан	0,53 [0,47; 0,60]	0,46 [0,32; 0,64]	0,038
Ам	0,26 [0,22; 0,29]	0,52 [0,35; 0,75]	>0,001
Ад	0,20 [0,17; 0,23]	0,24 [0,19; 0,29]	0,009
Ас	0,15 [0,14; 0,18]	0,22 [0,18; 0,32]	>0,001
Ам/ σ	0,27 [0,23; 0,31]	0,29 [0,19; 0,42]	0,739
Δ ПМхол	71,00 [61,00; 78,00]	91,00 [71,00; 107,00]	>0,001
Δ ПМт	93,00 [81,00; 102,00]	108,00 [94,00; 162,00]	0,001
ТРМ, %	163,00 [141,00; 178,00]	200,00 [167,00; 266,00]	>0,001
ППШ	2,00 [1,18; 2,31]	1,04 [0,50; 1,37]	>0,001
ИЭМ	0,74 [0,57; 0,89]	1,04 [0,50; 1,43]	0,018

Величина изменения регуляции баланса микроциркуляции в сторону пассивных компонентов вазомоций, отмечается по индексу эффективности микроциркуляции (ИЭМ). Данный показатель у здоровых испытуемых был достоверно выше. СКО (σ) демонстрировал более низкую модуляцию кровотока у пациентов с ангиопатиями во всех частотных диапазонах.

Проведение функционального комбинированного исследования в виде последовательного сочетания локальной холодовой пробы и локальной термопробы позволило выявить снижение функциональных резервов капиллярного кровотока у пациентов с диабетической ангиопатией. Показатели реактивной гиперемии были снижены в двух этапах теста. Проведение пробы

позволило выявить снижение адаптационных резервов капиллярного кровотока у пациентов с диабетической ангиопатией и можно предположить о снижении плотности и выраженной степени рарефикации микрососудистого русла у исследуемых пациентов.

Статистически значимых различий значений показателей микроциркуляции между основными и контрольной группами до начала лечения выявлено не было (Таблица 18).

Таблица 18 – Показатели лазерной доплеровской флоуметрии в области плантарной поверхности I пальца нижней конечности у пациентов основных и контрольной групп до лечения

Показатель	Группы пациентов, баллы Me [IQR]				U-критерий Манна-Уитни (p)		
	Все пациенты (n=135)	1 основная (n=45)	2 основная (n=45)	контрольная (3) (n=45)	1-2	1-3	2-3
Мнутр	3,24 [2,61; 3,71]	3,15 [2,59; 3,64]	3,40 [2,19;3,72]	3,23 [2,87; 3,76]	0,781	0,738	0,793
σ	0,95 [0,84; 1,04]	0,95[0,85; 1,03]	0,97[0,89; 1,06]	0,93[0,78; 0,99]	0,566	0,267	0,112
Kv	14,47 [13,19;16,06]	14,17 [12,90;16,61]	14,93 [13,92;16,06]	14,09 [13,14;15,43]	0,360	0,303	0,028
Am	0,26 [0,22; 0,29]	0,24 [0,21; 0,28]	0,25 [0,22; 0,31]	0,28 [0,22; 0,29]	0,357	0,231	0,971
Ad	0,20 [0,17; 0,23]	0,21 [0,18; 0,25]	0,19 [0,17; 0,21]	0,20 [0,17; 0,23]	0,065	0,380	0,247
Ac	0,15 [0,14; 0,18]	0,16 [0,14; 0,19]	0,15 [0,14; 0,17]	0,15[0,14; 0,18]	0,089	0,226	0,792
Am/σ	0,27 [0,23; 0,31]	0,26 [0,23; 0,31]	0,27 [0,23; 0,31]	0,30 [0,24; 0,32]	0,586	0,115	0,355
ΔПМх	71,00 [61,00; 78,00]	71,60 [67,00; 78,00]	69,00 [58,00; 72,00]	68,00 [59,00; 78,00]	0,069	0,253	0,577
ΔПМт	93,00 [81,00; 102,00]	96,00 [85,00; 102,00]	93,00 [80,00; 104,00]	91,00 [79,00; 101,00]	0,689	0,068	0,305
TRM, %	163,00 [141,00; 178,00]	167,00 [155,00; 176,00]	163,00 [140,00; 180,00]	161,00 [139,00;176,00]	0,277	0,106	0,660
ПШ	2,00 [1,18; 2,31]	1,96 [1,90; 2,31]	1,94 [1,80; 2,47]	2,05 [1,85; 2,24]	0,377	0,920	0,564
ИЭМ	0,74 [0,57; 0,89]	0,66 [0,55; 0,82]	0,78 [0,64; 0,91]	0,75 [0,58; 0,85]	0,023	0,103	0,781

3.5. Показатели стабилметрического и электронейромиографического (ЭНМГ) исследования пациентов с диабетическими ангиопатиями

Для определения особенностей сенсорной организации вертикальной позы было выполнено стабилметрическое исследование.

Сравнение энергозатрат на поддержание или изменение заданной позы до выполнения курса лечения продемонстрировало во всех исследуемых группах в сравнении с показателями группы здоровых добровольцев отсутствие различий по показателям А1 и расчетного коэффициента К1, но достоверное увеличение показателей А2, А3 и расчетного коэффициента К2 (Таблица 19).

Полученные результаты можно расценивать как форму компенсации сниженного постурального контроля у пациентов с легкой и умеренной степенью сенситивной атаксии.

Таблица 19 - Показатели стабилметрического исследования пациентов с диабетическими ангиопатиями осложненными ДПН и группы здоровых добровольцев

Показатель	Группы пациентов Me [IQR]		U-критерий Манна-Уитни (p)
	Все пациенты (n=105)	Здоровые (n=19)	
А1, Дж	1,73 [1,15; 2,44]	1,87 [0,93; 2,50]	0,760
А2, Дж	4,69 [3,01; 5,95]	2,80 [2,22; 5,10]	0,021*
А3, Дж	16,93 [11,80; 24,78]	5,28 [3,86; 8,71]	0,005*
К1	255,61 [220,44; 291,89]	215,38 [124,49; 292,80]	0,060
К2	1014,15 [703,57; 1230,00]	333,33 [231,72; 414,01]	0,001*

* - различие с соответствующими показателями в других группах, $p < 0,05$

Провокация вертикальной устойчивости при помощи закрытия глаз и установки испытуемого на неустойчивое основание позволяло выявить некоторое снижение способности сохранять баланс у пациентов с ДПН в усложненных условиях по сравнению со здоровыми испытуемыми. Особенно разница в результатах была значима ($p=0,001$) расчетного коэффициента К2, отражающего влияние афферентного звена на поддержание вертикальной стойки. Результатами

данного наблюдения можно объяснить нахождение пациентов этой категории в группе риска на получение травм и может объясняться вовлечением в патологический процесс проприоцептивной системы.

Сравнение групп исследования не показало статистических отличий между ними по стабилметрическим параметрам (Таблица 20).

Таблица 20 - Показатели стабилметрического исследования пациентов с ДАНК до лечения

Показатель	Группы пациентов Me [IQR]				U-критерий Манна-Уитни (p)		
	Все пациенты (n=105)	1 основная группа (1) (n=37)	2 основная группа (2) (n=33)	Контрольная группа (3) (n=35)	1-2	1-3	2-3
А1, Дж	1,73 [1,15; 2,44]	1,73 [1,09; 2,21]	1,96 [1,37; 2,53]	1,67 [1,13; 2,44]	0,706	0,892	0,745
А2, Дж	4,69 [3,01; 5,95]	4,74 [3,23; 5,65]	5,15 [3,01; 7,01]	4,38 [2,95; 5,95]	0,625	0,844	0,820
А3, Дж	16,93 [11,80; 24,78]	16,83 [11,73; 20,91]	19,97 [11,30; 26,95]	15,39 [11,80; 2,55]	0,256	0,608	0,436
К1	255,61 [220,44; 291,89]	250,46 [228,93; 290,58]	273,21 [220,44; 302,17]	255,57 [220,00; 294,63]	0,659	0,844	0,830
К2	1014,15 [703,57; 1230,00]	1014 [696,07; 1174,32]	1110,14 [733,54; 1308,33]	971,55 [640,52; 1454,04]	0,130	0,640	0,496

Типичные для ДПН изменения электрофизиологических параметров наступают при значительной длительности заболевания и развиваются достаточно медленно. Поражение нейромоторного аппарата при СД2 связано преимущественно с метаболическими нарушениями и развитием микроангиопатии. Среди пациентов групп исследования были те, кому был поставлен диагноз ДПН. Этим пациентам дополнительно были выполнены электрофизиологические исследования сенсорных и моторных волокон периферической нервной системы. При анализе результатов ЭНМГ исследования до начала лечения, сравнение значений выбранных параметров (СРВ, амплитуды М - ответа по волокнам м/б и б/б нервов нижних конечностей) показало отсутствие статистически значимых различий ($p > 0,05$, критерий Манна Уитни) (Таблица 21).

Электрофизиологические признаки дисфункции моторных малоберцового и большеберцового нервов отмечены по всем 3 исследуемым параметрам: уменьшение амплитуды М-ответа, резидуальной латентности потенциала действия и снижение СРВ. Значения СРВ отмечались в пределах 38,91 [37,93; 39,93] м/с по малоберцовому нерву и 37,73 [36,89; 39,11] м/с по большеберцовому нерву. Сенсорный ответ (амплитуда S-ответа) и СРВ икроножного нерва также были снижены в сравнении с референсными значениями.

Таблица 21 - Показатели ЭНМГ пациентов с ДПН до лечения

Показатель	Группы пациентов, баллы Ме [IQR]				U-критерий Манна-Уитни (p)		
	Все пациенты (n=135)	1 основная (1) (n=37)	2 основная (2) (n=33)	Контрольная (3) (n=35)	1-2	1-3	2-3
Малоберцовый нерв							
Амплитуда М, мВ	1,71 [0,76; 2,67]	1,71 [0,92; 3,04]	1,68 [0,76; 2,24]	2,03 [0,68; 2,69]	0,689	0,808	0,839
СРВ на голени, м/с	38,91 [37,93; 39,93]	39,08 [37,93; 40,18]	38,83 [38,13; 39,87]	38,91 [37,82; 39,66]	0,613	0,569	0,912
Резидуальная латентность, м/с	3,51 [2,71; 3,96]	3,74 [2,64; 4,37]	3,11 [2,76; 3,77]	3,55 [2,71; 3,96]	0,394	0,883	0,348
Большеберцовый нерв							
Амплитуда М, мВ	1,54 [0,61; 2,50]	1,51 [0,66; 2,72]	1,48 [0,59; 2,30]	1,58 [0,60; 2,61]	0,672	0,830	0,575
СРВ на голени, м/с	37,73 [36,89; 39,11]	38,02 [36,89; 39,12]	37,73 [36,92; 38,43]	37,52 [36,83; 39,12]	0,560	0,888	0,699
Резидуальная латентность, м/с	4,25 [3,39; 4,88]	4,27 [2,91; 4,89]	3,93 [2,91; 4,77]	4,25 [3,71; 4,81]	0,711	0,973	0,773
Икроножный нерв							
Амплитуда S-ответа, мВ	2,73 [1,68; 4,94]	2,73 [1,69; 4,85]	2,73 [1,57; 5,28]	2,76 [1,69; 5,35]	0,827	0,852	0,658
СРВ, м/с	32,67 [25,36; 39,41]	33,62 [25,65; 38,21]	32,36 [24,05; 39,68]	32,67 [25,19; 39,71]	0,925	0,959	0,912

Приведенные данные ЭНМГ исследований свидетельствуют о наличии демиелинизирующих диффузных аксональных повреждений у части пациентов с ДПН.

3.6 Показатели лабораторных методов исследования пациентов с диабетическими ангиопатиями

Оценка гликемического профиля (среднесуточного уровня гликемии) показала повышение среднего уровня данного показателя во всех группах без достоверного отличия между ними (8,90 [8,30; 9,90] ммоль/л) (Таблица 22). Уровень гликированного гемоглобина (HbA1C) также продемонстрировал состояние длительной гипергликемии у обследуемых пациентов без статистической разницы в группах (8,20 [7,60; 9,00] ммоль/л). Таким образом, средний уровень углеводного обмена пациентов исследуемых групп находился в состоянии декомпенсации.

Таблица 22 - Показатели лабораторных методов исследования до лечения

Показатель	Группы пациентов Me [IQR]				U-критерий Манна-Уитни (p)		
	Все пациенты (n=135)	1 основная (1) (n=45)	2 основная (2) (n=45)	Контрольная (3) (n=45)			
					1-2	1-3	2-3
HbA1C, ммоль/л	8,20 [7,60; 9,00]	8,10 [7,60; 8,80]	8,10 [7,70; 9,10]	8,30 [7,60; 9,00]	0,613	0,796	0,859
Гликемический профиль, ммоль/л	8,90 [8,30; 9,90]	8,80 [8,50; 9,90]	8,90 [8,50; 9,80]	8,95 [8,20; 10,20]	0,916	0,815	0,683

Совокупность перечисленных клинико-функциональных нарушений свидетельствует о необходимости проведения корригирующих лечебных воздействий, направленных на улучшение микроциркуляции, устранение функциональных ограничений в способности к ходьбе, стимулирование репаративных процессов в пораженных тканях.

ГЛАВА 4. ДИНАМИКА КЛИНИКО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПАЦИЕНТОВ С ДИАБЕТИЧЕСКИМИ АНГИОПАТИЯМИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПОД ВЛИЯНИЕМ ЛЕЧЕНИЯ

4.1 Динамика клинических показателей под влиянием лечения

Процедуры ФЭС переносились пациентами хорошо, необходимости в прерывании курса лечения не возникало. Положительную динамику некоторые пациенты начинали отмечать после 2-3-й процедуры. После окончания курса лечения было выполнено повторное обследование, включающее сбор и анализ жалоб, клиническое и неврологическое обследование, изучение психоэмоционального статуса, инструментальную оценку степени артериальной недостаточности и поражения микроциркуляторного русла.

Анализ жалоб позволил выявить регресс клинической симптоматики во всех группах, однако с существенно различающейся частотой. В частности, у пациентов обеих основных групп исчезновение или уменьшение выраженности болевого синдрома при ходьбе наблюдалось в 94,6% и 79,5% случаев соответственно, тогда как в контрольной группе, существенно реже – в 54,5% случаев (Таблица 23) [5].

Помимо этого пациенты испытывали боли в ночное время. Болевой синдром, чаще возникающий ночью, не усиливающийся при физической нагрузке и, рассматриваемый нами, как проявление болевой формы нейропатии регрессировал полностью или уменьшился в 94,4% случаев в 1-й группе, что достоверно превышало результаты полученные во 2-й группе (68,7%) и особенно группе контроля (30,8%).

Одновременно с изучением частоты встречаемости болевого синдрома нами выполнен анализ степени интенсивности болей у обследованных пациентов и изменения данных показателей под влиянием лечения (Таблица 24).

Таблица 23 - 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.

Таблица 24 - Динамика интенсивности болевого синдрома по шкале ВАШ в исследуемых группах после лечения

Период	Группы исследования Me [IQR]			U-критерий Манна-Уитни (p)		
	1-я основная (1), n=45	2-я основная (2), n=45	контрольная (3), n=45	U-критерий Манна-Уитни (p)		
				1-2	1-3	2-3
До лечения	4,0 [3,0; 5,0]	4,0 [3,0; 5,0]	4,0 [2,0;5,0]	-		
После лечения	2,0 [1,0; 2,0]	2,0 [1,0; 3,0]	3,0 [2,0; 4,0]	0,003	<0,001	0,107
	<0,001	<0,001	<0,001			

Снижение интенсивности болевого синдрома по ВАШ было достоверным во всех группах ($p < 0,01$). Наиболее значимую позитивную динамику этого показателя продемонстрировали пациенты 1-й группы, получавшие функциональную электростимуляцию нижних конечностей более низких частот (10-30 Гц) чем во 2-й группе. По-видимому, это может быть связано с тем, что механизмы регуляции боли испытывают более значимое воздействие, связанное с

активацией опиоидных эндогенных пептидов при активном мышечном сокращении во время процедуры.

Преимущество электростимуляции более низкочастоты, когда добивались видимого сокращения мышечных волокон, и тем самым получая более выраженный трофический и тренирующий эффект, было отмечено и по симптому «слабость в нижних конечностях» (Таблица 25). Практически у всех (96,8%) пациентов 1-й группы определено уменьшение или полное устранение этих жалоб. Во 2-й группе пациентов, получавших процедуры с частотой 80-100 Гц, видимое сокращение мышечных волокон, как правило, не возникало, уменьшение соответствующих жалоб отмечено лишь в 60,7% случаев. Еще менее значимые результаты наблюдались там, где стимуляцию не применяли (контроль) и положительная динамика указанного показателя в группе без применения электростимуляции наблюдалась только у 37,0% обследованных лиц. Таким образом, нами установлено более значимое влияние на улучшение функционального состояния мышечной ткани при применении электростимуляции с частотой 10-30 Гц, когда пациенты отмечали видимые мышечные сокращения.

Чувство онемения нижних конечностей стало беспокоить достоверно меньше в 1-й группе по сравнению с другими группами – исчезновение жалоб или уменьшение выраженности произошло в 82,4% случаев в 1-й группе, во 2-й – в 65,6%, в контрольной – в 52,9%. Количество пациентов докладывающих об отсутствии изменений в ощущении зябкости нижних конечностей в 1-й группе было достоверно ниже (16,1%) чем во 2-й и контрольной группах (27,3% и 37,9% соответственно). Положительную динамику по ощущениям парестезий в стопах с достоверным преимуществом перед контрольной группой отметили пациенты основных групп (94,3% - в 1-й группе, 97,0% - во 2-й группе, 57,1% - в контрольной группе).

Уменьшение и исчезновение ощущения зуда в нижних конечностях в 1-й группе (92,0%) и во 2-й группе (86,9%) произошло достоверно в большем количестве случаев по сравнению с контрольной группой (61,3%).

Таблица 25 - Динамика жалоб 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	%
Слабость в нижних конечностях							
	До лечения	31	68,9	28	62,2	27	60,0
После лечения	Исчезновение	3	9,7	0	0,0	0	0,0
	Уменьшение	27	87,1* **	17	60,7**	10	37,0
	Без изменений	1	3,2	11	39,3**	17	63,0
Чувство онемения нижних конечностей							
	До лечения	34	75,5	32	71,1	34	75,5
После лечения	Исчезновение	17	50,0* **	1	3,1	0	0,0
	Уменьшение	11	32,4* **	20	62,5	18	52,9
	Без изменений	6	17,6	11	34,4	16	47,1
Ощущения зябкости стоп							
	До лечения	31	68,9	33	73,3	29	64,4
После лечения	Исчезновение	11	35,5* **	2	6,1	0	0,0
	Уменьшение	15	48,4**	22	66,7	18	62,1
	Без изменений	5	16,1	9	27,3	11	37,9
Парестезии в нижних конечностях							
	До лечения	35	77,8	33	73,3	35	77,8
После лечения	Исчезновение	7	20,0* **	19	57,6**	0	0,0
	Уменьшение	26	74,3*	13	39,4**	20	57,1
	Без изменений	2	5,7	1	3,0	15	42,8

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

Полученные результаты, предположительно, являются следствием более значимого влияния на клинические проявления ДПН воздействия импульсного тока с тетаническим (надпороговым) сокращением мышц нижних конечностей, так как кроме блокирования ноцицептивной афферентации, значимо улучшают микроциркуляцию в тканях нижних конечностей, способствуют купированию периневрального отека и улучшению трофических процессов в невральной ткани

[182]. Положительные изменения произошли по позитивной и негативной неврологической симптоматике, что может свидетельствовать о процессе восстановления разных типов пораженных нервных волокон.

Таблица 25 (продолжение)

Период	Степень изменения	Группы исследования					
		1-я основная, n=45		2-я основная, n=45		контрольная, n=45	
		Абс	%	Абс	%	Абс	%
Зуд в нижних конечностях							
До лечения		25	55,5	23	51,1	31	68,9
После лечения	Исчезновение	4	16,0	0	0,0	0	0,0
	Уменьшение	19	76,0	20	86,9**	19	61,3
	Без изменений	2	8,0	3	13,0	12	38,7
Чувство жжения в н/к							
До лечения		18	40,0	22	48,9	15	33,3
После лечения	Исчезновение	3	16,7	6	27,3	0	0,0
	Уменьшение	15	83,3*	14	63,6**	13	86,7
	Без изменений	0	0,0	2	9,1	2	13,3
Изменение состояния кожи							
До лечения		23	51,1	22	48,9	16	35,5
После лечения	Исчезновение	1	4,3	0	0,0	0	0,0
	Уменьшение	19	82,6**	17	77,3	10	62,5
	Без изменений	3	13,0	5	22,7	6	37,5
Неустойчивость в вертикальном положении							
До лечения		12	26,7	15	33,3	14	31,1
После лечения	Исчезновение	1	8,3	0	0,0	0	0,0
	Уменьшение	9	75,0**	10	66,7**	5	35,7
	Без изменений	2	16,7	5	33,3	9	64,3

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

Снижение ощущения жжения в нижних конечностях произошло во всех группах с частотой 80-90% без достоверного преимущества какой-либо из групп исследования. Улучшение состояния кожи, в виде снижения сухости кожных покровов, шелушения, также отметили большинство пациентов всех групп.

Положительные изменения, вероятно, связаны с улучшением гликемического контроля у всех пациентов на фоне проводимого лечения.

Включение процедур ФЭС в лечебный комплекс оказало выраженное влияние на снижение частоты указаний пациентов на неустойчивость. В 1-й группе положительные изменения произошли с достоверным преимуществом перед контрольной группой (83,3%). Во 2-й и контрольной группах исчезновения жалоб на неустойчивость отмечено не было, а снижение – в 66,7% и 35,7% соответственно. Преимущество в снижении жалоб на неустойчивость в 1-й группе, по нашему мнению, можно объяснить улучшением 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.

Для детальной оценки степени выраженности всех изучаемых клинических симптомов у пациентов с наличием сопутствующей диабетической полинейропатии (ДПН) была использована шкала нейропатического симптоматического счета (НСС). По симптомам «покалывание» после курса лечения статистически достоверную положительную динамику отметили в 1-й и 2-й основных группах в отличие от группы контроля, где указанные изменения не были обнаружены (Таблица 26), при этом, достоверно выше снижение было во 2-й группе ($p < 0,017$, критерий Манна-Уитни).

По симптому «жжение» положительную динамику после лечения продемонстрировали пациенты всех исследуемых групп без статистической разницы между ними. Достоверное снижение проявлений ДПН по симптому «онемение» в основных группах отметили сразу после курса лечения ($p < 0,05$, критерий Вилкоксона). В контрольной группе положительных изменений по симптому «онемение» не отметили. Межгрупповое сравнение продемонстрировало преимущество 1-й группы перед 2-й и контрольной группами после лечения ($p < 0,017$, критерий Манна-Уитни).

Таблица 26 - Динамика показателей количественной оценки жалоб по шкале НСС под влиянием лечения

Период	Группы исследования Me [IQR]			U-критерий Манна-Уитни (p)		
	1-я основная (1), n=37	2-я основная (2), n=33	Контрольная (3), n=35	1-2	1-3	2-3
Покалывание						
До лечения	1,0 [1,0; 2,0]	2,0 [1,0; 2,0]	1,0 [1,0; 2,0]	-		
После лечения	1,0 [0,0; 2,0]	0,0 [0,0; 1,0]	1,0 [1,0; 2,0]	0,003	0,297	0,012
T-критерий (p)	0,037	0,022	0,067			
Жжение в нижних конечностях						
До лечения	0,0 [0,0; 2,0]	1,0 [0,0; 2,0]	0,0 [0,0; 2,0]	-		
После лечения	0,0 [0,0; 1,0]	0,0 [0,0; 0,0]	0,0 [0,0; 1,0]	0,150	0,385	0,046
T-критерий (p)	0,009	0,026	0,043			
Онемение в нижних конечностях						
До лечения	1,0 [1,0; 2,0]	1,0 [1,0; 1,0]	1,0 [1,0; 1,0]	-		
После лечения	0,0 [0,0; 1,0]	1,0 [1,0; 1,0]	1,0 [1,0; 1,0]	0,003	0,033	0,077
T-критерий (p)	0,005	0,027	0,337			
Боль						
До лечения	0,0 [0,0; 2,0]	0,0 [0,0; 1,0]	0,0 [0,0; 1,0]	-		
После лечения	0,0 [0,0; 0,0]	0,0 [0,0; 1,0]	0,0 [0,0; 1,0]	0,780	0,156	0,248
T-критерий (p)	0,032	0,005	0,043			
Судороги						
До лечения	1,0 [1,0; 1,0]	1,0 [1,0; 2,0]	1,0 [1,0; 2,0]	-		
После лечения	0,0 [0,0; 1,0]	1,0 [1,0; 2,0]	1,0 [1,0; 2,0]	<0,001	<0,001	0,967
T-критерий (p)	0,001	0,008	0,028			
Гиперестезия						
До лечения	1,0 [1,0; 2,0]	1,0 [1,0; 1,0]	1,0 [1,0; 1,0]	-		
После лечения	1,0 [1,0; 1,0]	0,0 [0,0; 1,0]	1,0 [1,0; 1,0]	0,009	0,597	<0,001
T-критерий (p)	0,025	0,038	0,001			
Общий балл						
До лечения	6,0 [4,0; 9,0]	6,0 [4,0; 10,0]	6,0 [4,0; 9,0]	-		
После лечения	2,0 [1,0; 6,0]	3,0 [2,0; 5,0]	6,0 [3,0; 8,0]	0,684	<0,001	0,004
T-критерий (p)	<0,001	<0,001	0,034			

Динамики по симптому «боль» в группах исследования выявлено не было. Отсутствие изменений можно связать с невысокой частотой встречаемости обозначения пациентами симптоматики как "боль", недостаточной для демонстрации статистически значимых величин. Симптом «судороги» у

пациентов всех групп претерпел положительные изменения после лечения ($p < 0,05$, критерий Вилкоксона). Степень достигнутых положительных изменений была достоверно выше в 1-й группе ($p < 0,001$, критерий Манна-Уитни) после лечения.

Снижение симптома «гиперестезия» выявили во всех группах после лечения ($p < 0,05$, критерий Вилкоксона), но достоверно более значимая динамика была во 2-й основной группе ($p < 0,017$, критерий Манна-Уитни).

Значение «Общего балла» по шкале НСС после курса лечения снизилось во всех группах ($p < 0,05$, критерий Вилкоксона) что отражает позитивный характер изменений симптоматики ДПН [54] (Рисунок 7). Межгрупповое сравнение не выявило достоверных отличий между 1-й и 2-й основными группами, но продемонстрировало преимущество по общему баллу НСС основных групп перед группой контроля ($p < 0,017$, критерий Манна-Уитни).

Как показал анализ динамики жалоб по **шкале общих симптомов (Total Symptom Score–TSS)** изменения носили однонаправленный положительный характер во всех группах, но степень этих изменений была достаточно различной. Так, изменение симптома «жжение» по шкале TSS после курса лечения во всех исследуемых группах отметили с позитивной динамикой без достоверных отличий между группами (Таблица 27).

Изменения симптома «боль» носили тот же положительный характер, но различия между группами в достигнутом результате не были статистически достоверными. Во всех изучаемых группах произошло снижение средних величин симптома «покалывание». Сразу после лечения снижение этого симптома было достоверно выше во 2-й основной группе ($p < 0,017$, критерий Манна-Уитни). Достоверно более высокие результаты по симптому «онемение» были достигнуты в 1-й основной группе по сравнению с двумя другими группами.

Анализ результирующей оценки по шкале TSS показал достоверное снижение общего балла по шкале TSS у пациентов всех исследуемых групп после курса лечения (Рисунок 8). Достоверные различия при межгрупповом сравнении

были выявлены в парах – 1-я основная и контрольная группы ($p < 0,001$, критерий Манна-Уитни), 2-я основная и контрольная группы ($p = 0,013$, критерий Манна-Уитни); достоверных различий между 1-й и 2-й основными группами не было.

Таблица 27 - Динамика количественной оценки жалоб по шкале TSS у пациентов с ДПН под влиянием лечения, балл

Период	Группы исследования Me [IQR]			U-критерий Манна-Уитни (p)		
	1-я основная (1), n=37	2-я основная (2), n=33	Контрольная (3), n=35	1-2	1-3	2-3
Жжение						
До лечения	0,0 [0,0; 2,3]	1,0 [0,0; 2,0]	0,0 [0,0; 2,3]	0,990	0,522	0,513
После лечения	0,0 [0,0; 1,3]	0,0 [0,0; 1,0]	0,0 [0,0; 2,0]	0,855	0,604	0,630
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	0,001			
Боль						
До лечения	0,0 [0,0; 2,3]	0,0 [0,0; 2,0]	0,0 [0,0; 2,3]	0,768	0,503	0,692
После лечения	0,0 [0,0; 0,0]	0,0 [0,0; 2,0]	0,0 [0,0; 2,3]	0,046	0,096	0,837
Т-критерий (p)	<0,001	0,003	0,068			
Покалывание						
До лечения	2,3 [1,7; 2,7]	2,0 [2,0; 2,3]	2,0 [1,3; 2,7]	0,242	0,473	0,990
После лечения	1,3 [0,0; 2,3]	0,0 [0,0; 2,0]	2,0 (1,0; 2,33)	0,016	0,085	<0,001
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			
Онемение						
До лечения	2,0 [1;7; 2,3]	2,0 [1,3; 2,3]	2,0 [2,0; 2,3]	0,995	0,949	0,904
После лечения	0,0 [0,0; 2,0]	1,3 [1,0; 2,0]	2,0 [1,3; 2,0]	0,004	<0,001	0,076
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	0,002			
Общий балл						
До лечения	5,7 [4;3; 8,3]	5,3 [3,7; 8,3]	4,7 [3,3; 9,0]	0,616	0,671	0,887
После лечения	2,3 [1,3; 5,0]	3,7 [1,0; 6,3]	4,3 [3,0; 8,3]	0,785	<0,001	0,013
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			

Полученные результаты анализа субъективной оценки неврологической симптоматики по шкалам НСС и TSS демонстрируют достоверное преимущество программ физической терапии с применением ФЭС нижних конечностей. Детализация оценки по данным шкалам позволила выявить преимущество в регрессе позитивных неврологических симптомов (покалывание, гиперестезия) при применении импульсной электротерапии с частотой 80-100 Гц. ФЭС с частотой от 10 до 30 Гц оказала более сильное воздействие в снижении

интенсивности проявлений симптома «судороги», что можно объяснить улучшением метаболизма и снижением гипоксии мышечной ткани после проведенного курса лечения, и негативной неврологической симптоматики (онемение).

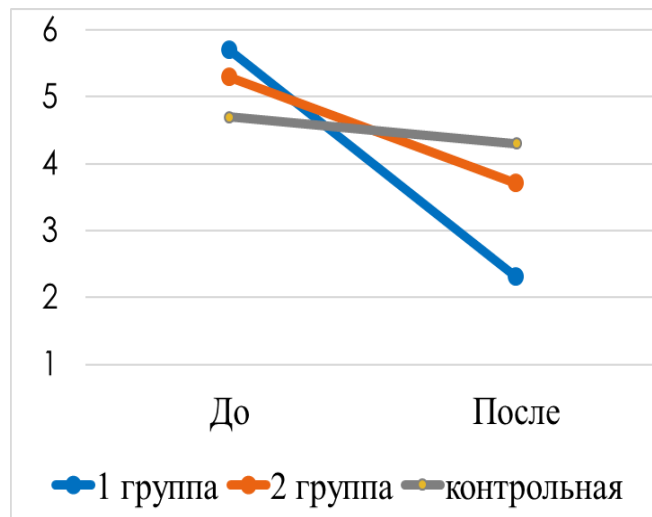
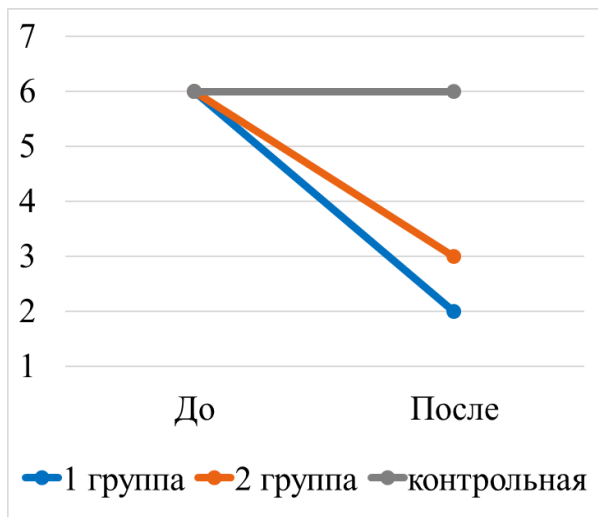


Рисунок 7 - Динамика общего балла по шкале НСС под влиянием лечения
Рисунок 8 - Динамика общего балла по шкале TSS под влиянием лечения

Положительная динамика нейрофункциональных показателей, оцениваемых после лечения по **шкале НДС (нейропатического дисфункционального счета)** была достигнута во всех группах (Таблица 28).

Наиболее выраженные положительные изменения были достигнуты в 1-й группе - общий балл после лечения снизился с 8,0 [6,0; 12,0] до 4,0 [3,0; 8,0] баллов [54] (Рисунок 9).

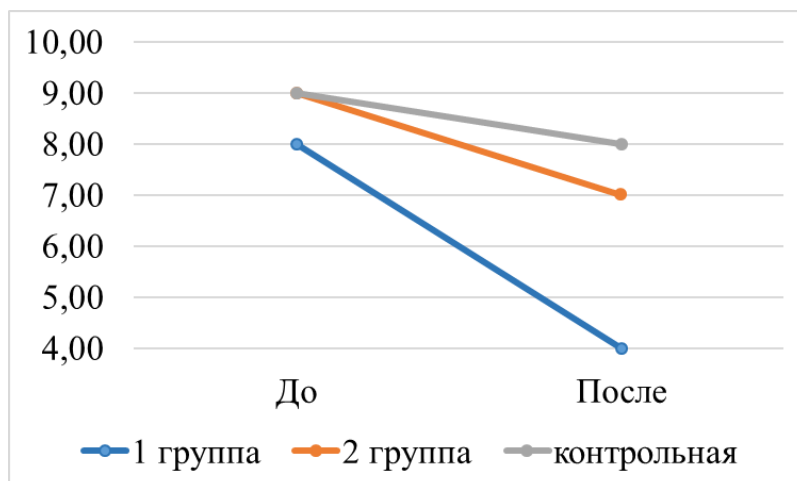


Рисунок 9 - Динамика общего балла по шкале НДС под влиянием лечения

Таблица 28 - Динамика сенсомоторных нарушений по шкале НДС у пациентов с ДПН под влиянием лечения, балл

Период	Группы исследования Ме [IQR]			U-критерий Манна-Уитни (p)		
	1-я основная (1), n=37	2-я основная (2), n=33	Контрольная (3), n=35	1-2	1-3	2-3
Вибрационная						
До лечения	2,5 [2,0; 3,0]	2,5 [1,5; 3,0]	2,0 [1,5; 3,0]	0,648	0,416	0,834
После лечения	1,0 [0,0; 1,5]	1,5 [1,0; 2,0]	2,0 [1,0; 3,0]	0,003	<0,001	0,256
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			
Температурная						
До лечения	0,0 [0,0; 2,0]	1,0 [0,0; 2,0]	0,0 [0,0; 2,0]	0,220	0,529	0,575
После лечения	0,0 [0,0; 1,0]	0,0 [0,0; 1,0]	0,0 [0,0; 2,0]	0,182	0,071	0,300
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	0,001			
Тактильная						
До лечения	2,0 [0,0; 2,0]	1,5 [0,0; 2,5]	1,5 [0,0; 2,0]	0,734	0,690	0,477
После лечения	0,0 [0,0; 1,0]	1,0 [0,0; 2,0]	0,5 [0,0; 2,0]	0,006	0,044	0,698
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	0,028			
Болевая						
До лечения	0,0 [0,0; 2,0]	1,0 [0,0; 2,0]	0,0 [0,0; 2,0]	0,425	0,674	0,210
После лечения	0,0 [0,0; 1,0]	1,0 [0,0; 2,0]	0,0 [0,0; 1,5]	0,084	0,379	0,404
Т-критерий (p)	<0,001	0,007	0,028			
Рефлекторная						
До лечения	4,0 [3,0; 5,0]	4,0 [3,0; 4,0]	4,0 [3,5; 4,5]	0,864	0,466	0,419
После лечения	3,0 [3,0; 4,0]	3,0 [3,0; 4,0]	4,0 [3,0; 4,5]	0,195	0,003	0,168
Т-критерий (p)	<0,001	0,008	0,027			
Общий балл						
До лечения	8,0 [6,0; 12,0]	9,0 [5,0; 12,5]	9,0 [6,0; 11,0]	0,813	0,923	0,829
После лечения	4,0 [3,0; 8,0]	7,0 [4,0; 11,0]	8,0 [5,0; 10,0]	0,004	<0,001	0,405
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			

Достигнутые показатели в 1-й группе были достоверно ниже, чем в остальных группах исследования ($p_{1-2}=0,004$, $p_{1-3}<0,001$, критерий Манна-Уитни). Наиболее значимые изменения, оказавшие влияние на общий балл НДС, были отмечены в оценке показателей вибрационной чувствительности.

К концу лечения в 1-й группе оценка вибрационной чувствительности достоверно превосходила данные в других группах ($p_{1-2}=0,003$, $p_{1-3}<0,001$, критерий Манна-Уитни). При изучении динамики остальных видов сенсомоторных нарушений по шкале НДС, улучшение после курса было отмечено

во всех группах, но без достоверного преимущества перед другими группами ($p > 0,017$, критерий Манна-Уитни).

Таким образом, комплексный подход в лечении пациентов с ДПН, с применением ФЭС нижних конечностей, оказывает достоверное улучшение клинико-функциональных показателей. Наиболее значимую позитивную динамику продемонстрировали пациенты, в лечении которых применяли ФЭС с частотой импульсного тока, изменяемого в течение курса лечения от 10 до 30 Гц.

4.2 Динамика показателей макрогемодинамики нижних конечностей под влиянием лечения

Для оценки состояния макрогемодинамики нижних конечностей был проведен анализ изменений показателя лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) под влиянием лечения у 93 пациентов. Количество пациентов было сопоставимо в исследуемых группах. Положительные изменения в виде повышения величины данного индекса происходили во всех исследуемых группах (Таблица 29). При этом результаты, достигнутые в 1-й группе (рост ЛПИ на 8,7%), достоверно превышали значения, полученные во 2-й и контрольной группах ($p < 0,017$, критерий Манна-Уитни).

Таблица 29 - Изменения показателя ЛПИ после курса лечения

Период	Группы исследования Me [IQR]			U-критерий Манна-Уитни (p)		
	1-я основная (1), n=31	2-я основная (2), n=29	Контрольная (3), n=33	1-2	1-3	2-3
До лечения	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 лечения	0,87 [0,82; 0,92]	0,79 [0,67; 0,87]	0,83 [0,71; 0,85]	0,001	0,010	0,996
	<0,001	0,045	0,031			

Полученные результаты, предположительно, можно объяснить снижением степени венозного полнокровия под воздействием импульсного тока с характеристиками, способствующими ритмическому сокращению мышц нижних конечностей и способствующего развитию мышечной гипертрофии. Также,

возможным объяснением подобной клинической картины, может быть развитие коллатерального кровообращения в пораженных атеросклеротическим процессом нижних конечностях.

4.3 Динамика показателей тредмил-теста под влиянием курса лечения

Изменения макрогемодинамики нижних конечностей отразились на функциональных показателях ходьбы в исследуемых группах (Таблица 30). Статистически значимое повышение толерантности к физической нагрузке по результатам изучения изменений показателей ДББХ и МДХ тредмил-теста отмечено во всех группах пациентов ($p < 0,001$, критерий Вилкоксона). Это свидетельствует о том, что выбранные лечебные комплексы, в том числе с использованием только базовой терапии, обладают достаточно высокой клинической эффективностью. Сравнение динамики показателя ДББХ между группами позволило выявить достоверное преимущество 1-й группы (рост показателя на 21,6%) перед 2-й (+4,4%) и контрольной группами (+6,6%) ($p_{1-2} = 0,001$, $p_{1-3} = 0,005$, критерий Манна-Уитни) [5]. Статистических различий между 2-й и контрольной группами в динамике показателя ДББХ выявлено не было.

Таблица 30 - Динамика показателей тредмил-теста под влиянием лечения

Период	Группы исследования Ме [IQR]			U-критерий Манна-Уитни (p)		
	1-я основная (1), n=45	2-я основная (2), n=45	Контрольная (3), n=45	1-2	1-3	2-3
Дистанция безболевого ходьбы (ДББХ), м						
До лечения	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 лечения	450,0 [315,0; 515,0]	355,0 [250,0; 430,0]	405,0 [285,0; 425,0]	0,001	0,005	0,561
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			
Максимальная дистанция ходьбы (МДХ), м						
До лечения	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 лечения	660,0 [505,0; 720,0]	585,0 [420,0; 625,0]	540,0 [415,0; 560,0]	<0,001	<0,001	0,011
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			

Снижение интенсивности болевого синдрома при ходьбе отразилось на достоверном преимуществе по показателю МДХ в 1-й группе (+34,7%) перед 2-й (27,2%) и контрольной (+8,0%) группами ($p_{1-2}, p_{1-3} < 0,001$, критерий Манна-Уитни). Следует отметить, что, несмотря на отсутствие отличий по показателю ДББХ во 2-й группе в сравнении с контрольной, интенсивность болевого синдрома, возникающего при ходьбе во время тестирования, во 2-й группе, была невысокой и это позволило достичь достоверно более высоких показателей МДХ ($p_{2-3} = 0,011$, критерий Манна-Уитни) [5].

Более заметная динамика функциональных показателей ходьбы в группе применения импульсного тока в процессе педалирования на велотренажере с частотой от 10 до 30 Гц отражает физиологический механизм увеличения коллатерального кровообращения и, возможно, эндотелиально-опосредованное улучшение макрогемодинамики в пораженных конечностях под воздействием тетанического мышечного сокращения. Улучшение невральноего контроля тонических сосудистых реакций также способствует снижению лимитирования свободы ходьбы.

4.4 Влияние курса лечения на показатели лазерной доплеровской флоуметрии

Важное значение, по данным литературных источников, в патогенезе сосудистых осложнений СД имеют расстройства микроциркуляторного русла. Представлялось интересным оценить возможность влияния курса физической терапии с применением ФЭС на состояние терминального сосудистого звена. Было установлено, что позитивные изменения показателей микрогемодициркуляции преимущественно происходили в основных группах (Таблица 31).

Так, к завершению курса лечения в основных группах отметили достоверный рост капиллярного кровотока ($M_{\text{нутр.}}$) - в 1-й группе на 55,6%, во 2-й группе на 25,3%; при межгрупповом сравнении рост этого показателя был

достоверно выше в 1-й основной группе по сравнению со 2-й основной ($p=0,015$, критерий Манна-Уитни) и контрольной ($p<0,001$, критерий Манна-Уитни). В контрольной группе достоверного роста показателя $M_{\text{нутр}}$ не отметили.

Таблица 31 - Динамика показателей микроциркуляции в области плантарной поверхности I пальца нижней конечности

Период	Группы исследования Me [IQR]			U-критерий Манна-Уитни (p)		
	1-я основная (1), n=45	2-я основная (2), n=45	Контрольная (3), n=45	1-2	1-3	2-3
Мнутр, перфузионные единицы (п.е.)						
До	3,15 [2,59; 3,64]	3,40 [2,19; 3,72]	3,23 [2,87; 3,76]	0,781	0,738	0,793
После	4,90 [4,28; 5,77]	4,26 [2,65; 4,83]	3,50 [2,71; 3,69]	0,015	<0,001	0,002
Т-критерий (p)	0,008	0,034	0,113			
σ						
До	0,95 [0,85; 1,03]	0,97 [0,89; 1,06]	0,93 [0,78; 0,99]	0,566	0,267	0,112
После	1,03 [0,94; 1,10]	1,05 [0,94; 1,18]	0,94 [0,79; 1,04]	0,381	0,003	0,001
Т-критерий (p)	0,012	0,035	0,042			
Kv						
До	14,17 [12,90; 16,61]	14,93 [13,92; 16,06]	14,09 [13,14; 15,43]	0,360	0,303	0,028
После	15,57 [13,63; 17,27]	16,52 [14,75; 17,65]	14,16 [13,19; 15,42]	0,136	0,002	<0,001
Т-критерий (p)	0,007	0,044	0,141			
Амплитуда колебаний кровотока в нейрогенном диапазоне (Ан), п.е.						
До	0,53 [0,48; 0,57]	0,52 [0,46; 0,60]	0,56 [0,46; 0,63]	0,651	0,421	0,771
После	0,44 [0,38; 0,49]	0,52 [0,44; 0,57]	0,54 [0,46; 0,61]	0,015	0,002	0,254
Т-критерий (p)	0,036	0,041	0,045			
Амплитуда колебаний кровотока в миогенном диапазоне (Ам), п.е.						
До	0,24 [0,21; 0,28]	0,25 [0,22; 0,31]	0,28 [0,22; 0,29]	0,357	0,231	0,971
После	0,33 [0,28; 0,40]	0,29 [0,25; 0,38]	0,25 [0,20; 0,31]	0,032	<0,001	0,004
Т-критерий (p)	0,021	0,039	0,630			

Изменения показателя вариабельности тканевого кровотока (СКО, σ) на фоне лечения, свидетельствующие об улучшении регулирующего влияния микрокровотока, отметили во всех исследуемых группах. Степень этого изменения была выше в основных группах по сравнению с контрольной группой ($p_{1-3}, p_{2-3}<0,017$, критерий Манна-Уитни).

Улучшение параметров нутритивного кровотока во многом объясняется уменьшением артериоло-венулярного шунтирования крови. Динамика этого

процесса отражена в параметре ПШ, изменения которого на 28,1% в 1-й группе с 1,96 [1,90; 2,31] до 1,41 [1,26; 1,64] ед., статистически значимо превосходили этот показатель у пациентов 2-й основной (-20,1%) и контрольной группы (изменения в группе не носили достоверный характер) [5].

Таблица 31 (продолжение)

Период	Группы исследования Me [IQR]			U-критерий Манна-Уитни (p)		
	1-я основная (1), n=45	2-я основная (2), n=45	Контрольная (3), n=45	1-2	1-3	2-3
Амплитуда колебаний кровотока в дыхательном диапазоне (Ад), п.е.						
До	0,21 [0,18; 0,25]	0,19 [0,17; 0,21]	0,20 [0,17; 0,23]	0,065	0,380	0,247
После	0,17 [0,15; 0,21]	0,19 [0,15; 0,21]	0,18 [0,15; 0,19]	0,431	0,780	0,474
T-критерий (p)	0,014	0,093	0,046			
Амплитуда колебаний кровотока в кардиальном диапазоне (Ас), п.е.						
До	0,16 [0,14; 0,19]	0,15 [0,14; 0,17]	0,15 [0,14; 0,18]	0,089	0,226	0,792
После	0,21 [0,17; 0,24]	0,17 [0,15; 0,18]	0,15 [0,13; 0,19]	0,011	0,005	0,032
T-критерий (p)	0,040	0,033	0,934			
Показатель шунтирования (ПШ)						
До	1,96 [1,90; 2,31]	1,94 [1,80; 2,47]	2,05 [1,85; 2,24]	0,377	0,920	0,564
После	1,41 [1,26; 1,64]	1,55 [1,40; 2,00]	2,00 [1,77; 2,38]	0,005	<0,001	<0,001
T-критерий (p)	<0,001	<0,001	0,167			
Индекс эффективности микроциркуляции (ИЭМ)						
До	0,66 [0,55; 0,82]	0,78 [0,64; 0,91]	0,75 [0,58; 0,85]	0,023	0,103	0,781
После	0,81 [0,73; 1,11]	0,91 [0,78; 1,00]	0,69 [0,61; 0,97]	0,897	0,016	0,061
T-критерий (p)	<0,001	<0,001	0,014			
Термальный резерв микроциркуляции (ТРМ), %						
До	167,00 [155,00; 176,00]	163,00 [140,00; 180,00]	161,0 [139,00; 176,00]	0,277	0,106	0,660
После	187,00 [178,00; 207,00]	166,00 [148,00; 185,00]	161,0 [145,0; 176,0]	<0,001	0,026	0,288
T-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			

В свою очередь, изменение величины ПШ связано со статистически значимым снижением амплитуды колебаний кровотока в нейрогенном диапазоне (Ан) у пациентов всех групп, свидетельствующее об активации симпатических вазомоторных волокон и увеличении тонуса артериол [5]. Подобные изменения были достоверно выше в 1-й основной группе (-17,0%) по сравнению с другими группами.

Рост кровенаполнения МСР, наблюдали также по увеличению значения показателя амплитуды флаксомоций в пульсовом частотном диапазоне (A_c) [5]. В этой частоте спектра колебаний достоверные позитивные сдвиги отметили в 1-й и 2-й группах исследования (+31,3% и +13,3% соответственно). Особенностью сдвигов в спектре пассивных компонентов микрокровотока в 1-й группе отметили начало доминирования пульсовых колебаний (A_c) над колебаниями в дыхательном диапазоне (A_d) после курса лечения [5]. Если до лечения соотношение A_c/A_d было 1:1,3, что характерно для застойного типа микроциркуляции; после курса лечения - 1:0,8, что является более физиологическим механизмом регуляции МСР [5]. В других группах исследования преобладание A_d сохранилось.

Для сравнения участия в регуляции МСР пассивных и активных механизмов исследовали ИЭМ. Достоверные изменения этого показателя в динамике подтвердили эффективность выбранной программы в основных группах – на 22,7% в 1-й группе, на 16,7% во 2-й основной группе ($p < 0,05$, критерий Вилкоксона) без статистически подтвержденного преимущества какой-либо группы ($p_{1-3} = 0,016$, p_{1-2} , $p_{2-3} > 0,05$, критерий Манна-Уитни). В контрольной группе позитивных изменений по ИЭМ не отметили.

Для оценки эффективности коллатерального кровообращения периферических тканей нами анализировалось состояние МСР при комбинированной пробе (последовательно - холодовая и термальная проба) [5]. Статистически достоверный рост показателя ТРМ выявили во всех группах, с преимуществом в межгрупповом сравнении у 1-й группы (+12,0%) ($p_{1-2} < 0,001$, $p_{1-3} < 0,001$, критерий Манна-Уитни). Увеличение показателей реактивной гиперемии может свидетельствовать об увеличении количества функционирующих капилляров и уменьшении застоя в веноулярном звене терминального сосудистого русла [5]. Рост способности к вазодилатации МСР может также быть связан с улучшением функции эндотелия.

Таким образом, результаты анализа микроциркуляции методом ЛДФ свидетельствуют об улучшении нутритивного кровотока, восстановлении регуляторных механизмов и увеличении адаптационных резервов микроциркуляции преимущественно у пациентов в составе комплексного лечения которых применялась ФЭС нижних конечностей с изменяемой частотой импульсного тока от 10 до 30 Гц.

4.5 Динамика показателей стабилотрии под влиянием лечения

После курса лечения оценка качества функции равновесия по данным стабилотрического исследования позволила отметить в 1-й группе уменьшение проявлений сенситивной атаксии по всем выбранным параметрам ($p < 0,05$, критерий Вилкоксона) (Таблица 32).

Значение показателя АЗ, характеризующего работу, затрачиваемую на удержание равновесия в положении стоя на балансировочной подушке с закрытыми глазами, было достоверно ниже в 1-й основной группе по сравнению с другими. Во 2-й основной группе положительная динамика была отмечена по расчетным коэффициентам К1 и К2 (соотношение индекса энергозатрат с закрытыми и открытыми глазами в положении стоя на платформе и на балансировочной подушке соответственно) ($p < 0,05$, критерий Вилкоксона) [54].

В контрольной группе достоверных изменений не происходило. Значения параметра К2 снизились в 1-й основной группе на 36,3% и были достоверно выше по сравнению с другими группами ($p_{1-2} < 0,001$, $p_{1-3} = 0,004$, критерий Манна-Уитни), что может говорить об уменьшении проявлений постуральной дисфункции.

Таким образом, курс лечения с применением ФЭС нижних конечностей с частотой от 10 до 30 Гц позволил увеличить степень периферической афферентации и, возможно, эфферентную функцию мышц нижних конечностей у пациентов с ДПН и улучшить показатели стабильности вертикальной позы.

Таблица 32 - Динамика стабилметрических показателей под влиянием лечения

Период	Группы исследования Me [IQR]			U-критерий Манна-Уитни (p)		
	1-я основная (1), n=37	2-я основная (2), n=33	Контрольная (3), n=35	1-2	1-3	2-3
A1, Дж (индекс энергозатрат с открытыми глазами)						
До	1,73[1,09; 2,21]	1,96 [1,37; 2,53]	1,67 [1,13; 2,44]	0,706	0,892	0,745
После	1,78 [1,39; 2,17]	1,85 [1,50; 2,81]	1,80 [1,23; 2,67]	0,314	0,656	0,354
T-критерий (p)	0,027	0,122	0,533			
A2, Дж (индекс энергозатрат с закрытыми глазами)						
До	4,74 [3,23; 5,65]	5,15[3,01; 7,01]	4,38 [2,95; 5,95]	0,625	0,844	0,820
После	4,06 [3,05; 5,17]	5,12 [3,24; 5,49]	4,33 [3,19; 5,48]	0,074	0,127	0,456
T-критерий (p)	0,018	0,865	0,535			
A3, Дж (индекс энергозатрат с закрытыми глазами на платформе)						
До	16,83 [11,73; 20,91]	19,97 [11,30; 26,95]	15,39 [11,80; 24,55]	0,256	0,608	0,436
После	10,03 [7,82; 18,04]	23,16 [9,81; 25,12]	15,87 [13,02; 19,85]	0,003	0,011	0,480
T-критерий (p)	<0,001	0,636	0,471			
K1 (A2/A3*100)						
До	250,46 [228,93; 290,58]	273,21 [220,44; 302,17]	255,57 [220,00; 294,63]	0,659	0,844	0,830
После	257,78 [213,40; 282,19]	254,35 [177,69; 298,55]	238,06 [197,17; 309,76]	0,976	0,569	0,511
T-критерий (p)	0,038	0,041	0,432			
K2 (A3/A1*100)						
До	1014,00 [696,07; 1174,32]	1110,14 [733,54; 1308,33]	971,55 [640,52; 1454,04]	0,130	0,640	0,496
После	743,98 [454,84; 952,70]	990,18 [603,18; 1294,56]	942,74 [650,75; 1422,05]	<0,001	0,004	0,764
T-критерий (p)	<0,001	0,002	0,280			

4.6 Изменения показателей качества жизни и состояния психоэмоциональной сферы под влиянием курса лечения

После проведенного курса лечения и улучшения большинства клиничко-функциональных параметров были отмечены положительные сдвиги и в психоэмоциональном состоянии пациентов всех исследуемых групп.

Ограничение физической активности вносит наиболее существенный вклад в снижение качества жизни у пациентов с ЗПА. Соответственно, снижение степени ограничений к свободе передвижения по результатам нашего исследования во всех исследуемых группах, привел к достоверному увеличению показателей PF (физического функционирования) ($p < 0,001$, критерий Вилкоксона) опросника SF-36 (Таблица 33).

Таблица 33 - Динамика показателей качества жизни по опроснику SF-36 под влиянием лечения

Период	Группы исследования Me [IQR]			U-критерий Манна-Уитни (p)		
	1-я основная (1), n=45	2-я основная (2), n=45	Контрольная (3), n=45	1-2	1-3	2-3
PF						
До лечения	50,00 [40,00; 70,00]	55,00 [40,00; 65,00]	60,00 [30,00; 70,00]	0,570	0,703	0,682
3 мес	75,00 [65,00; 85,00]	70,00 [55,00; 80,00]	60,00 [45,00; 70,00]	0,164	<0,001	0,010
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			
RP						
До лечения	25,00 [0,00; 50,00]	25,00 [0,00; 50,00]	25,00 [0,00; 50,00]	0,932	0,865	0,816
3 мес	50,00 [25,00; 75,00]	50,00 [25,00; 75,00]	50,00 [25,00; 75,00]	0,941	0,142	0,108
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			
BP						
До лечения	42,00 [32,00; 74,00]	62,00 [41,00; 72,00]	52,00 [41,00; 74,00]	0,608	0,091	0,328
3 мес	74,00 [62,00; 84,00]	62,00 [51,00; 84,00]	62,00 [41,00; 84,00]	0,005	0,001	0,789
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	0,037			
GH						
До лечения	40,00 [30,00; 50,00]	35,00 [30,00; 42,00]	47,00 [25,00; 57,00]	0,104	0,434	0,044
3 мес	52,00 [40,00; 57,00]	40,00 [35,00; 57,00]	45,00 [32,00; 52,00]	0,030	0,007	0,748
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	0,980			
RH						
До лечения	36,82 [29,50; 42,14]	36,64 [32,53; 42,05]	35,91 [30,39; 43,16]	0,805	0,907	0,949
3 мес	44,48 [38,86; 49,68]	42,75 [37,95; 47,47]	39,02 [33,13; 46,06]	0,190	0,011	0,212
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			

Таблица 33 (продолжение)

Период	Группы исследования Me [IQR]			U-критерий		
	1-я основная (1), n=45	2-я основная (2), n=45	Контрольная (3), n=45	Манна-Уитни (p)		
				1-2	1-3	2-3
VT						
До лечения	45,00 [35,00; 55,00]	40,00 [35,00; 45,00]	50,00[35,00; 55,00]	0,234	0,415	0,018
Через 3 мес	55,00 [40,00; 70,00]	50,00 [40,00; 60,00]	55,00[45,00; 60,00]	0,074	0,637	0,172
T-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			
SF						
До лечения	62,50[50,00; 75,00]	75,00 [62,50; 87,50]	62,50[50,00; 75,00]	0,119	0,974	0,125
3 мес	75,00[75,00; 100,00]	75,00 [75,00; 100,00]	75,00[50,00; 75,00]	0,653	0,082	0,029
T-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			
RE						
До лечения	33,33[0,00; 66,67]	33,33 [0,00; 66,67]	33,33 [0,00; 66,67]	0,953	0,812	0,799
3 мес	100,00 [66,67; 100,00]	66,67 [33,33; 100,00]	33,33 [0,00; 66,67]	0,005	<0,001	0,015
T-критерий (p)	<0,001	<0,001	0,972			
MH						
До лечения	48,00 [44,00; 60,00]	52,00[48,00; 60,00]	33,33 [0,00; 66,67]	0,951	0,510	0,302
3 мес	60,00 [48,00; 72,00]	60,00 [52,00; 64,00]	56,00[48,00; 64,00]	0,428	0,103	0,378
T-критерий (p)	<0,001	<0,001	0,916			
MH						
До лечения	39,34 [34,51; 46,46]	43,75 [33,83; 46,07]	41,37[36,22; 47,23]	0,672	0,253	0,427
3 мес	47,78[40,61; 51,52]	45,15 [40,08; 48,15]	42,33[38,31; 47,77]	0,098	0,002	0,119
T-критерий (p)	<0,001	<0,001	0,358			

В основных группах улучшение качества жизни по параметру PF (в 1-й группе - +50,0%, во 2-й группе - +27,3%) было выше, чем в группе контроля, но без достоверной разницы между собой. Позитивные изменения уровня ролевого функционирования (RP) отметили во всех группах без достоверного преимущества в одной из них. Снижение интенсивности болевого синдрома пациенты всех исследуемых групп отметили по ВАШ. Это нашло отражение в оценке параметра BP (интенсивность боли) качества жизни – достоверное повышение показателей BP во всех группах, но более значимо в 1-й основной

группе ($p_{1-2}=0,005$, $p_{1-3}=0,001$, критерий Манна-Уитни). Увеличение параметра общее здоровье (GH) и психологическое здоровье (MH) в динамике зафиксировали в основных группах без достоверных межгрупповых различий.

Жизнеспособность (VT) и социальное функционирование (SF) положительно изменились во всех группах в динамике без различий между группами. Наиболее значимое увеличение, среди оцениваемых параметров качества жизни, отметили по показателю RE в основных группах (в 3 раза – в 1-й группе, в 2 раза – во 2-й группе), что отражает улучшение эмоционального состояния пациентов этих групп на фоне снижения функциональных ограничений (Рисунок 10).

В контрольной группе значимых изменений этого параметра не произошло. Сопоставление результатов исследования по комплексным параметрам демонстрирует улучшение физического компонента здоровья (PH) во всех группах ($p<0,001$, критерий Вилкоксона) без статистического преимущества какой-либо группы. В психическом компоненте здоровья (MH) отметили достоверное увеличение в основных группах и отсутствие улучшения в контрольной группе.

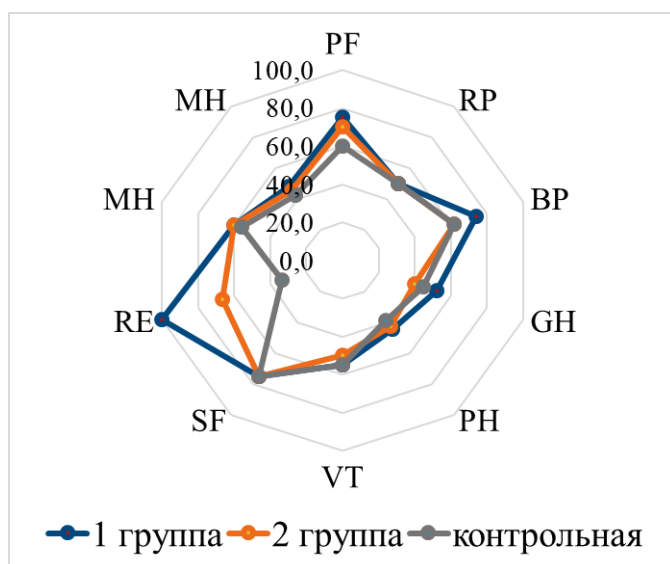


Рисунок 10 - Показатели качества жизни по опроснику SF-36 после лечения

В результате анализа изменений психоэмоционального состояния пациентов с ДАНК после проведенного курса лечения отметили улучшение по всем трём

параметрам, оцениваемых в опроснике САН, во всех исследуемых группах ($p < 0,001$) (Таблица 34).

Таблица 34 - Изменение состояния психо-эмоциональной сферы по опроснику САН под влиянием лечения

Период	Группы исследования Me [IQR]			U-критерий Манна-Уитни (p)		
	1-я основная (1), <i>n</i> =45	2-я основная (2), <i>n</i> =45	Контрольная (3), <i>n</i> =45	1-2	1-3	2-3
Самочувствие						
До	3,20 [2,60; 4,20]	3,50 [2,80; 4,10]	3,30 [3,10; 4,00]	0,374	0,707	0,392
После	4,60 [3,50; 5,00]	4,40 [3,20; 5,00]	3,40 [3,10; 4,20]	0,743	0,003	0,015
T-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			
Активность						
До	3,70 [3,0; 4,40]	3,60 [2,50; 4,40]	3,90 [3,10; 4,40]	0,660	0,771	0,942
После	4,70 [3,30; 5,70]	4,00 [3,10; 4,60]	3,90 [3,10; 4,50]	0,034	0,015	0,664
T-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			
Настроение						
До	3,60 [3,10; 4,80]	3,80 [3,40; 4,60]	4,40 [3,50; 4,70]	0,487	0,161	0,254
После	5,00 [4,10; 5,80]	4,20 [3,80; 5,10]	4,60 [3,60; 5,20]	0,051	0,086	0,993
T-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			

В основных группах субъективное улучшение по параметру «самочувствие» превосходило динамику в группе контроля ($p_{1-3}=0,003$, $p_{2-3}=0,015$, критерий Манна-Уитни), но без разницы между основными группами. Достоверных отличий между группами по параметрам «активность» и «настроение» после курса лечения не выявлено.

4.7 Изменения показателей электронейромиографического исследования после лечения

Оценка результатов ЭНМГ исследования у 71 пациента после лечения позволило выявить достоверное улучшение исследуемых параметров во всех группах (Таблица 35).

Таблица 35 - Динамика показателей электронейромиографического исследования пациентов с ДПН после лечения

Период	Группы исследования Me [IQR]			U-критерий		
	1-я основная (1), n=22	2-я основная (2), n=23	Контрольная (3), n=26	Манна-Уитни (p)		
				1-2	1-3	2-3
Малоберцовый нерв						
Амплитуда M, мВ						
До	1,71 [0,92; 3,04]	1,68 [0,76; 2,24]	2,03 [0,68; 2,69]	0,689	0,808	0,839
После	2,68 [1,85; 4,58]	2,19 [1,46; 3,87]	2,12 [1,02; 2,90]	0,161	0,014	0,259
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			
CPB на голени, м/с						
До	39,08 [37,93; 40,18]	38,83 [38,13; 39,87]	38,91 [37,82; 39,66]	0,613	0,569	0,912
После	40,12 [38,87; 41,18]	39,57 [38,52; 40,16]	39,12 [38,28; 40,23]	0,156	0,149	0,980
Т-критерий (p)	<0,001	0,002	<0,001			
Резидуальная латентность, м/с						
До	3,74 [2,64; 4,37]	3,11 [2,76; 3,77]	3,55 [2,71; 3,96]	0,394	0,883	0,348
После	3,32 [2,23; 4,09]	2,84 [2,25; 3,64]	3,39 [2,53; 3,75]	0,667	0,710	0,283
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			
Большеберцовый нерв						
Амплитуда M, мВ						
До	1,51 [0,66; 2,72]	1,48 [0,59; 2,30]	1,58 [0,60; 2,61]	0,672	0,830	0,575
После	2,42 [1,56; 3,78]	1,67 [1,32; 2,91]	1,63 [0,81; 3,07]	0,080	0,016	0,345
Т-критерий (p)	<0,001	0,001	<0,001			
CPB на голени, м/с						
До	38,02 [36,89; 39,12]	37,73 [36,92; 38,43]	37,52 [36,83; 39,12]	0,560	0,888	0,699
После	39,29 [37,36; 40,51]	38,26 [37,17; 39,27]	38,22 [37,26; 39,18]	0,119	0,132	0,922
Т-критерий (p)	<0,001	0,002	<0,001			
Резидуальная латентность, м/с						
До	4,27 [2,91; 4,89]	3,93 [2,91; 4,77]	4,25 [3,71; 4,81]	0,711	0,973	0,773
После	3,78 [2,64; 4,38]	3,78 [2,64; 4,56]	3,98 [3,32; 4,48]	0,778	0,471	0,634
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			
Икроножный нерв						
Амплитуда S-ответа, мВ						
До	2,73 [1,69; 4,85]	2,73 [1,57; 5,28]	2,76 [1,69; 5,35]	0,827	0,852	0,658
После	3,42 [2,19; 5,91]	3,06 [1,92; 5,67]	2,91 [1,99; 5,51]	0,266	0,308	0,844
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			
CPB, м/с						
До	33,62 [25,65; 38,21]	32,36 [24,05; 39,68]	32,67 [25,19; 39,71]	0,925	0,959	0,912
После	36,41 [28,73; 40,21]	33,46 [26,67; 40,61]	33,49 [26,23; 40,37]	0,609	0,272	0,539
Т-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			

Так, рост показателей М-ответа и СРВ по малоберцовому нерву отметили во всех группах ($p < 0,001$, критерий Вилкоксона), без статистической значимой разницы между группами. Снижение показателей резидуальной латентности малоберцового нерва также отметили во всех группах, что может свидетельствовать о начале процесса восстановления миелиновой оболочки дистальной интрамукулярной части нерва после проведенного курса лечения.

Изменения той же направленности зафиксировали по ЭНМГ-показателям большеберцового нерва.

Увеличение сенсорного ответа (амплитуда S-ответа) и СРВ при исследовании чувствительных волокон икроножного нерва свидетельствует о позитивных изменениях произошедших после лечения в афферентной части периферической нервной системы нижних конечностей пациентов всех исследуемых групп ($p < 0,001$, критерий Вилкоксона). Достоверных различий между группами не выявили.

4.8 Динамика лабораторных методов исследования

Наиболее заметные изменения лабораторных показателей в динамике наблюдения пациентов с ДАНК произошли по параметрам, характеризующим углеводный обмен. Уровень компенсации нарушений углеводного обмена претерпел после курса комбинированного лечения положительные достоверные изменения во всех группах ($p < 0,001$, критерий Вилкоксона), но более значимо гликемический профиль снизился в основных группах - на 20,5% и 20,8% соответственно, в контрольной – только на 10,6% ($p_{1-3} < 0,001$, $p_{2-3} = 0,013$, критерий Манна-Уитни) (Таблица 36). Полученные результаты подтверждают данные Georges Jabbour et al в работе 2015 г, в которой низкочастотная стимуляция привела к более значимому снижению уровня гликемии по сравнению с контрольной группой [95].

Положительные изменения средних величин отметили и в липидном профиле лабораторных параметров у пациентов всех исследуемых групп.

Показатель общего холестерина на фоне проводимого лечения достоверно снизился во всех группах (1-я группа – 6,5%, 2-я группа – 3,6%, контрольная группа – 2,5%, $p < 0,001$, критерий Вилкоксона) без достоверного преимущества какой-либо группы.

Таблица 36 - Показатели углеводного обмена у пациентов исследуемых групп и их динамика после лечения, (ммоль/л)

Период	Группы исследования Me [IQR]			U-критерий Манна-Уитни (p)		
	1-я основная (1), n=45	2-я основная (2), n=45	Контрольная (3), n=45	1-2	1-3	2-3
Гликемический профиль, ммоль/л						
До лечения	8,80 [8,50; 9,90]	8,90 [8,50; 9,80]	8,95 [8,20; 10,20]	0,916	0,815	0,683
После лечения	7,00 [6,60; 7,50]	7,05 [6,40; 8,20]	8,00 [7,38; 8,60]	0,768	<0,001	0,013
T-критерий (p)	<0,001	<0,001	<0,001			

4.9 Комплексная оценка эффективности проведенного лечения

Комплексная оценка эффективности восстановительного лечения позволила выявить у большинства пациентов (77,8 %), получавших ФЭС с частотой 10-30 Гц, значительное улучшение или улучшение основных клинико-функциональных показателей (Рисунок 11). 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.

Таким образом, непосредственные результаты проведенного лечения, позволили определить высокую эффективность метода ФЭС нижних конечностей у пациентов с диабетическими ангиопатиями нижних конечностей.

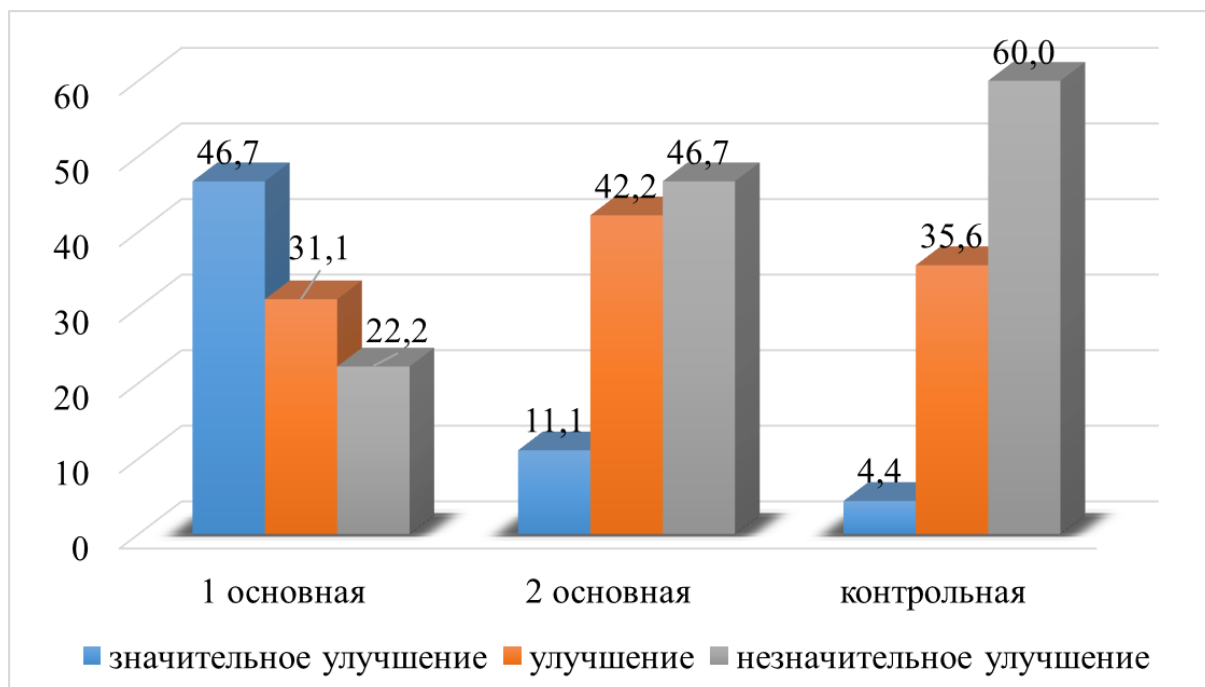


Рисунок 11 - Эффективность лечения в группах пациентов после курса, %

В то же время, сравнительный анализ различных методик позволило выявить преимущество применения ФЭС с использованием частотных характеристик электрического тока от 10 до 30 Гц. Более высокий уровень улучшения результатов функциональных тестов в 1-й основной группе может отражать преимущество в объеме физической активности у пациентов этой группы. Снижение болевых проявлений в ходьбе и восстановление сократительной способности мышечной ткани нижних конечностей способствовало повышению уровня физической активности и связанного с этим улучшения метаболических биохимических процессов.

ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ОТДАЛЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ДИАБЕТИЧЕСКИМИ АНГИОПАТИЯМИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

Учитывая сложность течения и многофакторность патогенеза сосудистых осложнений сахарного диабета, наряду с оценкой непосредственных результатов лечения представляло большой интерес выяснение того, в какой мере они сохраняются в дальнейшем. С этой целью через 6 месяцев после окончания курса реабилитационных мероприятий нами было проведено обследование 70 пациентов (22 человека из 1-й основной группы, 25 – из 2-й основной группы и 23 – из группы контроля). Обследование включало оценку клинических проявлений заболевания, анализ опросников состояния периферической нервной системы, лазерную доплеровскую флоуметрию (ЛДФ), функциональное тестирование нарушений ходьбы по данным тредмил-теста, исследование лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ), оценку психо-эмоционального состояния и качества жизни по данным опросников для этой сферы.

Анализ полученных данных позволил установить, что в большинстве случаев (65 %) после окончания лечения пациенты возвращались к привычному образу жизни, но старались следовать врачебным назначениям в плане поддерживающей лекарственной терапии и здорового питания, поддерживать необходимый уровень физической активности и выполнять рекомендуемые упражнения лечебной гимнастики.

Большинство пациентов всех изучаемых групп через 6 месяцев после проведенного лечения отмечали определенный регресс положительных результатов лечения – начинала постепенно возрастать интенсивность болевого синдрома (Таблица 37), происходило снижения силы и увеличение нарушений чувствительности в нижних конечностях в сравнении с периодом непосредственно после лечения.

Как следует из таблицы 37 невысокое по степени выраженности, но статистически достоверное по всем группам возрастание средних значений

показателя ВАШ, характеризующего выраженность болевого синдрома наблюдалось как среди лиц основных групп, так и группы контроля. Вместе с тем, при осуществлении межгруппового сравнения удалось установить, что выраженность болей в области нижних конечностей в 1-й группе продолжала оставаться на более низком уровне по сравнению с контрольной группой пациентов. Таким образом, воздействие токами более низкой частоты явилось предпочтительным не только с точки зрения достижения высоких результатов по устранению болевого синдрома, но и с точки зрения длительности сохранения достигнутых результатов.

Таблица 37 - Изменения выраженности болевого синдрома по шкале ВАШ через 6 месяцев после окончания лечения

Период	Группы исследования Me [IQR]		
	1-я основная, n=22	2-я основная, n=25	контрольная n=23
Непосредственно после лечения	2,0 [1,0; 2,0]	2,0 [1,0; 3,0]	3,0 [2,0; 4,0]
Через 6 месяцев после лечения	3,0 [2,0; 3,0] # *	3,0 [2,0; 4,0] #	3,0 [2,0; 5,0] #

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

Не менее важным являлось получение ответа на вопрос в какой мере после окончания лечения продолжали сохраняться симптомы, характеризующие диабетическую полинейропатию. Анализ результатов, полученных при использовании опросников «Неврологического симптоматического счета» (НСС) и «Шкалы общих симптомов» (TSS) у пациентов с диабетической полинейропатией (n=52) позволил выявить, что спустя 6 месяцев после лечения, даже несмотря на некоторый регресс достигнутых результатов, наблюдаемый у большинства пациентов, продолжало сохраняться достоверное преимущество 1-й группы перед 2-й и контрольной группами по параметрам «онемение» (обе шкалы – Таблицы 38 и 39) и по параметру «судороги» (шкала НСС).

Таблица 38 - Динамика количественной оценки показателей параметров «онемение» и «судороги» шкалы НСС через 6 мес после лечения, балл

Период	Группы исследования Ме [IQR]		
	1-я основная, <i>n</i> =18	2-я основная, <i>n</i> =17	контрольная, <i>n</i> =17
Онемение			
Непосредственно после лечения	0,0 [0,0; 1,0]	1,0 [1,0; 1,0]	1,0 [1,0; 1,0]
Через 6 месяцев после лечения	1,0 [0,0; 1,0] # * ^	1,0 [1,0; 1,0]	1,0 [1,0; 1,0]
Судороги			
Непосредственно после лечения	0,0 [0,0; 1,0]	1,0 [1,0; 2,0]	1,0 [1,0; 2,0]
Через 6 месяцев после лечения	0,0 [0,0; 1,0] # * ^	1,0 [1,0; 1,0]	1,0 [1,0; 2,0]

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

Таблица 39 - Динамика количественной оценки показателей параметра «онемение» шкалы TSS через 6 мес после лечения, балл

Период	Группы исследования Ме [IQR]		
	1-я основная, <i>n</i> =18	2-я основная, <i>n</i> =17	контрольная, <i>n</i> =17
Онемение			
Непосредственно после лечения	0,0 [0,0; 2,0]	1,3 [1,0; 2,0]	2,0 [1,3; 2,0]
Через 6 месяцев после лечения	1,0 [1,0; 1,3] # * ^	1,3 [1,0; 2,3]	2,0 [1,3; 2,3]

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

При изучении характера сенсомоторных нарушений по шкале НДС через 6 месяцев после лечения было выявлено не выраженное, но статистически значимое во всех исследуемых группах ослабление достигнутых ранее результатов, без достоверной разницы между группами. Исключением явилась динамика показателей вибрационной чувствительности: средние их значения в 1-й основной группе продолжали сохраняться на более высоком уровне ($p < 0,017$) по сравнению

с пациентами 2-й и особенно контрольной групп. Данный результат, предположительно, может указывать на восстановление, прежде всего, сенсорных толстых миелинизированных волокон на фоне курса лечения с применением импульсной электротерапии с более низкими частотами (10-30 Гц).

Способность к передвижению без боли во многом определяет качество жизни пациентов с диабетическими ангиопатиями. С этой целью был повторно выполнен тредмил-тест для функциональной оценки ходьбы, показавший также некоторое ухудшение достигнутых ранее результатов во всех группах. Итоговым результатом данного исследования явилось следующее: по параметру ДБХ достоверных различий между изучаемыми группами выявить не удалось, однако по другому критерию – показателю МДХ - четко отмечалось, статистически значимое, сохранение преимущества ($p < 0,017$) 1-й основной по сравнению с другими группами.

Указанный факт в определенной мере свидетельствует о более благоприятном влиянии курсового применения импульсных токов частотой 10-30 Гц на сохранение функциональных возможностей пациентов в ходьбе. Как было показано, наиболее устойчивым к обратному развитию параметром во всех группах являлся МДХ. Это можно объяснить снижением интенсивности болевого синдрома при ходьбе на фоне проведенного лечения, который ограничивает ходьбу в меньшей степени, чем до начала лечения.

Полученные нами данные показывают, что в большинстве случаев тот или иной регресс клинических симптомов и функциональных показателей у больных диабетической ангиопатией начинает проявляться через 3-5 месяцев после окончания лечения. Вышеуказанное обстоятельство позволяет сделать предположение о необходимости и целесообразности проведения повторных курсов восстановительного лечения для данной категории пациентов через каждые 3-4 месяца. В подтверждение к сказанному является то, что нарастание проявлений ишемии нижних конечностей (по показателю ЛПИ) после окончания курса лечения через 6 месяцев также происходило во всех группах. Однако и в

этом случае межгрупповое сравнение позволило определить преимущество 1-й группы перед контрольной группой ($p_{1-3}=0,006$, критерий Манна-Уитни).

Наряду с изменениями функциональных показателей, демонстрирующих ухудшение магистрального кровообращения, в течение 6 месяцев после лечения был выявлен и регресс параметров микроциркуляции (таблица 40).

Таблица 40 - Динамика показателей микроциркуляции в области плантарной поверхности I пальца нижней конечности у пациентов через 6 мес после лечения

Период	Группы исследования		
	1-я основная, <i>n</i> =22	2-я основная, <i>n</i> =25	контрольная, <i>n</i> =23
Мнутр, п.е.			
Непосредственно после лечения	4,90 [4,28; 5,77]	4,26 [2,65; 4,83]	3,50 [2,71; 3,69]
Через 6 месяцев после лечения	4,41 [3,82; 5,18] #*^	3,10 [2,26; 4,42] #	3,12 [2,32; 3,82]
ПШ (показатель шунтирования)			
Непосредственно после лечения	1,96 [1,90; 2,31]	1,94 [1,80; 2,47]	2,05 [1,85; 2,24]
Через 6 месяцев после лечения	1,42 [1,30; 1,78]) #*^	1,84 [1,59; 2,52]	2,10 [1,79; 2,40]
ТРМ (термальный резерв микроциркуляции), %			
Непосредственно после лечения	167,00 [155,00; 176,00]	163,00 [140,00; 180,00]	161,0 [139,00; 176,00]
Через 6 месяцев после лечения	187,00 [180,0; 210,0] #*^	161,00 [149,00; 186,00] #	161,0 [140,0; 177,0] #

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

Так, показатель перфузии нутритивного кровотока (Мнутр) достоверно снизился в основных группах на 10,0% (с 4,90 [4,28; 5,77] до 4,41 [3,82; 5,18]) перф.ед., и на 27,2 % с 4,26 [2,65; 4,83] до 3,10 [2,26; 4,42] перф.ед. соответственно, в отличие от группы контроля, где аналогичных достоверных изменений не выявлено. Причиной данного факта является то, что значения этого параметра после лечения в контрольной группе находились на существенно более низком уровне.

Среднее значение показателя ПШ, отражающего состояние регулирующий микроциркуляцию механизмов, в 1-й группе через 6 месяцев после лечения достоверно отличались от остальных групп и демонстрировали более приближенный к физиологическому уровень шунтирования кровотока.

Как было указано ранее, проведенное восстановительное лечение позитивно отразилось на качестве жизни и психоэмоциональном фоне пациентов групп исследования. Важным представлялась оценка, в какой мере достигнутые положительные результаты сохранялись у пациентов в дальнейшем. Одновременная оценка характера изменений психо-эмоционального статуса показала, что пациенты основных групп непосредственно после лечения отмечали эмоциональный подъем, обусловленный увеличением уровня функциональной независимости, который позволял им быть более активными в выполнении бытовых задач в домашних условиях и сохранять работоспособность. Но сложность течения заболевания, высокая его коморбидность определили снижение психо-эмоционального фона у пациентов всех исследуемых групп, что было определено на основании анализа результатов выполненного анкетирования по опросникам SF-36 и САН. Тем не менее, нами отмечено достоверное преимущество 1-й группы перед двумя другими по параметру RE (ролевое функционирование, обусловленное эмоциональным состоянием SF-36) и сохранение достоверного преимущества по параметру «самочувствие» опросника САН в 1-й группе по сравнению с другими и 2-й группы перед контрольной [54] (рисунок 12).

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 13).

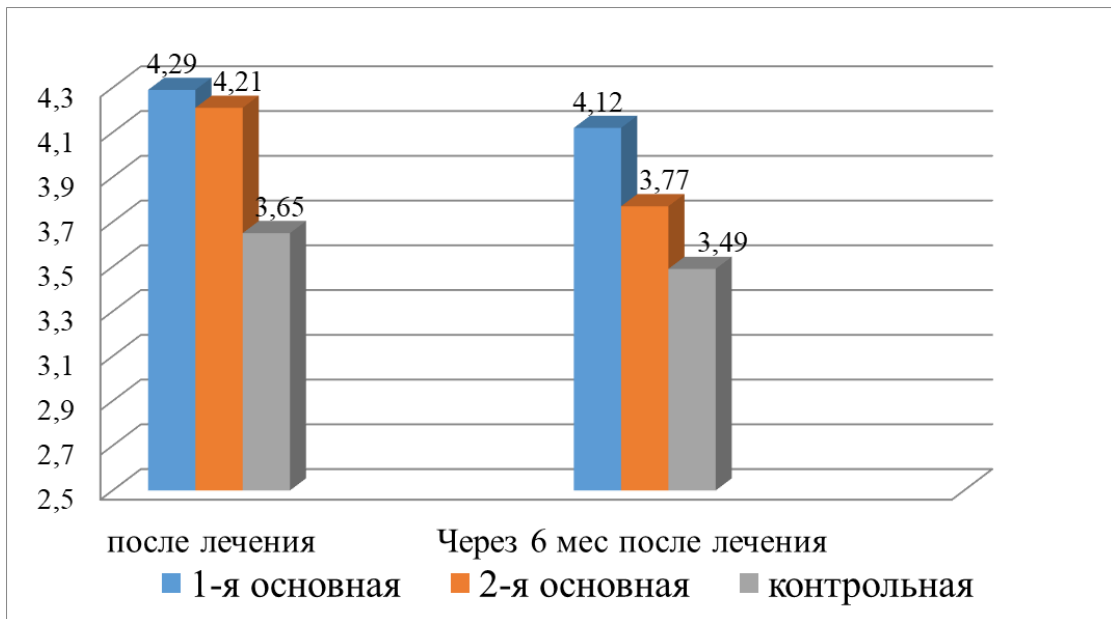


Рисунок 12 - Изменение состояния параметра «самочувствие» по опроснику САН через 6 мес после лечения

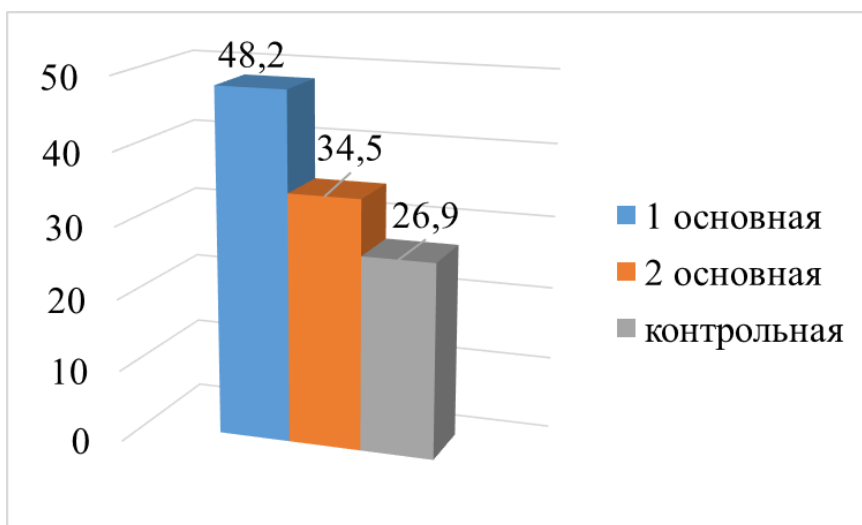


Рисунок 13. Сохранение достигнутых под влиянием лечения положительных результатов через 6 месяцев, %

Таким образом, анализ отдаленных результатов восстановительного лечения, в том числе с применением импульсных токов различной частоты, показал, что включение процедур электростимуляции в лечебный комплекс позволило достичь более значимых результатов, при чем это касалось как степени выраженности клинических проявлений так и показателей функционального

тестирования. Вместе с тем следует отметить, что по большинству изучаемых параметров результаты в 1-й группе даже спустя 6 месяцев сохранялись на более высоком уровне по сравнению со 2-й основной и, тем более, группой контроля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пандемический рост СД2 приводит к высокой заболеваемости и смертности из-за его осложнений, в том числе поражения сердечно-сосудистой и периферической нервной систем. Прогрессирование сосудистых нарушений и диабетической полинейропатии (ДПН) при сахарном диабете 2 типа сопровождается трофическими нарушениями тканей и является непосредственной причиной нетравматических ампутаций примерно в 50% случаев. Пациенты с СД, с момента постановки диагноза, находятся в самой высокой группе риска на возможные сосудистые катастрофы. Атеросклероз при СД носит очень агрессивный характер и является главной причиной инвалидизации и смертности пациентов. Поражение сосудистого русла носит тотальный характер – поражаются артерии с большим диаметром и капиллярная сеть. Во многом, следствием патологического процесса в мелкокалиберных перинеуральных сосудах, у пациентов развивается диабетическая полинейропатия. Это осложнение значительно повышает тяжесть проявлений болезни и осложняет прогноз.

Хорошо известно о положительном влиянии различных физических факторов на состояние периферического кровообращения, периферической и вегетативной нервной систем у пациентов с сосудистыми и неврологическими осложнениями сахарного диабета. Многими исследователями доказано значительное снижение риска развития сердечно-сосудистых осложнений СД2 под влиянием регулярных физических тренировок. Преимущественно применяются циклические упражнения, характеризующиеся попеременным сокращением и расслаблением мышц нижних конечностей, в сочетании с упражнениями на расслабление и дыхательными упражнениями [182]. Однако, учитывая высокий уровень коморбидности пациентов с СД2 и сосудистыми осложнениями нижних конечностей, задача повышения уровня физической активности, на фоне появления многих лимитирующих факторов, становится труднореализуемой. С целью решения этой задачи было проведено исследование влияния функциональной электростимуляции нижних конечностей синхронизированной с педалированием

на велоэргометре на клинические проявления у пациентов с диабетической ангиопатией нижних конечностей. Выбор данного воздействия связан с тем, что эффективность метода доказана при заболеваниях центральной и периферической нервной системы, опорно-двигательного аппарата, мышечной системы. Одновременное выполнение электростимуляции и произвольных движений способны потенцировать лечебные эффекты и способствуют более эффективному и сильному сокращению мышц, поскольку при этом рекрутируются большее количество двигательных единиц.

Для выбора оптимальных параметров лечения была проведена оценка клинической картины и определение степени функциональных нарушений у пациентов с диабетической ангиопатией нижних конечностей. Ведущей жалобой пациентов являлись боли разной степени интенсивности при ходьбе. Боль, по видимому, носила ишемический характер, так как ее появление происходило при ходьбе и исчезала в покое. Средняя величина интенсивности боли по шкале ВАШ равнялась 4,0 [3,0; 5,0] баллов. Большинство пациентов имели невысокую 1-ю степень (66,7%) ишемии нижних конечностей, что характеризовалось появлением болей в нижних конечностях после прохождения значительного расстояния (более 500 м). Помимо боли в ходьбе, распространенными жалобами также были нейропатические, усиливающиеся ночью, боли в нижних конечностях (установлена у 36 пациентов), слабость, чувство онемения, покалывания той же локализации, беспокоили ощущение зябкости стоп и неустойчивость при стоянии и ходьбе. По шкале субъективной оценки НСС самым высоким по средним значениям параметром определен «покалывание», по шкале TSS – параметры – «парестезии», «онемение».

Большинство пациентов имели высокий уровень коморбидности, в частности, что характерно для СД2, была выявлена сопутствующая патология в виде ИБС, гипертонической болезни, ожирения. Единый патоморфологический субстрат в виде микроангиопатии обусловил наличие у 77,8 % пациентов диабетической полинейропатии, 65,2 % ретинопатии, 21,5 % нефропатии.

Проведенная оценка уровня критической нагрузки в ходьбе, вызывающей болевой синдром в виде перемежающейся хромоты, по данным тредмил-теста продемонстрировала снижение оцениваемых параметров ДББХ и МДХ до средних величин равных 370,0 [245,0; 400,0] м и 490,0 [380,0; 520,0] м соответственно. Полученные результаты соответствуют степени умеренных нарушений. Выявленные функциональные нарушения при ходьбе соответствуют данным характеризующим снижение магистрального кровотока по значениям ЛПИ. Согласно показателю ЛПИ более половины пациентов (55,6 %) имело невысокую степень артериальной недостаточности нижних конечностей, умеренную степень отметили у 14,8 %, высокую – у 29,6 %.

Анализ данных ЛДФ продемонстрировал изменения гемомикроциркуляции у пациентов с ДАП. Средние значения нутритивного (капиллярного) кровотока (Мнутр) были достоверно ниже у пациентов по сравнению со здоровыми испытуемыми. Отмеченное снижение Мнутр во многом обусловлено увеличением шунтового кровотока в обход нутритивного русла, что проявилось увеличением показателя шунтирования (ПШ). Изменения микрогемодинамики по спастико-атоническому типу, характерные для пациентов с СД2, нашли отражение в параметрах амплитудно-частотного спектра вазомоторных колебаний – в области нейрогенных (Ан) и миогенных (Ам) колебаний. Ограничение констрикторных механизмов управления кровотока отразилось, также, в параметре индекс эффективности микроциркуляции (ИЭМ), который был достоверно выше в группе здоровых ($p=0,018$). Выполнение термальной пробы позволило выявить снижение адаптационных функциональных резервов микроциркуляторного русла у пациентов с ДАНК на 27,5 % по сравнению со здоровыми ($p<0,001$).

Объективная неврологическая оценка позволила определить средний уровень сенсомоторных нарушений периферической нервной системы пациентов как умеренно выраженный. Наиболее частым симптомом выявляли снижение вибрационной чувствительности (85,7 % пациентов с ДПН), со средним уровнем распространенности патологического процесса – до середины стопы – лодыжек. У

89,5 % было определено снижение глубоких сухожильных рефлексов нижних конечностей. Большинство исследуемых пациентов (69,5%) имели сенсомоторный дефицит периферической нервной системы на уровне умеренной степени тяжести.

Исследование психо-эмоционального статуса пациентов с помощью опросников SF-36 и САН, позволило говорить о снижении физического и психического компонентов здоровья у пациентов с СД2 и диабетическими ангиопатиями и значительном ограничении их повседневной деятельности и снижении качества жизни.

Для определения эффективности влияния ФЭС нижних конечностей на клинические проявления ДАП у пациентов с СД2 было проведено исследование, включающее обследование и лечение 135 пациентов (93 мужчины и 42 женщины) с данным заболеванием. Методом простой рандомизации все пациенты были разделены на 3 группы – две основные и одну контрольную (по 45 человек в каждой) [5].

Пациенты контрольной группы получали общепринятую базисную медикаментозную терапию, диету и ЛФК в форме лечебной гимнастики, тренировочной ходьбы на тредмиле и тренировок с БОС по опорной реакции на стабилометрической платформе [5]. Пациенты двух основных групп получали дополнительно ФЭС нижних конечностей от аппарата RT-300. 1-я основная группа получала электростимуляцию с частотой, изменяемой во время курса лечения, от 10 до 30 Гц, 2-я основная группа – с частотой от 80 до 100 Гц [5].

После завершения курса лечения регресс клинической симптоматики отметили во всех группах, но с различающейся частотой. Количество пациентов, предъявляющих жалобы на жжение в нижних конечностях и состояние кожных покровов, уменьшилось во всех группах без статистической разницы между группами. Уменьшение степени выраженности нейропатической боли по опроснику НСС также было характерно для всех исследуемых групп без разницы при межгрупповом сравнении. Объективная оценка изменений разных видов

чувствительности продемонстрировала одинаковый рост болевой чувствительности. Все применяемые параметры ЭНМГ исследования показали рост во всех исследуемых группах, что демонстрирует процесс восстановления нервной проводимости. Произошедшие позитивные изменения отразились на психо-эмоциональном состоянии пациентов – интегральный показатель «физический компонент здоровья» по опроснику SF-36 во всех группах отмечен увеличением без различий между группами ($p < 0,001$, критерий Вилкоксона). Одинаково улучшились также уточняющие компоненты – «ролевое функционирование, обусловленное физическим состоянием», «жизненная активность», «социальное функционирование». Рост средних значений показателей «активность» и «настроение» во всех группах по опроснику САН положительно характеризует все применяемые в исследовании программы физической терапии.

Применение ФЭС в основных группах позволило зафиксировать преимущество включения этого метода в лечебную программу по некоторым исследуемым параметрам. Так, уменьшение или исчезновение боли при ходьбе показали 94,6 % и 79,5 % пациентов основных групп соответственно без статистической разницы, в контрольной группе – в 54,5 % случаев. Жалобы на парестезии в стопах, ощущение зуда в нижних конечностях, на неустойчивость при стоянии или ходьбе уменьшились в большем числе случаев в основных группах, по сравнению с контрольной. Количественная оценка жалоб у пациентов с ДПН по шкалам НСС и TSS продемонстрировала достоверное улучшение параметра «Общий балл» по этим шкалам во всех группах, но с преимуществом перед контрольной в основных группах ($p < 0,017$). При оценке изменений психо-эмоциональной сферы по опроснику SF-36 преимущество применения ФЭС перед группой базовой терапии проявляется в оценке параметров РН (физическое функционирование) - в 1-й группе - +50,0 %, во 2-й группе - +27,3 %; GH (общее состояние здоровья), МН (психическое состояние здоровья).

Исследование углеводного обмена после окончания курса лечения продемонстрировало статистически значимое улучшение гликемического профиля во всех группах, но достоверно выше эти изменения произошли в основных группах по сравнению с контрольной ($p < 0,017$, критерий Манна-Уитни).

Сравнение клинической эффективности применения ФЭС с разными частотными характеристиками позволило определить преимущество применения тока с частотой от 10 до 30 Гц по ряду параметров. Проведенное лечение позволило достоверно снизить интенсивность болевого синдрома, оцениваемую по шкале ВАШ, со статистически значимым преимуществом перед двумя другими в 1-й группе ($p < 0,017$). Боль нейропатического характера у пациентов с ДПН регрессировала полностью или уменьшилась в 94,4 % случаев в 1-й группе, что достоверно превышало результаты полученные во 2-й группе (68,7 %) и особенно группе контроля (30,8 %).

Устранение или снижение проявлений слабости нижних конечностей, под воздействием ФЭС, ожидаемо, было достигнуто с достоверным преимуществом в основных группах перед контрольной и, также достоверно, улучшение по этому симптому было отмечено в 1-й группе перед 2-й. Чувство онемения также достоверно стало беспокоить меньше в 1-й группе по сравнению с другими.

Оценка объективных неврологических симптомов по шкале НДС показала достоверное преимущество основных групп перед контрольной и 1-й перед 2-й группой.

К завершению курса лечения было отмечено достоверное улучшение макрогемодинамики нижних конечностей во всех группах исследования, которое оценивалось по ЛПИ. Однако рост показателей этого параметра на 8,7 % был достоверно выше в 1-й основной группе ($p < 0,017$), чем во 2-й и 3-й группах.

Изменения гемодинамики были отмечены к окончанию лечения и на уровне микроциркуляторного русла. По данным ЛДФ на оптимизацию микрогемодинамики в основных группах указывает достоверное увеличение мышечного тонуса прекапиллярного звена (Ам) и, связанный с этим процесс, уве-

личения показателей микрокровотока ($M_{\text{нупт}}$) и уменьшения застойных явлений (ПШ), но изменения $M_{\text{нупт}}$ и ПШ были достоверно выше в 1-й группе по сравнению со 2-й.

Рост адаптационных возможностей капиллярного русла наблюдали также по достоверному увеличению параметров термальных функциональных проб во всех группах ($p < 0,05$), но в контрольной и 2-й основной группах эти изменения были меньше чем в 1-й основной ($p < 0,017$).

Позитивные гемодинамические сдвиги отразились на состоянии толерантности к физической нагрузке. После завершения курса лечения параметры тредмил-теста во всех группах достоверно изменились в направлении увеличения ($p < 0,05$), но с разной величиной: показатели ДДБХ в 1-й группе достоверно выше аналогичных показателей в других группах, а показатели МДХ выше в основных группах, по сравнению с контрольной, но также с преимуществом 1-й перед 2-й группой.

Изменения стабилметрических показателей равновесия после курса лечения в большей степени были отмечены в 1-й группе исследования - статистически значимое снижение показателя А (под) и расчетного коэффициента K_2 , характеризующих лучшую устойчивость в основной стойке в усложненных условиях. Данные параметры имели достоверное преимущество в 1-й группе перед двумя другими. Изменения стабилметрических параметров в контрольной группе не носили достоверного характера, а во 2-й группе только по коэффициенту K_2 . Предположительно, физиологический смысл данного результата - рост проприоцептивной афферентации от нижних конечностей и улучшенной способности мышц нижних конечностей функционировать в основной стойке у пациентов, получавших электротерапию более низкой частоты.

Преимущество 1-й группы по снижению интенсивности болевого синдрома перед другими группами, подтвержденное по шкале ВАШ, отразилось на показателе ВР (интенсивность боли) опросника SF-36 – к концу курса лечения данный параметр достоверно превосходил средние значения в других группах.

Анализ отдаленных результатов лечения, выполненный через 6 месяцев после его окончания показал сохранение преимущества группы лечения с применением ФЭС нижних конечностей в виде импульсного тока с частотой 10-30 Гц на снижение интенсивности болевого синдрома, что позволило продолжать достигать в этой группе достоверно лучшие результаты в тредмил-тесте по параметру МДХ ($p < 0,017$)[182]. Хороший функциональный результат в 1-й группе также может быть связан с продолжением преимущества перед контрольной группой по параметру исследования магистрального кровотока – ЛПИ. Несмотря на общую некоторую деградацию как магистрального кровообращения, так и микроциркуляции через 6 мес после лечения, уровень капиллярного кровотока (Мнутр) при оценке методом ЛДФ в 1-й группе оставался выше показателей в других группах, а значения шунтирующего микрокровотока в 1-й группе продолжали позитивно отличаться от показателей данного параметра в других группах.

Таким образом, несмотря на регресс большинства оцениваемых параметров во всех группах исследования, сохранилось преимущество некоторых результатов в 1-й группе даже спустя 6 месяцев по сравнению со 2-й основной и, тем более, группой контроля.

На основании выполненного исследования нами научно обоснована методика применения функциональной электростимуляции нижних конечностей у пациентов с диабетической ангиопатией. Методика характеризуется постепенным увеличением длительности процедуры от 10 минут до 20 минут с поэтапным увеличением частоты проводимой электростимуляции от 10 Гц до 30 Гц. Сила тока подбирается таким образом, чтобы вызвать безболезненное мышечное сокращение. Курс электростимуляции рекомендовано проводить 4-5 раз в неделю, общей длительностью 10-12 процедур, повторять курс рекомендовано через 4-5 месяцев.

Учитывая, что по ряду показателей определено преимущество применения ФЭС с частотой от 80 до 100 Гц, нами высказывается предположение, что при

доминировании в клинической симптоматике жалоб на покалывание и гиперестезию, необходимо выбрать соответствующие частотные характеристики применяемой импульсной электротерапии.

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 безболевого 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 стабиллоплатформе 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 отдела 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 и проводимости нервных волокон 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 СОКРАЩЕНИЙ

- БОС - биологическая обратная связь
- ВАШ - визуально-аналоговая шкала
- ДАНК – диабетическая ангиопатия нижних конечностей
- ДББХ – дистанция безболевого ходьбы
- ДПН - диабетическая полинейропатия
- ЗПА – заболевания периферических артерий
- ИЭМ – индекс эффективности микроциркуляции
- ЛДФ - лазерная доплеровская флоуметрия
- ЛПИ – лодыжечно-плечевой индекс
- МДХ – максимальная дистанция ходьбы
- МСР – микрососудистое русло
- ПХ – перемежающаяся хромота
- ПШ - показатель шунтирования
- СД2 – сахарный диабет 2 типа
- СДС- синдром диабетической стопы
- СКО - среднее квадратичное отклонение
- СРВ - скорость распространения возбуждения
- ТРМ – резерв микроциркуляции
- ФЭС – функциональная электростимуляция
- ЭНМГ - электронейромиография

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аметов, А.С. Сахарный диабет: нужны кардинальные перемены! [Текст] // Эндокринология. Новости. Мнения. Обучение. – 2020. - Т.9, №1(30). - С.8–10.
2. IDF Diabetes Atlas [Электронный ресурс]. Brussels: International Diabetes Federation; 2021 -. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK581941> - Режим доступа: <https://diabetesatlas.org/2022-reports/> / (дата обращения: 02.12.2022).
3. 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.
4. Shou Z, Zhao Y, Zhang Y, Li S. Risk factors for peripheral arterial disease in elderly patients with Type-2 diabetes mellitus: A clinical study // Pak J Med Sci. – 2020. – Vol. 36(6). – P. 1344-1348.
5. 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.
6. Chen L, Magliano DJ, Zimmet PZ. The worldwide epidemiology of type 2 diabetes mellitus - present and future perspectives // Nat Rev Endocrinol. – 2012. – Vol. 8(4). – P. 228-236.
7. Черникова, Н.А. Вариабельность гликемии у пожилых пациентов с сахарным диабетом типа 2 / Н. А. Черникова, Л.Л. Камынина, А.С. Аметов // Клиническая геронтология. – 2019. – Т. 25, № 11-12. – С. 35-41.
8. Эпидемиологические характеристики сахарного диабета в Российской Федерации: клинико-статистический анализ по данным регистра сахарного диабета на 01.01.2021 / И. И. Дедов, М. В. Шестакова, О. К. Викулова [и др.] // Сахарный диабет. – 2021. – Т. 24, № 3. – С. 204-221.
9. Экстремальная категория риска в системе стратификации сердечно-сосудистых осложнений. Консенсус Совета экспертов / И.В. Сергиенко, М.В. Шестакова, С.А. Бойцов [и др.] // Фарматека. – 2019. – Т. 26, № 4. – С. 138-143.

10. Аметов, А.С. Управление сахарным диабетом 2 типа. Подходы к патогенетически обоснованной терапии / А.С. Аметов, О.П. Пьяных, Т.И. Дэпюи // Эндокринология. Новости. Мнения. Обучение. – 2020. – Т. 9, № 4(33). – С. 82-87.
11. Аметов, А.С. Избранные лекции XVIII Всемирного конгресса по инсулинорезистентности "Диабет и сердечно-сосудистые заболевания" / А.С. Аметов, О.П. Пьяных, И.И. Голодников // Эндокринология. Новости. Мнения. Обучение. – 2021. – Т. 10, № 1(34). – С. 8-13.
12. Калашников В.Ю., Викулова О.К., Железнякова А.В., Исаков М.А., Бондаренко И.З., Шестакова М.В., Дедов И.И. Эпидемиология сердечно-сосудистых заболеваний у больных сахарным диабетом, по данным Федерального регистра Российской Федерации (2013-2016 гг.) // Сахарный диабет. – 2019. – № 22(2). – С. 105-114.
13. Wang JS, Wu YL, Shin SJ, Tien KJ, Chin MC, Hwu CM. Hospitalization in patients with type 2 diabetes mellitus in Taiwan: A nationwide population-based observational study // J Formos Med Assoc. – 2019. – Vol. 118(2). – P. 90-95.
14. Cimminiello C. Never enough recommended. Beyond the AHA/ACC guideline on lifestyle and behavior for cardiovascular prevention // Eur J Intern Med. – 2019. – Vol. 70. – P. 8-9.
15. Merino J, Jablonski KA, Mercader JM, Kahn SE, Chen L, Harden M, Delahanty LM, Araneta MRG, Walford GA, Jacobs SBR, Ibebuogu UN, Franks PW, Knowler WC, Florez JC. Diabetes Prevention Program Research Group. Interaction Between Type 2 Diabetes Prevention Strategies and Genetic Determinants of Coronary Artery Disease on Cardiometabolic Risk Factors // Diabetes. – 2020. – Vol. 69(1). – P. 112-120.
16. American Diabetes Association. Cardiovascular Disease and Risk Management: Standards of Medical Care in Diabetes-2020 // Diabetes Care. – 2020. – Vol. 43(1). – P. 111-134.

17. Lin H, Sardana M, Zhang Y, Liu C, Trinquart L, Benjamin EJ, Manders ES, Fusco K, Kornej J, Hammond MM, Spartano NL, Pathiravasan CH, Kheterpal V, Nowak C, Borrelli B, Murabito JM, McManus DD. Association of Habitual Physical Activity With Cardiovascular Disease Risk // *Circ Res.* – 2020. – Vol. 127(10). – 1253-1260.
18. Sampson U.K., Fowkes F.G., McDermott M.M., Criqui M.H., Aboyans V., Norman P.E., Forouzanfar M.H., Naghavi M., Song Y., Harrell F.E. Jr, Denenberg J.O., Mensah G.A., Ezzati M., Murray C. Global and regional burden of death and disability from peripheral artery disease: 21 world regions, 1990 to 2010 // *Global Heart.* – 2014. Vol. 9(1). –P. 145-158.
19. Pradhan AD, Paynter NP, Everett BM, Glynn RJ, Amarenco P, Elam M, Ginsberg H, Hiatt WR, Ishibashi S, Koenig W, Nordestgaard BG, Fruchart JC, Libby P, Ridker PM. Rationale and design of the Pemafibrate to Reduce Cardiovascular Outcomes by Reducing Triglycerides in Patients with Diabetes (PROMINENT) study // *Am Heart J.* – 2018. – Vol. 206. – P. 80-93.
20. Rastogi A, Jude EB. Novel treatment modalities for painful diabetic neuropathy // *Diabetes Metab Syndr.* – 2021. – Vol. 15(1). – P. 287-293.
21. Barberin J., Granizo J.J., Aguilar L. et al. Predictive model of short-term amputation during hospitalization of patients due to acute diabetic foot infections // *Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica.* – 2010. – Vol. 28(10). – P. 680–684.
22. Влияние лазерного излучения на процессы репарации диабетических ран и язв / В.В. Мараев, В.И. Елисеенко, М.М. Мусаев, В.А. Дуванский // *Лазерная медицина.* – 2019. – Т. 23, № S3. – С. 22.
23. Сахарный диабет 2 типа у взрослых / И.И. Дедов, М.В. Шестакова, А.Ю. Майоров [и др.] // *Сахарный диабет.* – 2020. – Т. 23, № S2. – С. 4-102.
24. Зайцева, Е.Л. Отдаленные результаты лечения хронических ран стоп рекомбинантным человеческим эпидермальным фактором роста у пациентов с

осложнениями сахарного диабета / Е.Л. Зайцева, В.М. Жиляев, Г.Р. Галстян // Сахарный диабет. – 2020. – Т. 23, № 6. – С. 532-540.

25. Morales DCV, Bhavnani SP, Ahlberg AW, Pullatt RC, Katten DM, Polk DM, Heller GV. Coronary risk equivalence of diabetes assessed by SPECT-MPI // J Nucl Cardiol. – 2019. – Vol. 26(4). – P. 1093-1102.

26. Muniyappa R, Chen H, Montagnani M, Sherman A, Quon MJ. Endothelial dysfunction due to selective insulin resistance in vascular endothelium: insights from mechanistic modeling // Am J Physiol Endocrinol Metab. – 2020. – Vol. 319(3). – P. 629-646.

27. Suades R, Cosentino F, Badimon L. Glucose-lowering treatment in cardiovascular and peripheral artery disease // Curr Opin Pharmacol. – 2018. – Vol. 39 – P. 86-98.

28. Saltiel AR. Insulin signaling in health and disease // J Clin Invest. – 2021. – Vol. 131(1). – P. 142241.

29. Nativel M, Potier L, Alexandre L, Baillet-Blanco L, Ducasse E, Velho G, Marre M, Roussel R, Rigalleau V, Mohammedi K. Lower extremity arterial disease in patients with diabetes: a contemporary narrative review // Cardiovasc Diabetol. – 2018. – Vol. 17(1). – P. 138.

30. Boulton AJM, Armstrong DG, Kirsner RS, Attinger CE, Lavery LA, Lipsky BA, Mills JL Sr, Steinberg JS. Diagnosis and Management of Diabetic Foot Complications. Arlington (VA): American Diabetes Association; 2018 Oct.

31. Аметов А.С., Демидова Т.Ю., Мкртумян А.М., Дудинская Е.Н., Сизова Е.Е. Вызов современной эндокринологии: поиски комбинированной терапии в условиях инсулинорезистентности (лекция) // Эндокринология: новости, мнения, обучение. – 2020. – Т. 9 (30), – С. 60-69.

32. Ефимов, А.С. Дефицит витамина D и сосудистые поражения при сахарном диабете типа 2 / А.С. Ефимов, Л.М. Михальчук // Международный эндокринологический журнал. – 2013. – № 5 (53). – С. 10-14.

33. Okada K, Hibi K, Gohbara M, Kataoka S, Takano K, Akiyama E et al. Association between blood glucose variability and coronary plaque instability in patients with acute coronary syndromes // *Cardiovasc Diabetol.* – 2015. – Vol. 14. – P. 111.
34. Kyrillos FA, Motawea M, Abd-El-Aziz M, Al-Bayoumy A, Amer T, El-Nahas M. Plasma levels of Asymmetric Di Methyl Arginine and endothelial dysfunction in diabetic subjects with neuropathic foot ulcer // *Foot (Edinb).* – 2021. – Vol. 48. – P. 101837.
35. Maranta F, Cianfanelli L, Cianflone D. Glycaemic Control and Vascular Complications in Diabetes Mellitus Type 2 // *Advances in Experimental Medicine and Biology.* – 2021. – Vol. 1307. – P. 129-152.
36. Costantino S, Ambrosini S, Paneni F. The epigenetic landscape in the cardiovascular complications of diabetes // *J Endocrinol Invest.* – 2019. – Vol. 42(5). – P. 505-511.
37. Perry BD, Caldwor MK, Brennan-Speranza TC, Sbaraglia M, Jerums G, Garnham A, Wong C, Levinger P, Asrar Ul Haq M, Hare DL, Price SR, Levinger I. Muscle atrophy in patients with Type 2 Diabetes Mellitus: roles of inflammatory pathways, physical activity and exercise // *Exerc Immunol Rev.* – 2016. – Vol. 22. – P. 94-109.
38. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом". Под редакцией И.И. Дедова, М.В. Шестаковой, А.Ю. Майорова. 10-й выпуск / И.И. Дедов, М.В. Шестакова, А.Ю. Майоров [и др.] // *Сахарный диабет.* – 2021. – Т. 24, № S1. – С. 1-148.
39. Мультидисциплинарный подход в определении частоты выявления ишемической болезни сердца и стратегии лечения у пациентов с патологией аорты и периферических артерий / Б.Г. Алекян, А.В. Покровский, Н.Г. Карапетян, А.Ш. Ревешвили // *Российский кардиологический журнал.* – 2019. – Т. 24, № 8. – С. 8-16.
40. Взаимосвязь эндотелиальной дисфункции и метаболических проявлений ожирения / Е.Н. Смирнова, Е.А. Лоран, С.Г. Шулькина, С.Ю. Подтаев //

Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2020. – Т. 19, № 1(73). – С. 53-59.

41. Casey S.L., Lanting S.M., Chuter V.H. The ankle brachial index in people with and without diabetes: intra-tester reliability // Journal of Foot and Ankle Research. – 2020. – Vol. 13(1). – P. 21.

42. Рекомендации ЕОК/ЕОСХ по диагностике и лечению заболеваний периферических артерий 2017 // Российский кардиологический журнал. – 2018. – № 23(8). – С. 164–221.

43. Ding N, Kwak L, Ballew SH, Jaar B, Hoogeveen RC, Ballantyne CM, Sharrett AR, Folsom AR, Heiss G, Salameh M, Coresh J, Hirsch AT, Selvin E, Matsushita K. Traditional and nontraditional glycemic markers and risk of peripheral artery disease: The Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study // Atherosclerosis. – 2018. – Vol. 274. – P. 86-93.

44. Национальные рекомендации по диагностике и лечению заболеваний артерий нижних конечностей / Р. С. Акчурин, Б. Г. Алекян, Т. В. Апханова [и др.]; Ассоциация сердечно-сосудистых хирургов России, Российское общество ангиологов и сосудистых хирургов, Российское общество хирургов, Российское кардиологическое общество, Российская ассоциация эндокринологов. – Москва: Национальный научно-практический центр сердечно-сосудистой хирургии имени А.Н. Бакулева, 2019. – 89 с.

45. Васильев А.П., Стрельцова Н.Н., Саламова Л.А. Функциональное состояние микрогемодициркуляции кожи у больных облитерирующим атеросклерозом артерий нижних конечностей по данным лазерной доплеровской // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2017. – Т. 16, № 4. – С. 35–41.

46. Галстян Г.Р, Старостина Е.Г., Яхно Н.Н., Гурьева И.В., Чурюканов М.В., Строков И.А., Токмакова А.Ю., Кукушкин М.Л., Мартынов А.И., Шестакова М.В. Диагностика и рациональная терапия болевой формы диабетической периферической нейропатии: междисциплинарный консенсус экспертов // Сахарный диабет. — 2019. — Т. 22, №4. — С. 305-327.

47. Hewston P, Deshpande N. Fear of Falling and Balance Confidence in Older Adults with Type 2 Diabetes Mellitus: A Scoping Review // *Can J Diabetes*. – 2018. – 42(6). – P. 664-670.
48. Токмакова А.Ю., Егорова Д.Н., Доронина Л.П. Поражения нижних конечностей при сахарном диабете // *Ожирение и метаболизм*. – 2017. – № 14(1). – С. 41-47.
49. Telfer S, Woodburn J, Collier A, Cavanagh PR. Virtually optimized insoles for offloading the diabetic foot: A randomized crossover study – *J Biomech*. – 2017. – Vol. 60. – P. 157-161.
50. Herder C, Maalmi H, Strassburger K, Zaharia OP, Ratter JM, Karusheva Y, Elhadad MA, Bódis K, Bongaerts BWC, Rathmann W, Trenkamp S, Waldenberger M, Burkart V, Szendroedi J, Roden M; GDS Group. Differences in Biomarkers of Inflammation Between Novel Subgroups of Recent-Onset Diabetes // *Diabetes*. – 2021. – Vol. 70(5). – P. 1198-1208.
51. Screening, diagnosis and management of diabetic sensorimotor polyneuropathy in clinical practice: International expert consensus recommendations / D. Ziegler, S. Tesfaye, V. Spallone [et al.] // *Diabetes Research and Clinical Practice*. – 2022. – P. 109063.
52. Armstrong DG, Boulton AJM, Bus SA. Diabetic Foot Ulcers and Their Recurrence // *N Engl J Med*. – Vol. 376(24). – P. 2367-2375.
53. Sasaki H, Kawamura N, Dyck PJ, Dyck PJB, Kihara M, Low PA. Spectrum of diabetic neuropathies // *DiabetolInt*. – 2020. – Vol. 11(2). – P. 87-96.
54. 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.
55. Кислова А.С. Клинико-патогенетические аспекты течения нейропатии у больных с сахарным диабетом и облитерирующими заболеваниями артерий нижних конечностей / Кислова А.С., Васильченко Е.М., Золоев Г.К. // *Медицина в Кузбассе*. – 2010. – №4. – С. 17-21.

56. Blanchet M, Prince F, Messier J. Development of postural stability limits: Anteroposterior and mediolateral postural adjustment mechanisms do not follow the same maturation process // *Hum Mov Sci.* – 2019. – Vol. 63. – P. 164-171.
57. Goncalves NP, Vaegter CB, Andersen H, Ostergaard L, Calcutt NA, Jensen TS. Schwann cell interactions with axons and microvessels in diabetic neuropathy // *Nature Reviews. Neurology.* – 2017. – Vol. 13(3). – 135-147.
58. Jbrahim S., Harris N., Radatz M. et al. Microlighguide spectrophotometric measurement of oxygen saturation and blood flow in human sural nerve // *Diabetologia.* – 1996. – Vol. 39.
59. Kärvestedt L., Mårtensson E., Grill V., et al. The prevalence of peripheral neuropathy in a population-based study of patients with type 2 diabetes in Sweden // *Journal of Diabetes and Its Complications.* – 2011. – Vol. 25(2). – P. 97–106.
60. Ziegler D, Papanas N, Schnell O, Nguyen BDT, Nguyen KT, Kulkantrakorn K, Deerochanawong C. Current concepts in the management of diabetic polyneuropathy // *J Diabetes Investig.* – 2021. – 12(4). – P. 464-475.
61. Nukada H. Ischemia and diabetic neuropathy // *Handbook of Clinical Neurology.* – 2014. – Vol. 126. – P. 469-487.
62. Ryle C., Donaghy M. Non-enzymatic glycation of peripheral nerve pro-teins in human diabetics // *J. Neurol. Sci.* – 1995. – Vol. 129(1). – P. 62–68.
63. Vaeggemose M, Haakma W, Pham M, Ringgaard S, Tankisi H, Ejksjaer N, Heiland S, Poulsen PL, Andersen H. Diffusion tensor imaging MR Neurography detects polyneuropathy in type 2 diabetes // *J Diabetes Complications.* – 2020. – Vol. 34(2). – P. 107439.
64. Van Eetvelde BLM, Lapauw B, Proot P, Vanden Wyngaert K, Celie B, Cambier D, Calders P. The impact of sensory and/or sensorimotor neuropathy on lower limb muscle endurance, explosive and maximal muscle strength in patients with type 2 diabetes mellitus // *J Diabetes Complications.* – 2020. – Vol. 34(6). – P. 107562.
65. Sacco I.C.N., Picon A.P., Macedo D.O., Butugan M.K., Watari R., Sartor C.D. Alterations in the Lower Limb Joint Moments Precede the Peripheral Neuropathy

Diagnosis in Diabetes Patients // *Diabetes Technol. Ther.* – 2015. – Vol. 17. – P. 405–412.

66. Paschou SA, Stamou M, Vuagnat H, Tentolouris N, Jude E. Pain management of chronic wounds: Diabetic ulcers and beyond // *Maturitas.* – 2018. – Vol. 117. – P. 17-21.

67. van Schie CH, van der Linden ML, Boulton AJ. Foot pressures, peripheral neuropathy, and joint mobility in asian and europid patients with diabetes. // *Wounds.* – 2011. – Vol. 23(7). – P. 216-227.

68. Dos Anjos DMDC, Moreira BS, Kirkwood RN, Dias RC, Pereira DS, Pereira LSM. Effects of aerobic exercise on functional capacity, anthropometric measurements and inflammatory markers in diabetic elderly women // *J Bodyw Mov Ther.* – 2017. – 21(3). – P. 509-516.

69. Suda EY, Matias AB, Bus SA, Sacco ICN. Impact of diabetic neuropathy severity on foot clearance complexity and variability during walking // *Gait Posture.* – 2019. – Vol. 74 – P. 194-199.

70. Федорова, О.С., Гурьева И.В., Строков, И.А. Влияние дистальной полинейропатии на нарушение равновесия у больных сахарным диабетом // *Медицинский совет.* – 2013. – № 12. – С. 118-119.

71. Wettasinghe AH, Dissanayake DWN, Allet L, Katulanda P, Lord SR. Falls in older people with diabetes: Identification of simple screening measures and explanatory risk factors // *Prim Care Diabetes.* – 2020. – Vol. 14(6). – P. 723-728.

72. Gomes AA, Ackermann M, Ferreira JP, Orselli MIV, Sacco ICN. Muscle force distribution of the lower limbs during walking in diabetic individuals with and without polyneuropathy // *J Neuroeng Rehabil.* – 2017. – Vol. 14(1). – P. 111.

73. Crasto W, Patel V, Davies MJ, Khunti K. Prevention of Microvascular Complications of Diabetes // *Endocrinol Metab Clin North Am.* – 2021. – Vol. 50(3). – P. 431-455.

74. Заключение Совета экспертов. Сердечно-сосудистые заболевания и сахарный диабет 2 типа: новые возможности снижения смертности / И.В.

Сергиенко, А.С. Аметов, М.Б. Анциферов [и др.] // Атеросклероз и дислипидемии. – 2018. – № 3(32). – С. 68-72.

75. Seidu S, Achana FA, Gray LJ, Davies MJ, Khunti K. Effects of glucose-lowering and multifactorial interventions on cardiovascular and mortality outcomes: a meta-analysis of randomized control trials // *Diabet Med.* – 2016. – Vol. 33(3). – P. 280-9.

76. Плакса И.Л., Мжаванадзе Н.Д., Калинин Р.Е., Сучков И.А., Бакунов М.Ю., Кривихин В.Т., Матвеев С.А., Исаев А.А., Деев Р.В. Пилотное исследование безопасности и эффективности ангиогенной терапии при синдроме диабетической стопы // *Сахарный диабет.* — 2019. — Т. 22, № 6. — С. 559-567.

77. Алексеев, В. А. Основные принципы диетотерапии при сахарном диабете 2 типа: акцент на антиоксидантную защиту и дисфункцию эндотелия / В. А. Алексеев, Х. Х. Шарафетдинов, О. А. Плотникова // *Вопросы питания.* – 2022. – Т. 91, № 4 (542). – С. 6-18.

78. Мехдиев, С.Х. Оценка эффективности лечения пациентов с сахарным диабетом 2-го типа при использовании различных схем терапии / С.Х. Мехдиев, И.И. Мустафаев, М.Н. Мамедов // *Казанский медицинский журнал.* – 2017. – Т. 98, № 4. – С. 564-571.

79. Handelsman Y. Rationale for the Early Use of Sodium-Glucose Cotransporter-2 Inhibitors in Patients with Type 2 Diabetes // *Adv Ther.* – 2019. – Vol. 36(10). – P. 2567-2586.

80. Onakpoya IJ, Thomas ET, Lee JJ, Goldacre B, Heneghan CJ. Benefits and harms of pregabalin in the management of neuropathic pain: a rapid review and meta-analysis of randomised clinical trials // *BMJ Open.* – 2019. – Vol. 9(1). – P. 023600.

81. Diagnosis and rational treatment of painful diabetic peripheral neuropathy: an interdisciplinary expert consensus / G. R. Galstyan, E. G. Starostina, N. N. Yakhno [et al.] // *Diabetes Mellitus.* – 2019. – Vol. 22. – No 4. – P. 305-327.

82. Турова, Е.А. Современные подходы к дифференцированному применению бальнеотерапии у больных сахарным диабетом / Е. А. Турова, Е. А. Теняева, А. В.

- Головач // Курортная база и природные лечебно-оздоровительные местности Тувы и сопредельных регионов. – 2015. – № 2. – С. 192-196.
83. Турова Е.А., Теняева Е.А., Головач А.В. Физио- и бальнеотерапия сахарного диабета // Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физкультуры. – 1999. – № 6. – С. 45
84. Пономаренко Г.Н. Физиотерапия: национальное руководство / Г.Н. Пономаренко, С.Г. Абрамович, В.Б. Адилов // ГЭОТАР - Медиа, 2014 - 864 с.
85. Куликов А.Г., Сергеева Г.М. Клиническое применение общей магнитотерапии // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2008. – № 3. – С. 40–44.
86. Гайгер Г. Применение низкочастотного магнитного поля в реабилитации и спортивной медицине / Г. Гайгер, Э.В. Микус, Й. Райнхольд // Лечебная физкультура и спортивная медицина. – 2011 - №5 (89) – С. 46-51.
87. Русанов А. Н. Взаимосвязь вариабельности глюкозы и развития диабетической периферической нейропатии / А. Н. Русанов, Т. И. Родионова // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 4. – С. 145
88. Куликов А.Г., Ярустовская О.В., Герасименко М.Ю. и др. Применение общей магнитотерапии в клинической практике: учеб. пос. - М.: РМАНПО, 2017. - 52 с.
89. Weintraub MI, Herrmann DN, Smith AG, Backonja MM, Cole SP. Pulsed electromagnetic fields to reduce diabetic neuropathic pain and stimulate neuronal repair: a randomized controlled trial // Arch Phys Med Rehabil. – 2009. – Vol. 90(7). – P. 1102-9.
90. Косякова Н.И., Сандалова Т.В., Ильеня Э.Л., Панкратова Е.В., Матрусов С.Г. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2020. – № 5. – С. 38-42.
91. Лазеротерапия в комплексном лечении больных с диабетической ангиопатией нижних конечностей / М.Н. Солун, Н.И. Дихт, Ю.В. Семенова, О.И. Кондаурова // Современные наукоемкие технологии. – 2013. – № 3. – С. 84-86.

92. Evangelista L, De Meo B, Bernabei G, Belloni G, D'Angelo G, Vanzini M, Calzà L, Gallamini M. Ultra-Low-Level Laser Therapy and Acupuncture Libralux: What Is so Special? // *Medicines (Basel)*. – 2019. – Vol. 6(1). – P. 40.
93. Марченкова Л.А. и др. Совершенствование комплексных подходов к лечению и медицинской реабилитации пациентов с диабетической нейропатией // *Лечащий врач*. – 2017. – №. 12. – С. 48.
94. Купцова, Е.Н. Современные представления о патогенезе диабетической нейропатии у пациентов с сахарным диабетом 2 типа. Патогенетическое обоснование применения природных лечебных факторов при сахарном диабете / Е.Н. Купцова, Л.А. Ботвинева // *Курортная медицина*. – 2020. – № 3. – С. 57-68.
95. Солун М.Н., Дихт Н.И. Немедикаментозные методы лечения диабетический ангиопатий нижних конечностей // *Международный журнал экспериментального образования*. – 2012. – №. 6. – С. 48-49.
96. Пономаренко, Г.Н. Физическая и реабилитационная медицина: фундаментальные основы и клиническая практика / Г. Н. Пономаренко // *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация*. – 2016. – Т. 15. – № 6. – С. 284-289.
97. O'Connor T, Moore Z, Patton D, Wilson P, Gillen C, Hughes M, Reilly A. Combined use of modulated ultrasound and electric current stimulation for diabetic foot ulcers: a case series // *J Wound Care*. – 2017. – Vol. 26(11). – P. 632-640.
98. Joubert M, Metayer L, Prevost G, Morera J, Rod A, Cailleux A, Parienti JJ, Reznik Y. Neuromuscular electrostimulation and insulin sensitivity in patients with type 2 diabetes: the ELECTRODIAB pilot study // *Acta Diabetol*. – 2015. – Vol. 52(2). – P. 285-91.
99. Самосюк Н.И., Самосюк И.З., Чухраева Е.Н., Зачатко Т.М., Зубкова С.Т., Ткалина А.В // *Физиотерапия Бальнеология Реабилитация*. – 2011. – № 2. – С.51-55.
100. Pano-Rodriguez A, Beltran-Garrido JV, Hernández-González V, Reverter-Masia J. Effects of whole-body ELECTROMYOSTIMULATION on health and performance: a systematic review // *BMC Complement Altern Med*. – 2019. – Vol. 19(1). – P. 87.

101. Wall BT, Dirks ML, Verdijk LB, Snijders T, Hansen D, Vranckx P, Burd NA, Dendale P, van Loon LJ. Neuromuscular electrical stimulation increases muscle protein synthesis in elderly type 2 diabetic men // *Am J Physiol Endocrinol Metab.* – 2012. – Vol. 303(5). – 614-623.
102. Зуева, Э.Б. Электроимпульсная терапия в лечении больных облитерирующим атеросклерозом сосудов нижних конечностей / Э.Б. Зуева, В.А. Бадтиева, М.П. Отто // *Вопросы курортологии, физиотерапии и ЛФК.* – 2011. – № 6. – С. 7–9.
103. Марченкова Л.А., Бадалов Н.Г., Герасименко М.Ю., Мартынова Е.Ю. Современные возможности и перспективы физиотерапевтических и бальнеологических методов в лечении и реабилитации пациентов с диабетической нейропатией // *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация.* – 2016. – Vol. 15(6). – 322-327.
104. Лазаренко, Н.Н. Эффективность чрескожной электростимуляции при лечении нейропатических и метаболических расстройств у больных сахарным диабетом [Текст] / Н. Н. Лазаренко, С. Н. Смирнова, О. В. Трунова, [и др] // *Физиотерапия, бальнеология и реабилитация.* – 2016. – Т. 15, №. 6. – С. 293–297.
105. Kanno S. et al. Establishment of a simple and practical procedure applicable to therapeutic angiogenesis // *Circulation.* – 1999. – Т. 99, №. 20. – С. 2682-2687.
106. Windsor R.E., Lester I.P., Herring S.A. Electrical stimulation in clinical practice // *Physician and Sportsmedicine.* – 2003. – Vol. 21. – P. 85–93.
107. Williams KJ, Babber A, Ravikumar R, Davies AH. Non-Invasive Management of Peripheral Arterial Disease // *Adv Exp Med Biol.* – 2017. – Vol. 906. – P. 387-406.
108. Jabbour G, Belliveau L, Probizanski D, et al. Effect of Low Frequency Neuromuscular Electrical Stimulation on Glucose Profile of Persons with Type 2 Diabetes: A Pilot Study // *Diabetes Metab J* – 2015. – Vol. 39(3). – P. 264-267.
109. Yilmaz S, Mermi EU, Zobaci E, Aksoy E, Yastı Ç. Augmentation of arterial blood velocity with electrostimulation in patients with critical limb ischemia unsuitable for revascularization // *Vascular.* – 2017. – Vol. 25(2). – P. 137-141.

110. Sharma D., Shenoy S., Singh J. Effect of electrical stimulation on blood glucose level and lipid profile of sedentary type 2 diabetic patients // *International Journal of Diabetes in Developing Countries*. – 2010. – T. 30. – №. 4. – C. 194.
111. Poole RB, Harrold CP, Burrige JH, Byrne CD, Holt RI. Electrical muscle stimulation acutely mimics exercise in neurologically intact individuals but has limited clinical benefits in patients with type 2 diabetes // *Diabetes Obes Metab*. – 2005. – Vol. 7(4). – P. 344-351.
112. Bril V., England J., Franklin G.M. et al. Evidence-based guideline: Treatment of painful diabetic neuropathy: report of the American Academy of Neurology, the American Association of Neuromuscular and Electrodiagnostic Medicine, and the American Academy of Physical Medicine and Rehabilitation // *Neurology*. – 2011. – Vol. 76(20). – P. 1758–1765.
113. Bosi E, Bax G, Scionti L, Spallone V, Tesfaye S, Valensi P, Ziegler D; FREMS European Trial Study Group. Frequency-modulated electromagnetic neural stimulation (FREMS) as a treatment for symptomatic diabetic neuropathy: results from a double-blind, randomised, multicentre, long-term, placebo-controlled clinical trial // *Diabetologia*. – Vol. 56(3). – P. 467-475.
114. Thakral G, Kim PJ, LaFontaine J, Menzies R, Najafi B, Lavery LA. Electrical stimulation as an adjunctive treatment of painful and sensory diabetic neuropathy // *J Diabetes Sci Technol*. – 2013. – Vol. 7(5). – P. 1202-1209.
115. Vance CGT, Zimmerman MB, Dailey DL, Rakel BA, Geasland KM, Chimenti RL, Williams JM, Golchha M, Crofford LJ, Sluka KA. Reduction in movement-evoked pain and fatigue during initial 30-minute transcutaneous electrical nerve stimulation treatment predicts transcutaneous electrical nerve stimulation responders in women with fibromyalgia // *Pain*. – 2021. – Vol. 162(5). – P. 1545-1555.
116. Forst T, Nguyen M, Forst S, Disselhoff B, Pohlmann T, Pfützner A. Impact of low frequency transcutaneous electrical nerve stimulation on symptomatic diabetic neuropathy using the new Salutaris device // *Diabetes Nutr Metab*. – 2004. – Vol. 17(3). – P. 163-168.

117. O'Connor AB, Dworkin RH. Treatment of neuropathic pain: an overview of recent guidelines // *Am J Med.* – 2009. – Vol. 122(10). – P. 22-32.
118. Stein C., Eibel B., Sbruzzi G., Lago P.D., Plentz R.D.M. Electrical stimulation and electromagnetic field use in patients with diabetic neuropathy: systematic review and meta-analysis // *Brazil. J. Phys. Ther.* – 2013. – Vol. 17(2). – P. 93–104.
119. Лазаренко Н. Н., Герасименко М. Ю., Хамидуллин Г. Н. Электростимуляция биполярно-импульсными токами и галантамин-электрофорез в реабилитации больных сахарным диабетом // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* – 2011. – №. 6. – С. 16-20.
120. Бадалов Н.Г. и др. Применение общих гидрогальванических ванн в медицинской реабилитации больных диабетической ангиопатией // *Вестник восстановительной медицины.* – 2013. – №. 3. – С. 20-25.
121. Shourabi P, Bagheri R, Ashtary-Larky D, Wong A, Motevalli MS, Hedayati A, Baker JS, Rashidlamir A. Effects of hydrotherapy with massage on serum nerve growth factor concentrations and balance in middle aged diabetic neuropathy patients // *Complement Ther Clin Pract.* – 2020. – Vol. 39. – P. 101141.
122. Кульчицкая Д. Б., Турова Е. А., Кончугова Т. В., Колбахова С. Н., Цой А. В. Влияние комплексного применения электрофореза никотиновой кислоты и воздушно-пузырьковых ванн на микроциркуляцию у больных с диабетической полинейропатией // *Вопросы курортологии, физиотерапии и лечебной физической культуры.* – 2020. – Т. 97(3). – С. 31-34.
123. Ellul C, Formosa C, Gatt A. Effects of Intermittent Calf Muscle Electrical Stimulation on Walking Capacity in Claudicants Living with Type 2 Diabetes // *J Am Podiatr Med Assoc.* – 2020. – Vol. 110(1).
124. Ellul C, Formosa C, Gatt A, Hamadani AA, Armstrong DG. The effectiveness of Calf Muscle Electrostimulation on Vascular Perfusion and Walking Capacity in Patients Living With Type 2 Diabetes Mellitus and Peripheral Artery Disease // *Int J Low Extrem Wounds.* – 2017. – Vol. 16(2). – P. 122-128.

125. Pittaluga M, Sgadari A, Dimauro I, Tavazzi B, Parisi P, Caporossi D. Physical exercise and redox balance in type 2 diabetics: effects of moderate training on biomarkers of oxidative stress and DNA damage evaluated through comet assay // *Oxid Med Cell Longev.* – 2015. – P. 981242.
126. Kim KB. Effect of different training mode on Interleukin-6 (IL-6) and C-reactive protein (CRP) in type 2 diabetes mellitus (T2DM) patients // *J Exerc Nutrition Biochem.* – 2014. – Vol. 18(4). – P. 371-378.
127. Sixt S, Rastan A, Desch S, Sonnabend M, Schmidt A, Schuler G, Niebauer J. Exercise training but not rosiglitazone improves endothelial function in prediabetic patients with coronary disease // *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* – 2008. – Vol. 15(4). – P. 473-478.
128. Booth JE, Benham JL, Schinbein LE, McGinley SK, Rabi DM, Sigal RJ. Long-Term Physical Activity Levels After the End of a Structured Exercise Intervention in Adults With Type 2 Diabetes and Prediabetes: A Systematic Review // *Can J Diabetes.* – 2020. – Vol. 44(8). – P. 680-687.
129. Suh SH, Paik IY, Jacobs K. Regulation of blood glucose homeostasis during prolonged exercise // *Mol Cells.* – 2007. – Vol. 23(3). – P. 272-279.
130. Womack L., Peters D., Barrett E.J., Kaul S., Price W., Lindner J.R. Abnormal skeletal muscle capillary recruitment during exercise in patients with type 2 diabetes mellitus and microvascular complications // *J Am Coll Cardiol.* – 2009. – Vol. 53(23). – P. 2175-2183.
131. Hayashino Y., Jackson J.L., Hirata T., Fukumori N., Nakamura F., Fukuhara S., Tsujii S., Ishii H. Effects of exercise on C-reactive protein, inflammatory cytokine and adipokine in patients with type 2 diabetes: a meta-analysis of randomized controlled trials // *Metabolism.* – 2014. – Vol. 63(3). – P. 431-440.
132. Mavros Y., Kay S., Simpson K.A., Baker M.K., Wang Y., Zhao R.R., Meiklejohn J., Climstein M., O'Sullivan A.J., de Vos N., Baune B.T., Blair S.N., Simar D., Rooney K., Singh N.A., Fiatarone Singh M.A. Reductions in C-reactive protein in older adults with type 2 diabetes are related to improvements in body composition following a

randomized controlled trial of resistance training // *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*. – Vol. 5(2). – P. 111-120.

133. Реабилитация при заболеваниях сердечно-сосудистой системы / под ред. И.Н. Макаровой. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2010. – 304 с.

134. American Diabetes Association. Peripheral Arterial Disease in People With Diabetes // *Diabetes Care*. – 2003. – Vol. 26(12). – P. 3333-3341.

135. Conte M.S., Pomposelli F.B., Clair D.G. Society for Vascular Surgery practice guidelines for atherosclerotic occlusive disease of the lower extremities management of asymptomatic disease and claudication // *Journal of Vascular Surgery*. – 2015. – Vol. 61. – P. 2–41.

136. Ahimastos A.A., Pappas E.P., Buttner P.G., Walker P.J., Kingwell B.A., Golledge J. A meta-analysis of the outcome of endovascular and noninvasive therapies in the treatment of intermittent claudication // *Journal of Vascular Surgery*. – 2011. – 54(5). – P. 1511-1521.

137. Lane R, Harwood A, Watson L, Leng GC. Exercise for intermittent claudication // *Cochrane Database of Systematic Reviews*. – 2017. – Vol. 12(12):CD000990.

138. Gerhard-Herman M.D., Gornik H.L., Barrett C., Barshes N.R., Corriere M.A., Drachman D.E., Fleisher L.A., Fowkes F.G., Hamburg N.M., Kinlay S., Lookstein R., Misra S., Mureebe L., Olin J.W., Patel R.A., Regensteiner J.G., Schanzer A., Shishehbor M.H., Stewart K.J., Treat-Jacobson D., Walsh M.E.. 2016 AHA/ACC Guideline on the Management of Patients with Lower Extremity Peripheral Artery Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines // *Circulation*. – 2017. – Vol. 135(12). – P. 726-779.

139. Schreuder T.H., Van Den Munckhof I., Poelkens F., Hopman M.T., Thijssen D.H. Combined aerobic and resistance exercise training decreases peripheral but not central artery wall thickness in subjects with type 2 diabetes // *European Journal of Applied Physiology*. – 2015. – Vol. 115(2). – P. 317-326.

140. Guirro E.C., Guirro R.R., Dibai-Filho A.V., Pascote S.C., Rodrigues-Bigaton D. Immediate effects of electrical stimulation, diathermy, and physical exercise on lower limb arterial blood flow in diabetic women with peripheral arterial disease: a randomized crossover trial. *J Manipulative Physiol Ther.* 2015 Mar-Apr;38(3):195-202.
141. Hageman D., Gommans L.N., Scheltinga M.R., Teijink J.A. Effect of diabetes mellitus on walking distance parameters after supervised exercise therapy for intermittent claudication: A systematic review // *Vascular Medicine.* – 2017. – Vol. 22(1). – P. 21-27.
142. Popplewell M.A., Bradbury A.W. Why do health systems not fund supervised exercise programmes for intermittent claudication? // *The European Journal of Vascular and Endovascular Surgery.* – 2014. – Vol. 48. – P. 608–610.
143. Arora E., Maiya A.G., Devasia T., Bhat R., Kamath G. Effect of Supervised Exercise Program on Individuals in Peripheral Arterial Disease with Type 2 Diabetes Mellitus - A Systematic Review // *Curr Diabetes Rev.* – 2020. – Vol. 16(3). – P. 248-253.
144. Merashli M., Chowdhury T.A., Jawad A.S. Musculoskeletal manifestations of diabetes mellitus // *QJM.* – 2015. – Vol. 108(11). – P. 853-857.
145. Collins T.C., Lunos S., Carlson T., Henderson K., Lightbourne M., Nelson B., Hodges J.S. Effects of a home-based walking intervention on mobility and quality of life in people with diabetes and peripheral arterial disease: a randomized controlled trial // *Diabetes Care.* – 2011. – Vol. 34(10). – P. 2174-2179.
146. Hageman D., Fokkenrood H.J., Gommans L.N., van den Houten M.M., Teijink J.A. Supervised exercise therapy versus home-based exercise therapy versus walking advice for intermittent claudication // *Cochrane Database of Systematic Reviews.* – 2018. – Vol. 4(4):CD005263.
147. Casey S.L., Lanting S.M., Chuter V.H. The ankle brachial index in people with and without diabetes: intra-tester reliability // *Journal of Foot and Ankle Research.* – 2020. – Vol. 13(1). – P. 21.

148. Clairotte C., Retout S., Potier L. Automated ankle-brachial pressure index measurement by clinical staff for peripheral arterial disease diagnosis in nondiabetic and diabetic patients // *Diabetes Care*. – 2009. – Vol. 32(7). – P. 1231–1236.
149. Abouhamda A., Alturkstani M., Jan Y. Lower sensitivity of ankle-brachial index measurements among people suffering with diabetes-associated vascular disorders: A systematic review // *SAGE Open Med*. – 2019. – Vol. 7:2050312119835038.
150. Womack L., Peters D., Barrett E.J., Kaul S., Price W., Lindner J.R. Abnormal skeletal muscle capillary recruitment during exercise in patients with type 2 diabetes mellitus and microvascular complications // *J Am Coll Cardiol*. – 2009. – Vol. 53(23). P. 2175-2183.
151. Perry B.D., Caldow M.K., Brennan-Speranza T.C., Sbaraglia M., Jerums G., Garnham A., Wong C., Levinger P., Asrar Ul Haq M., Hare D.L., Price S.R., Levinger I. Muscle atrophy in patients with Type 2 Diabetes Mellitus: roles of inflammatory pathways, physical activity and exercise // *Exerc Immunol Rev*. – 2016. – Vol. 22. – P. 94-109.
152. Gan Z., Fu T., Kelly D.P., Vega R.B. Skeletal muscle mitochondrial remodeling in exercise and diseases // *Cell Res*. – 2018. – Vol. 28(10). – P. 969-980.
153. Middlebrooke A.R., Elston L.M., Macleod K.M., Mawson D.M., Ball C.I., Shore A.C., Tooke J.E. Six months of aerobic exercise does not improve microvascular function in type 2 diabetes mellitus // *Diabetologia*. – 2006. – Vol. 49(10). – P. 2263-2271.
154. Lyu X., Li S., Peng S., Cai H., Liu G., Ran X. Intensive walking exercise for lower extremity peripheral arterial disease: A systematic review and meta-analysis // *J Diabetes*. – 2016. – Vol. 8(3). – P. 363-377.
155. Allen J.D., Stabler T., Kenjale A.A. Diabetes status differentiates endothelial function and plasma nitrite response to exercise stress in peripheral arterial disease following supervised training // *JDiabet Complications*. – 2014. – Vol. 28. – P. 219–225.

156. Kwon H.R., Min K.W., Ahn H.J., Seok H.G., Lee J.H., Park G.S., Han K.A. Effects of Aerobic Exercise vs. Resistance Training on Endothelial Function in Women with Type 2 Diabetes Mellitus // *Diabetes Metab J.* – 2011. – Vol. 35(4). – P. 364-373.
157. Gardner A.W. Sex differences in claudication pain in subjects with peripheral arterial disease // *Med Sci Sports Exerc.* – 2002. – Vol. 34(11). – P. 1695-1698.
158. Vogt MT, Cauley JA, Kuller LH, Nevitt MC. Functional status and mobility among elderly women with lower extremity arterial disease: the Study of Osteoporotic Fractures // *J Am Geriatr Soc.* – 1994. – Vol. 42(9). – P. 923-929.
159. Gardner A.W., Parker D.E., Montgomery P.S., Blevins S.M. Diabetic women are poor responders to exercise rehabilitation in the treatment of claudication. // *J Vasc Surg.* – 2014. – Vol. 59(4). – P. 1036-1043.
160. Gommans L.N., Scheltinga M.R., van Sambeek M.R., Maas A.H., Bendermacher B.L., Teijink J.A. Gender differences following supervised exercise therapy in patients with intermittent claudication. // *J Vasc Surg.* – 2015. – Vol. 62(3). – P. 681-688.
161. Fuchsjäger-Mayrl G, Pleiner J, Wiesinger GF, Sieder AE, Quittan M, Nuhr MJ, Francesconi C, Seit HP, Francesconi M, Schmetterer L, Wolzt M. Exercise training improves vascular endothelial function in patients with type 1 diabetes // *Diabetes Care.* – 2002. – Vol. 25(10). – P. 1795-1801.
162. Groover AL, Ryals JM, Guilford BL, Wilson NM, Christianson JA, Wright DE. Exercise-mediated improvements in painful neuropathy associated with prediabetes in mice // *Pain.* – 2013. – Vol. 154(12). – P. 2658-2667.
163. Singleton JR, Smith AG, Marcus RL. Exercise as Therapy for Diabetic and Prediabetic Neuropathy // *Curr Diab Rep.* – 2015. – Vol. 15(12). – P. 120.
164. Yang X, Liu L, Yang L, Li W, Zhang J. Effect of resistance exercise on peripheral neuropathy in Type 2 diabetes mellitus // *Zhong Nan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban.* – 2020. – Vol. 45(10). – P. 1185-1192.
165. Song CH, Petrofsky JS, Lee SW, Lee KJ, Yim JE. Effects of an exercise program on balance and trunk proprioception in older adults with diabetic neuropathies // *Diabetes Technol Ther.* – 2011. – Vol. 13(8). – P. 803-811.

166. Ahmad I, Verma S, Noohu MM, Shareef MY, Hussain ME. Sensorimotor and gait training improves proprioception, nerve function, and muscular activation in patients with diabetic peripheral neuropathy: a randomized control trial // *J Musculoskelet Neuronal Interact.* – 2020. – Vol. 20(2). – P. 234-248.
167. Sartor CD, Hasue RH, Cacciari LP, Butugan MK, Watari R, Pássaro AC, Giacomozzi C, Sacco IC. Effects of strengthening, stretching and functional training on foot function in patients with diabetic neuropathy: results of a randomized controlled trial // *BMC Musculoskelet Disord.* – 2014. – Vol. 15. – P. 137.
168. Morrison S, Colberg SR, Parson HK, Vinik AI. Exercise improves gait, reaction time and postural stability in older adults with type 2 diabetes and neuropathy // *J Diabetes Complications.* – 2014. – Vol. 28(5). – P. 715-722.
169. Tanaka K, et al. A comparison of exergaming interfaces for use in rehabilitation programs and research // *Loading.* – 2012. – Vol. 6. – P. 69-81.
170. Agmon M, Perry CK, Phelan E, Demiris G, Nguyen HQ. A pilot study of Wii Fit exergames to improve balance in older adults // *J Geriatr Phys Ther.* – 2011. – Vol. 34(4). – P. 161-167.
171. Pataky Z, de León Rodriguez D, Allet L, Golay A, Assal M, Assal JP, Hauert CA. Biofeedback for foot offloading in diabetic patients with peripheral neuropathy // *Diabet Med.* – 2010. – Vol. 27(1). – P. 61-64.
172. Grewal GS, Schwenk M, Lee-Eng J, Parvaneh S, Bharara M, Menzies RA, Talal TK, Armstrong DG, Najafi B. Sensor-Based Interactive Balance Training with Visual Joint Movement Feedback for Improving Postural Stability in Diabetics with Peripheral Neuropathy: A Randomized Controlled Trial // *Gerontology.* – 2015. – Vol. 61(6). – P. 567-574.
173. Витензон, А.С. Физиологические обоснования метода искусственной коррекции движений посредством программируемой электростимуляции мышц при ходьбе / А.С. Витензон, К.А. Петрушанская // *Российский журнал биомеханики.* – 2010. – №. 2.

174. Белова А.Н., Балдова С.Н. Методы электростимуляции в восстановлении двигательных функций после позвоночно-спинномозговой травмы. Обзор литературы // Трудный пациент. – 2014. – Т. 12, № 6.
175. Del Río Solá ML, Puerta CV. Effectiveness of the Combined Treatment of Functional Electrical Stimulation and Deambulation in Diabetic Arteriopathy // Ann Vasc Surg. – 2019. – Vol. 61. – P. 83-90.
176. Bauer P, Krewer C, Golaszewski S, Koenig E, Müller F. Functional electrical stimulation-assisted active cycling--therapeutic effects in patients with hemiparesis from 7 days to 6 months after stroke: a randomized controlled pilot study // Arch Phys Med Rehabil. – 2015. – Vol. 96(2). – P. 188-196.
177. Parissis J, Karavidas A, Farmakis D, Papoutsidakis N, Matzaraki V, Arapi S, Potamitis N, Nikolaou M, Paraskevaidis I, Ikonomidis I, Pyrgakis V, Kremastinos D, Lekakis J, Filippatos G. Efficacy and safety of functional electrical stimulation of lower limb muscles in elderly patients with chronic heart failure: A pilot study // Eur J Prev Cardiol. – 2015. – Vol. 22(7). – P. 831-836.
178. Embrey DG, Alon G, Brandsma BA, Vladimir F, Silva A, Pflugeisen BM, Amoroso PJ. Functional electrical stimulation improves quality of life by reducing intermittent claudication // Int J Cardiol. – 2017. – Vol. 243. – P. 454-459.
179. Boulton AJ, Gries FA, Jervell JA. Guidelines for the diagnosis and outpatient management of diabetic peripheral neuropathy // Diabet Med. – 1998. – P. 508-14.
180. Новик А.А., Ионова Т.И. Руководство по исследованию качества жизни в медицине. – М., ОЛМАПРЕСС – 2002. – 314с.
181. 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.
182. 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.

183. В.Н. Амирджанова, Д. В. Горячев, Н. И. Коршунов [и др.] // Научно-практическая ревматология. – 2008. – Т. 46, № 1. – С. 36-48.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Типовая карта опросника САН

Фамилия, инициалы _____ Пол __ Возраст _____
Дата _____ Время _____

1	Самочувствие хорошее	3210123	Самочувствие плохое
2	Чувствую себя сильным	3210123	Чувствую себя слабым
3	Пассивный	3210123	Активный
4	Малоподвижный	3210123	Подвижный
5	Веселый	3210123	Грустный
6	Хорошее настроение	3210123	Плохое настроение
7	Работоспособный	3210123	Разбитый
8	Полный сил	3210123	Обессиленный
9	Медлительный	3210123	Быстрый
10	Бездеятельный	3210123	Деятельный
11	Счастливый	3210123	Несчастный
12	Жизнерадостный	3210123	Мрачный
13	Напряженный	3210123	Расслабленный
14	Здоровый	3210123	Больной
15	Безучастный	3210123	Увлеченный
16	Равнодушный	3210123	Взволнованный
17	Восторженный	3210123	Унылый
18	Радостный	3210123	Печальный
19	Отдохнувший	3210123	Усталый
20	Свежий	3210123	Изнуренный
21	Сонливый	3210123	Возбужденный
22	Желание отдохнуть	3210123	Желание работать
23	Спокойный	3210123	Озабоченный
24	Оптимистичный	3210123	Пессимистичный
25	Выносливый	3210123	Утомляемый
26	Бодрый	3210123	Вялый
27	Соображать трудно	3210123	Соображать легко
28	Рассеянный	3210123	Внимательный
29	Полный надежд	3210123	Разочарованный
30	Довольный	3210123	Недовольный

Приложение Б

Типовая карта опросника SF-36

Ф. И. О. _____ Дата заполнения _____

1. В целом Вы бы оценили состояние Вашего здоровья (обведите одну цифру)

- Отличное..... 1
 Очень хорошее 2
 Хорошее 3
 Посредственное 4
 Плохое..... 5

2. Как бы Вы в целом оценили свое здоровье *сейчас* по сравнению с тем, что было *год назад* (обведите одну цифру)

- Значительно лучше, чем год назад..... 1
 Несколько лучше, чем год назад..... 2
 Примерно так же, как год назад 3
 Несколько хуже, чем год назад 4
 Гораздо хуже, чем год назад 5

3. Следующие вопросы касаются физических нагрузок, с которыми Вы, возможно, сталкиваетесь в течение своего обычного дня. Ограничивает ли Вас состояние Вашего здоровья в настоящее время в выполнении перечисленных ниже физических нагрузок? Если да, то в какой степени (обведите одну цифру в каждой строке)?

	Да, значительно ограничивает	Да, немного ограничивает	Нет, совсем не ограни- чивает
А. Тяжелые физические нагрузки, такие как бег, поднятие тяжестей, занятие силовыми видами спорта.	1	2	3
Б. Умеренные физические нагрузки, такие как передвинуть стол, поработать с пылесосом, собирать грибы или ягоды.	1	2	3
В. Поднять или нести сумку с продуктами.	1	2	3
Г. Подняться пешком по лестнице на несколько пролетов.	1	2	3
Д. Подняться пешком по лестнице на один пролет.	1	2	3
Е. Наклониться, встать на колени, присесть на корточки.	1	2	3
Ж. Пройти расстояние более одного километра.	1	2	3
З. Пройти расстояние в несколько кварталов.	1	2	3
И. Пройти расстояние в один квартал.	1	2	3
К. Самостоятельно вымыться, одеться.	1	2	3

4. Бывало ли за последние 4 недели, что Ваше физическое состояние вызывало затруднения в Вашей работе или другой обычной повседневной деятельности, вследствие чего(обведите одну цифру в каждой строке):

	Да	Нет
А. Пришлось сократить <i>количество времени</i> , затрачиваемое на работу или другие дела.	1	2
Б. <i>Выполнили меньше</i> , чем хотели.	1	2
В. Вы были ограничены в выполнении <i>какого-либо определенного вида</i> работы или другой деятельности.	1	2
Г. Были <i>трудности</i> при выполнении своей работы или других дел (например, они потребовали дополнительных усилий).	1	2

5. Бывало ли за последние 4 недели, что Ваше эмоциональное состояние вызывало затруднения в Вашей работе или другой обычной повседневной деятельности, вследствие чего(обведите одну цифру в каждой строке)

	Да	Нет
А. Пришлось сократить <i>количество времени</i> , затрачиваемого на работу или другие дела.	1	2
Б. <i>Выполнили меньше</i> , чем хотели.	1	2
В. Выполняли свою работу или другие дела не так <i>аккуратно</i> , как обычно	1	2

6. Насколько Ваше физическое и эмоциональное состояние в течение *последних 4 недель* мешало Вам проводить время с семьей, друзьями, соседями или в коллективе (обведите одну цифру)?

Совсем не мешало 1
 Немного..... 2
 Умеренно 3
 Сильно 4
 Очень сильно 5

7. Насколько сильную физическую боль Вы испытывали за последние 4 недели (обведите одну цифру)?

Совсем не испытывал(а)..... 1
 Очень слабую 2
 Слабую 3
 Умеренную..... 4
 Сильную 5
 Очень сильную..... 6

8. В какой степени боль в течение *последних 4 недель* мешала Вам заниматься Вашей нормальной работой (включая работу вне дома или по дому) (обведите одну цифру)?

Совсем не мешала 1
 Немного..... 2
 Умеренно 3
 Сильно 4
 Очень сильно 5

9. Следующие вопросы касаются того, как Вы себя чувствовали и каким было Ваше настроение в течение последних 4 недель. Пожалуйста, на каждый вопрос дайте один ответ, который наиболее соответствует Вашим ощущениям (обведите одну цифру).

	Все время	Большую часть времени	Часто	Иногда	Редко	Ни разу
А. Вы чувствовали себя бодрым (ой)?	1	2	3	4	5	6
Б. Вы сильно нервничали?	1	2	3	4	5	6
В. Вы чувствовали себя таким(ой) подавленным (ой) что ничто не могло Вас взбодрить?	1	2	3	4	5	6
Г. Вы чувствовали себя спокойным(ой) и умиротворенным (ой)?	1	2	3	4	5	6
Д. Вы чувствовали себя полным (ой) сил и энергии?	1	2	3	4	5	6
Е. Вы чувствовали себя упавшим(ой) духом и печальным(ой)?	1	2	3	4	5	6
Ж. Вы чувствовали себя измученным(ой)?	1	2	3	4	5	6
З. Вы чувствовали себя счастливым(ой)?	1	2	3	4	5	6
И. Вы чувствовали себя уставшим(ей)?	1	2	3	4	5	6

10. Как часто за последние 4 недели Ваше физическое или эмоциональное состояние мешало Вам активно общаться с людьми (навещать друзей, родственников и т. п.) (обведите одну цифру)?

Все время 1
 Большую часть времени..... 2
 Иногда..... 3
 Редко..... 4
 Ни разу..... 5

11. Насколько **ВЕРНЫМ** или **НЕВЕРНЫМ** представляются по отношению к Вам каждое из ниже перечисленных утверждений (обведите одну цифру в каждой строке)?

	Определенно верно	В основном верно	Не знаю	В основном неверно	Определенно неверно
А. Мне кажется, что я более склонен к болезням, чем другие	1	2	3	4	5
Б. Мое здоровье не хуже, чем у большинства моих знакомых	1	2	3	4	5
В. Я ожидаю, что мое здоровье ухудшится	1	2	3	4	5
Г. У меня отличное здоровье	1	2	3	4	5