

На правах рукописи

Замышевская Мария Александровна

**Мультипараметрическая магнитно-резонансная томография в диагностике
осложненного течения синдрома диабетической стопы**

14.01.13 – лучевая диагностика, лучевая терапия
(медицинские науки)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Томск – 2017

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный медицинский университет» Министерства образования Российской Федерации

Научный руководитель:

доктор медицинских наук, профессор Завадовская Вера Дмитриевна

Официальные оппоненты:

Морозов Сергей Павлович доктор медицинских наук, профессор, Государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Научно-практический центр медицинской радиологии Департамента здравоохранения города Москвы», директор; Департамент здравоохранения города Москвы, главный специалист по лучевой диагностике; Московское отделение РОПР и EuSoMP, президент; Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации, кафедра лучевой диагностики и лучевой терапии лечебного факультета, профессор

Тулупов Андрей Александрович доктор медицинских наук, доцент, профессор РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт «Международный томографический центр» Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория «МРТ ТЕХНОЛОГИИ», заведующий

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний" г.Кемерово

Защита состоится 11 декабря 2017 года в 9.00 часов на заседании диссертационного совета Д 002.279.02 на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук» по адресу: г. Томск, ул. Киевская, 111а, Научно-исследовательский институт кардиологии.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Томский национальный исследовательский медицинский центр Российской академии наук», адрес сайта <http://tnimc.ru/>

Автореферат разослан «___» _____ 2017 года

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор медицинских наук,
профессор

Ворожцова
Ирина Николаевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Сахарный диабет является серьезной медико-социальной проблемой в связи с его высокой распространенностью, тенденцией к неуклонному росту числа больных, хроническим течением, высокой инвалидизацией больных и необходимостью создания системы специализированной помощи (Аметов А.С., 2012). Одним из распространенных осложнений СД, обладающим наибольшей клинической значимостью по тяжести поражений и исходов, является поражение нижних конечностей – синдром диабетической стопы (СДС) (Удовиченко О.В., 2010; Дедов И.И., 2011). В соответствии с классификацией СДС включает нейропатическую, ишемическую и нейроишемическую (смешанную) формы, каждая из которых требует различных терапевтических подходов (Romiti M., 2008; Анциферов М.Б., 2013). Присоединение инфицирования с последующим развитием остеомиелита утяжеляет течение СДС и приводит к необходимости ампутации конечностей с высокой частотой летальных исходов (Lipsky B., 2014; Malhotra R., 2014). Условием для уменьшения числа ампутаций, снижения летальности является своевременная диагностика осложненного течения СДС, при этом, наряду с очевидной проблемой выявления внутрикостного воспаления у пациентов с диабетической стопой, бесспорна важность оценки состояния кровотока стоп у данной категории больных. Это обусловлено тем, что без предварительной коррекции и адекватной терапии нарушенного кровообращения результаты лечения остеомиелита, в том числе оперативного, могут быть неудовлетворительными. Пациенты, у которых выявлены признаки периферической ишемии, нуждаются в реваскуляризации, в первую очередь эндоваскулярной, для восстановления артериального кровотока, что способствует заживлению ран и подавлению инфекции (Bargellini I., 2013; Elgzyri T., 2014). Для точности прогнозов и выбора оптимального лечения необходимо определение формы диабетической стопы, что также достигается на основании определения состояния кровотока.

Основными методами оценки магистрального и периферического кровотока стоп являются лучевые методы исследования. «Золотым стандартом» оценки состояния сосудов, в том числе и периферических отделов нижних конечностей – стоп, продолжает оставаться рентгеновская ангиография, которую ряд авторов дополняют КТ-ангиографией (Игнатович И.Н., 2012). Несмотря на то, что рентгеновская ангиография является стандартизированной – данный метод является инвазивным, предполагает введение йодсодержащего препарата, и, следовательно, его не всегда возможно проводить у данной категории больных.

Ультразвуковое исследование представляет собой один из востребованных методов в установлении состояния магистральных сосудов у пациентов с сахарным диабетом (Chao C., 2012; Elgzyri T., 2014; Duan J., 2014). Между тем, недостатком ультразвукового исследования является возможность оценки состояния только крупных сосудов, трудоемкость и длительность проведения, отсутствие визуализации сосудистой архитектоники стоп.

Радионуклидная ангиография, являясь неинвазивным методом исследования и первой фазой трехфазной сцинтиграфии, обеспечивает регистрацию скорости распространения индикатора по сосудистому руслу, объективно отражает состояние перфузии на уровне мягких тканей и костей, обеспечивая тем самым информацию о наличии коллатерального кровотока. Перфузия дистальных отделов нижних конечностей для определения показания к оперативному лечению может быть оценена с помощью позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) (Marre F., 2013), однако данная методика не имеет достаточно широкого распространения. Вместе с тем, представленные методы ядерной медицины (трехфазная сцинтиграфия, ПЭТ), являясь объективными показателями перфузии, не обеспечивают визуализацию архитектоники сосудов стопы.

Между тем, на сегодняшний день в мировой литературе приоритеты в детальной характеристике состояния сосудистого русла принадлежат не только рентгеновской ангиографии, но и магнитно-резонансной-ангиографии с контрастным усилением (Ruhl K., 2008; Rohrl B., 2009; Healy D., 2013; Скрипников А.В., 2014). Магнитно-резонансная томография обеспечивает не только высокое пространственное разрешение, но и выполнение неинвазивного ангиографического исследования для выявления нарушений кровотока. Кроме

этого, контрастные препараты – парамагнетики, используемые при МР-ангиографии, в отличие от рентгеноконтрастных препаратов при рентгеновской ангиографии, не являются нефротоксичными, что очень важно именно для больных СД.

В последние годы активно внедряется применение мультипараметрической МРТ. Стоит отметить, что применение данного метода, позволяющее с высокой диагностической эффективностью провести комплексную оценку патологического процесса, получило широкое распространение в онкологической практике, в частности в диагностике рака предстательной железы. Однако в отношении оценки воспалительных процессов, а именно остеомиелита у пациентов с СДС встречаются лишь единичные публикации о применении мультипараметрической МРТ, согласно которым данный метод потенциально обладает высокой диагностической ценностью в установлении наличия остеомиелита и проведении его дифференциальной диагностики с диабетической остеоартропатией, особенно при небольших очагах поражения и нечеткой клинической картине (Hochman M., 2006; McCarthy E., 2017).

Степень разработанности темы исследования

Мультипараметрическая МРТ представляет собой поэтапное проведение нативной МРТ, МРА с контрастным усилением и постконтрастной МРТ, а также ряда дополнительных импульсных последовательностей в зависимости от конкретной клинической ситуации, при однократном визите пациента. О высокой информативности МР-ангиографии стоп у больных СД свидетельствует достаточное количество публикаций (Andreisek G., 2007; Pomposelli F., 2010; Cao P., 2011; Liu X., 2014). Единичные данные приводятся об оценке характера контрастирования мягких тканей при МР-ангиографии как показателя их повреждения у больных СДС (Zhang H., 2004; Forsythe R., 2016). Приводятся данные о преимуществе МР-ангиографии по сравнению с рентгеновской ангиографией (Rohrl B., 2009). Ряд авторов предлагают интегрированный подход к оценке васкуляризации при ишемической стопе, используя для этих целей рутинную рентгеновскую ангиографию, компьютерную ангиографию, магнитно-резонансную ангиографию, а также ультразвуковое исследование (Sakka K., 2006; Ranachowska C., 2010).

Согласно данным некоторых зарубежных авторов использование мультипараметрической МРТ позволяет выявить и наиболее подробно интерпретировать характер и взаимосвязь морфологических и функциональных изменений мягких тканей, костей, суставов и сосудов пораженной стопы, что позволяет получить на ранних этапах, до появления явных клинических признаков, более полную и достоверную картину изменений при осложненном течении СДС, и, таким образом, более эффективно проводить лечение, избегая необоснованных ампутаций конечности (Hochman M., 2007; McCarthy E., 2017).

Стоит отметить, что, несмотря на наличие отдельных иностранных публикаций о преимуществах использования мультипараметрической магнитно-резонансной томографии в диагностике СДС, осложненного гнойно-некротическими процессами, диагностическая ценность метода на данный момент не определена и требуется дальнейшее его изучение. Также не до конца изучено использование такого компонента мультипараметрической МРТ, как МРА с контрастным усилением в оценке показателей кровотока, состояния сосудистой архитектоники и микроциркуляции и их значимости для развития осложненного течения у больных СДС и для определения тактики лечения. Зарубежные публикации о применении данного метода немногочисленны, а отечественные – отсутствуют.

Однако своевременное установление характера изменений кровотока стопы, комплексная морфофункциональная оценка состояния сосудистого русла в сочетании с выявлением воспалительного процесса в костях позволят провести комплексную оценку состояния стоп при СДС, что, вероятно, будет способствовать снижению числа ампутаций и уменьшению объема резецированного фрагмента.

Цель работы

Повышение эффективности лучевой диагностики осложненного течения синдрома диабетической стопы с использованием мультипараметрической магнитно-резонансной томографии.

Задачи

1. Оценить время поступления индикатора, сосудистую архитектуру стоп у пациентов с различными формами осложненного СДС по данным магнитно-резонансной ангиографии с контрастным усилением.
2. Исследовать особенности микроциркуляции стоп с помощью магнитно-резонансной ангиографии с контрастным усилением при СДС, осложненном гнойно-воспалительными процессами.
3. Разработать семиотику гнойно-воспалительного поражения стоп у пациентов с осложненным течением СДС по данным мультипараметрической МРТ (нативной МРТ, МРА с контрастным усилением и постконтрастной МРТ).

Научная новизна

1. Впервые систематизирована семиотика состояния сосудистого русла по данным магнитно-резонансной ангиографии с контрастным усилением у пациентов с осложненным течением СДС.
2. Обосновано использование магнитно-резонансной ангиографии с контрастным усилением для установления времени поступления индикатора в периферические отделы нижних конечностей у больных с ишемической, нейропатической и смешанной формами СДС.
3. Определена роль мультипараметрической МР-томографии в установлении остеомиелита при различных формах СДС на основании распространенности и локализации процесса, изменения прилегающих мягких тканей, отека костного мозга на нативных магнитно-резонансных томограммах, времени поступления индикатора, сосудистой архитектуры и состояния микроциркуляции на магнитно-резонансных ангиограммах с контрастным усилением, изменения сигнала костного мозга и мягких тканей на постконтрастных магнитно-резонансных томограммах.

Теоретическая и практическая значимость работы

Результаты выполненного исследования свидетельствуют о том, что повышение эффективности лучевой диагностики синдрома диабетической стопы, осложненного гнойно-некротическими процессами, достигается путем использования мультипараметрической МРТ. Комплексная оценка нативной МРТ, МРА с контрастным усилением и постконтрастной МРТ позволяет более точно оценить характер воспалительных изменений, в том числе на ранних стадиях процесса, у пациентов с СДС, осложненным гнойно-некротическими процессами.

На основании выполненного исследования автором систематизирована семиотика состояния сосудистого русла по данным мультипараметрической МРТ, включая МРА с контрастным усилением, и определена роль данного метода в диагностике гнойно-воспалительных процессов у пациентов с СДС.

Методология и методы исследования

В основе методологии диссертационной работы – современные теоретические и практические основы отечественной и зарубежной лучевой диагностики.

Диссертационное исследование выполнялось в несколько этапов с использованием клинических, инструментальных, аналитических и статистических методов.

На первом этапе изучалась отечественная и зарубежная литература, посвященная лучевой диагностике состояния стоп у пациентов с сахарным диабетом, в частности использованию мультипараметрической магнитно-резонансной томографии в диагностике гнойно-некротических осложнений у пациентов с синдромом диабетической стопы.

На втором – клинко-инструментальном этапе работы – была выполнена оценка диагностической эффективности мультипараметрической, в том числе МРА с контрастным усилением при исследовании пациентов с СДС, в том числе в сравнении с радионуклидной ангиографией.

Установленное при этом повышение диагностической эффективности контрастного усиления, а также отсутствие лучевой нагрузки обосновывает третий – аналитико-статистический этап работы, который включал анализ результатов сравнения указанных методов, на основании которого определена роль мультипараметрической МРТ в установлении осложненного течения различных форм СДС.

Положения, выносимые на защиту

1. Магнитно-резонансная ангиография с контрастным усилением отражает патогенетические аспекты кровотока у больных осложненным течением СДС, включая замедление поступления контрастного препарата в сосуды стоп при ишемической форме, отсутствие визуализации отдельных сосудистых ветвей у пациентов с ишемической и смешанной формами, ускоренный кровоток в сочетании с повышенным накоплением контрастного препарата в мягких тканях у пациентов с нейропатической и смешанной формами СДС. Общим для всех форм осложненного течения СДС является ранняя визуализация венозного русла как проявление артериовенозного шунтирования.

2. Мультипараметрическая МРТ высокоинформативна в диагностике остеомиелита на фоне СДС и характеризуется наличием на нативных МРТ повышенного сигнала костного мозга (T2-ВИ и FSat) в сочетании с примыканием язвы/свища к пораженной кости, а также последующим постконтрастным усилением сигнала в мягких тканях зоны интереса в сочетании с сохраняющимся и усиливающимся повышением сигнала костного мозга.

Степень достоверности результатов

Достоверность полученных результатов подтверждается достаточным объемом клинического материала (90 пациентов), использованием методик, адекватных поставленным задачам, и применением современных методов статистического анализа.

Апробация материалов диссертации

Материалы диссертации доложены и обсуждены на III съезде врачей лучевой диагностики Сибирского Федерального округа (г. Красноярск, 2–4 октября 2014 г.); European Congress of Radiology (ECR) 2015 (г. Вена, Австрия, 4–8 марта 2015 г.); VIII Невском радиологическом форуме (г. Санкт-Петербург, 10–12 апреля 2015 г.); Второй международной конференции с элементами молодежной научной школы «Магнитно-резонансная томография в биомедицинских исследованиях» (г. Томск, 7–9 сентября 2015 г.); Юбилейном Конгрессе Российского общества рентгенологов и радиологов (г. Москва, 7–9 ноября 2016 г.).

Внедрение результатов исследования в практику

Научные положения и практические рекомендации, сформулированные в диссертации, внедрены в работу отдела лучевой диагностики и терапии ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России, в учебный процесс кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России.

Публикации

По теме опубликовано 27 научных работ, в том числе 6 статей – в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки Российской Федерации для публикации материалов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

Личное участие автора

Разработка дизайна исследования и определение методологии исследования, исследование пациентов, анализ и обобщение полученных данных, анализ данных литературы по теме диссертации, статистическая обработка материала и написание всех глав диссертации выполнены лично автором.

Структура и объем диссертации

Диссертация изложена на 109 страницах машинописного текста и состоит из введения, 4 глав (аналитического обзора литературы, описания материала и методов исследования, результатов собственных исследований, обсуждения), выводов, практических рекомендаций, списка условных сокращений, и указателя литературы, включающего 140 источников, из них 47 отечественных и 93 иностранных. Работа содержит 19 таблиц и 14 рисунков.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Настоящее исследование одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России (регистрационный номер № 4252 от 28.09.2015 г.) с соблюдением норм, провозглашённых Хельсинкской декларацией Всемирной ассоциации «Этические принципы проведения научных медицинских исследований с участием человека» с поправками 2000 г. и «Правилами клинической практики в Российской Федерации», утвержденными Приказом Минздрава России от 19.06.2003 № 266.

Работа выполнялась на базе ФГБОУ ВО СибГМУ Минздрава России.

Для достижения поставленной в диссертационной работе цели и решения задач в клиническое исследование было включено 90 больных (51 м, 39 ж, средний возраст $56,43 \pm 13,20$ года) с наличием синдрома диабетической стопы, осложненного гнойно-некротическими процессами или с подозрением на их наличие.

Общая характеристика клинического материала

Исследование включало пациентов с нейропатической (n=27), смешанной (n=48) и ишемической (n=15) формами СДС. Средний стаж заболевания составил $13,43 \pm 6,71$ лет.

В исследование были включены мужчины и женщины в возрасте от 18 до 80 лет (51 м, 39 ж, средний возраст $56,43 \pm 13,20$ года) с установленным диагнозом СДС и наличием остеомиелита или с подозрением на его наличие, с отсутствием противопоказаний к проведению МРТ и сцинтиграфии, а также наличием информированного согласия.

Критериями исключения пациентов являлись отсутствие информированного согласия, абсолютные или относительные противопоказания к проведению лучевых методов исследования, наличие в анамнезе заболеваний, оказывающих существенное влияние на состояние стоп.

Основанием для установления сахарного диабета являлись критерии Всемирной организации здравоохранения (1999 г.): уровень глюкозы плазмы натощак $\geq 7,0$ ммоль/л; уровень глюкозы плазмы через 2 ч после перорального глюкозо-толерантного теста или при случайном определении $\geq 11,1$ ммоль/л.

Уровень компенсации углеводного обмена был неудовлетворительным у всех обследованных пациентов (уровень гликированного гемоглобина $HbA1c > 7,5\%$).

В большинстве случаев, течение сахарного диабета сопровождалось сопутствующей патологией, среди которой наиболее часто встречались ожирение (n=35, 38,9%), артериальная гипертензия (n=64, 71,1%) и другие заболевания (n=51, 56,7%).

Все пациенты имели осложнения сахарного диабета. Среди осложнений преобладали дистальная сенсомоторная полинейропатия (n=54, 60%) и диабетическая ретинопатия (n=60, 66,6%).

Нейропатия диагностировалась с помощью шкал TSS и NSS, путем оценки всех видов чувствительности, включая болевую, температурную, тактильную и вибрационную (применялись укол тыльной поверхности большого пальца стопы тупой иглой, биотензиометрия, монофиламент 10 г, градуированный камертон), которые анализировались по шкале NDS, а также путем оценки сухожильных рефлексов. Состояние кровотока и микроциркуляции оценивалось путем пальпаторного исследования пульсации периферических артерий, расчета лодыжечно-плечевого индекса, выполнения УЗИ крупных артерий стоп.

В общих анализах крови преобладало ускорение СОЭ – более 20 мм/ч (75,3%), также определялся лейкоцитоз до $9-12 \cdot 10^9$ со сдвигом формулы влево в меньшем количестве случаев (54,6%). Показатели, соответствующие гипергликемии (до 8–10 ммоль/л) и глюкозурии (до 100 гр), были выявлены в 12,4% наблюдений.

Характеристика состояния стоп

Признаки инфекционного поражения мягких тканей нижних конечностей имели большинство обследованных пациентов (n=89, 98,9%), длительность инфекционного поражения в большинстве случаев (n=16, 29,6%) составляла от 1 до 3 месяцев.

Распространенность гнойно-некротического процесса соответствовала преимущественно 2–3 степеням (31,4% и 37,0% соответственно) по классификации Wagner и IIIВ стадии по классификации Техасского университета.

Среди гнойных осложнений синдрома диабетической стопы преобладали абсцессы и флегмоны стопы (40,0%), а также хронический остеомиелит костей стопы (42,2%).

Состояние стоп у больных с СДС характеризовалось клинической картиной воспалительного процесса. Болевой синдром был выявлен у всех пациентов с ишемической формой (100%), а также преобладал у больных смешанной формой (77,1%) по сравнению с пациентами с нейропатической формой СДС (44,4%). Снижение всех или отдельных видов чувствительности было характерно только для больных с нейропатической формой (81,5%). Отек мягких тканей выявлялся во всех случаях смешанной и нейропатической форм СДС (100%) и, в несколько меньшем количестве наблюдений, у пациентов с ишемической формой СДС (93,3%). Гиперемия преобладала у больных нейропатической (100%) и смешанной (89,6%) формами СДС. Изъязвление, свищевой ход также чаще встречались у больных смешанной (75,0%) и нейропатической формами (55,6%) СДС по сравнению с ишемической формой, при которой только 20,0% случаев сопровождалось данными симптомами. Флюктуация и гнойное отделяемое незначительно преобладали у пациентов со смешанной формой СДС (52,1%). Мумификация была характерна только для больных с ишемической формой (3,3%). Перечисленные симптомы протекали на фоне локально повышенной температуры, которая чаще выявлялась у больных с нейропатической формой (74,1%) по сравнению с пациентами со смешанной формой (66,7%) СДС. Понижение локальной температуры стоп имело место во всех случаях при ишемической форме (100%) и в небольшом количестве наблюдений (22,9%) – при смешанной форме СДС. Ослабленная пульсация крупных сосудов стоп преобладала при ишемической форме (100%) по сравнению со смешанной формой СДС (43,7%) и не выявлялась у пациентов с нейропатической формой СДС. Полное отсутствие пульсации артерий стоп имело место в одном случае (6,7%) ишемической формы СДС.

Бактериологический анализ отделяемого из раневых дефектов (n=54), а также операционного материала (n=38) установил наличие *St. auerus* в 84,2%, *Pr.vulgaris* в 8,3%, *P.aueruginosa* в 7,5% случаев.

Характеристика лучевых методов исследования

Методика рентгенографии

Рентгенография выполнялась всем пациентам (n=90) на цифровых рентгеновских аппаратах Apollo DRF по стандартным методикам. Производилась оценка костно-суставных структур и мягких тканей в пределах разрешающей возможности метода.

Методика трехфазной сцинтиграфии

Трехфазная сцинтиграфия проводилась на аппарате ОФЭКТ «Philips BrightView» с ^{99m}Tc-пирфотех (ООО «Диамед», Россия) и включала в себя: сосудистую, blood-pool и костную фазы исследования. Введение радиофармпрепарата осуществлялось внутривенно, вводимая доза составила 740 МБк, а эффективная эквивалентная доза – 4,22 мЗв. Использовались низкоэнергетические LEGP коллиматоры для общих целей.

Сосудистая фаза исследования выполнялась сразу после введения РФП и проводилась с целью оценки скорости поступления и количества индикатора, поступившего в различные отделы стоп, а также в зону наличия предполагаемого воспалительного процесса.

Фаза blood-pool выполнялась сразу после сосудистой фазы и до 10 мин после введения РФП и включала в себя визуальную и количественную оценку распределения индикатора в различных отделах стоп, а также в зоне наличия предполагаемого воспалительного процесса с расчетом показателя интенсивности аккумуляции РФП «зона интереса/контралатеральная зона», либо «зона интереса/интактная зона».

Костная фаза исследования выполнялась через 3 часа после введения РФП и включала планарный и томографический режимы с визуальной и количественной оценкой распределения индикатора в различных отделах стоп и в зоне наличия предполагаемого воспалительного

процесса с расчетом показателя интенсивности аккумуляции РФП «зона интереса/контралатеральная зона», либо «зона интереса/интактная зона».

Методика магнитно-резонансной томографии

Магнитно-резонансная томография голеностопных суставов и стоп проводилась с использованием МР-томографа Siemens MAGNETOM Essenza 1,5 Тл в трех стандартных плоскостях – сагиттальной, корональной и трансверзальной, с толщиной среза 3–5 мм, с использованием последовательностей T1-ВИ, T2-ВИ, FSat. Исследуемая стопа фиксировалась в коленной катушке в состоянии незначительного подошвенного сгибания.

Методика магнитно-резонансной ангиографии с контрастным усилением

После получения нативных изображений была выполнена МР-ангиография с введением контрастного средства (КС) на основе гадолиния (Gd). Пациенту внутривенно болюсно с помощью инжектора вводилось 15 мл контраста со скоростью 4,0 мл/с, с последующим промыванием 10 мл физиологического раствора, болюс-тайминг не применялся. Основной последовательностью являлась T1-FLASH на основе градиентного эха. Время повторения (TR), время эхо (TE) и угол наклона составляли <19 мс, <9,5 мс и 10° соответственно. Была выбрана матрица размером 320x320 и поле обзора (FOV) размером 280x280x79 мм, при этом размер вокселя составил 0,7x0,7x1,1 мм. Ангиографические изображения регистрировались в течение 180–300 с с момента введения КС путем получения циклически повторяющихся 10–15 серий 17-секундных сканирований, которые были в последующем обработаны с использованием субтракции и построением MIP- и MPR-реконструкций. Наряду с МРА было выполнено отсроченное постконтрастное МР-исследование стоп в последовательности T1-SE (спиновое эхо) для сопоставления данных ангиографии и перфузии с характером постконтрастного усиления тканей стопы (таблица 1).

Таблица 1 – Методика проведения магнитно-резонансной ангиографии

Катушка	Коленная
Укладка пациента	На спине, ногами вперед в катушку
Контраст, доза, скорость введения	Гадовист, 15 мл, 4.0 мл/с, 10 мл физиологического раствора
Путь введения	Внутривенно (болюсно)
Зоны насыщения	Не использовались
Болюс-тайминг	Не применялся
Задержка дыхания	Свободное дыхание
Последовательности	T1-FLASH, T1-SE
Ориентация последовательности	Аксиальная ориентация, направление фазового кодирования – справа налево
TR, TE, угол наклона	<19 мс, <9,5 мс, 10°
Матрица	320 x 320
Поле обзора (FOV), Кол-во срезов (истинное, реконструированное)	280 x 280 x 79 мм, 72
Размер вокселя	0,7 x 0,7 x 1,1 мм
Время последовательности	17 с x 10–15 измерений
Ориентиры для позиционирования зоны сканирования	Использованы Sag+Cor T2 для оценки анатомических изменений
Субтракция	Применялась
Реконструкции	MIP, MPR

Верификация полученных результатов

Верификация результатов лучевых методов исследования осуществлялась путем морфологического исследования операционного материала (n=38, 42,2%), полученного в результате секвестрэктомий, резекции сегментов кости, ампутации сегментов нижней конечности и иссечения лигатурных свищей. Материал фиксировался в 10% нейтральном растворе формалина. После чего кость декальцинировали, затем заливали в парафин. Срезы окрашивали гематоксилин-эозином.

Пациенты, подвергавшиеся консервативному лечению, клинически наблюдались в динамике (n=52; 47,8%).

Методы статистической обработки полученных данных

Статистическая обработка была проведена с помощью программы Statistica 8.0. Независимые качественные данные анализировались путем вычисления критерия χ^2 . В случае невозможности применения критерия (если ожидаемая частота хотя бы одного значения меньше 5) использовался точный критерий Фишера. Анализ количественных данных на первом этапе проводился при помощи критерия Шапиро-Вилка с целью проверки на соответствие закону нормального распределения. Подчиняющиеся указанному закону данные относились к параметрическим и описывались путем вычисления среднего значения и стандартного отклонения среднего значения. В том случае, если количественные данные не подчинялись нормальному закону распределения, являясь непараметрическими, их анализ проводился при помощи вычисления медианы и квартилей. Закон распределения данных также определял выбор метода сравнения исследуемых групп. Параметрические данные сравнивались при помощи t-критерия Стьюдента, остальные – путем анализа критерия Манна – Уитни. При необходимости сравнения трёх и более групп исследования проводился дисперсионный анализ, а коррекция эффекта множественного сравнения осуществлялась поправкой Бонферрони. Для оценки линейной зависимости количественных данных рассчитывался коэффициент корреляции Пирсона (для параметрических данных) и Спирмена (во всех остальных случаях). Корреляция являлась сильной при значении коэффициента больше 0,7 и меньше -0,7; от 0,5 до 0,7 и от -0,5 до -0,7 корреляция считалась средней; корреляция являлась слабой при значении коэффициента меньше 0,5 и больше -0,5. При уровне значимости p меньше 0,05 считалось, что исследуемый показатель в сравниваемых группах имел статистически значимые различия.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Магнитно-резонансная ангиография с контрастным усилением: оценка времени поступления препарата в сосуды стоп в сравнении с радионуклидной ангиографией

Магнитно-резонансная ангиография с контрастным усилением была проведена 90 пациентам с синдромом диабетической стопы, осложненным гнойно-некротическими процессами. Результаты данного метода сравнивались в оценке кровотока с радионуклидной ангиографией, в оценке наличия гнойно-некротических изменений – с результатами морфологического исследования гистологического материала.

Семиотика МР-ангиографических изменений при осложненном течении СДС разрабатывалась в три этапа.

На первом этапе проводилась оценка времени поступления контраста в сосуды стоп. Расчеты данного показателя производились первоначально в общей группе, затем в 3 группах пациентов, выделенных в соответствии с формами синдрома диабетической стопы. После получения данных было оценено, подчиняются ли показатели времени поступления закону нормального распределения путем вычисления критерия Шапиро-Вилка, который составил $W=0,94$ при $p=0,0007$. В результате данные показатели были отнесены к количественным параметрическим с последующим вычислением среднего значения времени поступления и стандартного отклонения среди всех пациентов.

Среднее время поступления в дистальные отделы стоп по данным исследования в общей группе составило $26,04 \pm 8,03$ с. При сравнении состояния артериального кровотока в

зависимости от формы СДС значительно отличалось время поступления КС в сосуды стоп в группе с ишемической формой СДС, увеличиваясь до $38,20 \pm 6,47$ с. Близкие показатели были получены в группах с нейропатической – $21,93 \pm 5,80$ с и смешанной формами – $24,56 \pm 5,66$ с.

Все пациенты были разделены на 3 группы: со своевременным ($n=51$, 56,7%), ускоренным ($n=23$, 25,5%) и замедленным поступлением КС ($n=16$, 17,8%) в сосуды стоп.

Замедленное поступление КС определялось преимущественно при ишемической форме СДС ($n=12$, 75,0%) и в 4 случаях (25,0%) замедление поступления контраста было выявлено среди 48 больных со смешанной формой СДС.

При сравнении полученных данных с данными Martin R. Prince (2001) было установлено, что среднее время поступления контраста в сосуды стоп при ишемической форме СДС соответствовало норме ($38,20 \pm 6,47$ с по сравнению с $34,0 \pm 9,0$ с), однако имело тенденцию к замедлению. Нейропатическая и смешанная формы СДС характеризовались ускоренным поступлением контраста в сосуды стоп ($21,93 \pm 5,80$ с и $24,56 \pm 5,66$ с по сравнению с $34,0 \pm 9,0$ с), что не противоречит их патогенезу. Показатель среднего времени поступления контраста среди всех пациентов при сравнении с эталонными данными соответствовал ускоренному времени.

При сравнении среднего времени поступления контрастного препарата в зависимости от формы СДС методом дисперсионного анализа была выявлена достоверная статистически значимая разница между показателями при ишемической и нейропатической ($p < 0,001$) формах и между результатами при ишемической и смешанной ($p < 0,001$) формах СДС. При этом между значениями среднего времени поступления контраста при нейропатической и смешанной формах достоверной статистически значимой разницы выявлено не было ($p = 0,16$).

Данные МРА с контрастным усилением сравнивались с результатами радионуклидной ангиографии, выбранной в качестве референтного метода оценки количественных параметров кровотока.

Было вычислено среднее значение времени поступления РФП в сосуды стоп у тех же пациентов, которым проводилась МР-ангиография с контрастным усилением, а также проведена оценка его соответствия нормальному закону распределения и вычисление стандартного отклонения. Далее результаты двух данных методов диагностики сравнивались путем корреляционного анализа для выявления наличия статистически значимой связи показателей.

Среднее время поступления (Т пост.) РФП в дистальные отделы стоп в первую фазу исследования составило $23,90 \pm 7,29$ с. При сравнении состояния артериального кровотока в группах с различными формами СДС выявлено статистически значимое ($p < 0,0001$) увеличение Т пост. при ишемической ($34,6 \pm 6,14$ с) и ускорение времени поступления – при нейропатической ($20,8 \pm 4,8$ с) и смешанной ($22,3 \pm 5,6$ с) формах. Наряду с этим имелось достоверное отличие ($p < 0,0001$) данного показателя в группе больных ишемической формой СДС от результатов, полученных при нейропатической и смешанной формах СДС.

Таким образом, общим для всех пациентов с нейропатической и смешанной формами СДС в эту фазу радионуклидного исследования было ускорение артериального кровотока.

Показатели времени поступления контраста при проведении магнитно-резонансной ангиографии и радиофармпрепарата при радионуклидной ангиографии подчинялись закону нормального распределения ($W=0,94$, $p=0,0007$; $W=0,95$, $p=0,001$) и являлись количественными параметрическими показателями. В связи с этим был проведен расчет среднего времени поступления с определением стандартного отклонения, и указанные методы были сравнены путем корреляционного анализа, по результатам которого была выявлена сильная, статистически значимая связь ($r=0,92$, $p < 0,05$) (рисунок 1). Это свидетельствует о высокой информативности МРА с контрастным усилением в определении количественных параметров кровотока стоп, что, в сочетании с отсутствием лучевой нагрузки, дает данному методу преимущество в выборе в качестве основной модальности для диагностики состояния сосудистого русла у пациентов с СДС, осложненным гнойно-некротическими процессами.

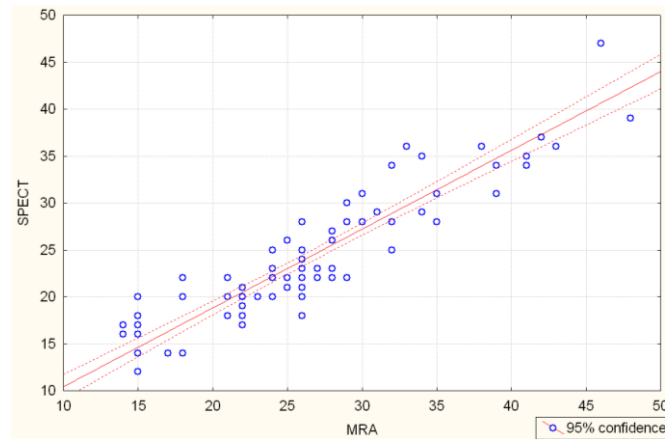


Рисунок 1 – Корреляционный анализ времени поступления контрастного препарата при МРА и радиофармпрепарата при радионуклидной ангиографии у пациентов с СДС

Магнитно-резонансная ангиография с контрастным усилением: оценка сосудистой архитектоники и микроциркуляции при СДС, осложненном гнойно-воспалительными процессами

На втором этапе исследования оценивалась архитектура сосудов стопы. В норме первоначально контрастируются артерии стопы, характеризующиеся достаточно высокой интенсивностью сигнала. При этом должны определяться следующие артериальные ветви: на тыле стопы а. dorsalis pedis и ее ветви, в том числе а. arcuata. На подошве стопы в норме видны aa. plantares mediales et laterales. А. plantaris medialis, более тонкая из двух, соединяется с первой подошвенной плюсневой артерией или впадает в arcus plantaris. Более крупная а. plantaris lateralis образует дугу выпуклостью кпереди (arcus plantaris) и формирует анастомоз с r. plantaris profundus а. dorsalis pedis. Вены контрастируются чуть позже и визуализируются как сосуды извитой формы и меньшей интенсивности сигнала.

На данном этапе было проведено вычисление процента невизуализировавшихся сосудистых ветвей в общей группе, от общего количества пациентов, и в группах по формам синдрома диабетической стопы с остеомиелитом стоп и подозрением на его наличие. А также сравнение полученных данных путем вычисления критерия χ^2 и критерия Фишера при трех формах указанного синдрома в связи с тем, что сравнивались качественные независимые признаки.

В проведенном исследовании нормальная архитектура сосудов стоп была установлена в 32 (35,6%) случаях. Нарушение кровоснабжения характеризовалось преимущественно отсутствием визуализации отдельных а. digitales dorsales в 37 (41,1%) случаях, что наблюдалось при ишемической (в 100% случаев) и смешанной (45,8%) формах СДС (рисунок 2).

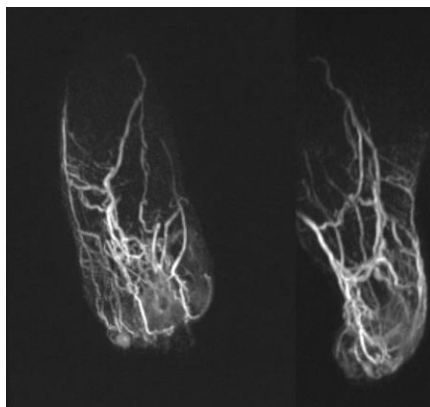


Рисунок 2 – Пациент К. 65 лет, СД 2 тип, ишемическая форма СДС, гангрена 1 пальца правой стопы. МРА с контрастным усилением. Отсутствие визуализации а. arcuata и а. digitales II пальца

В редких случаях отсутствовала визуализация arcus plantaris (n=16, 33,3%; смешанная форма), а. arcuata (n=8, 53,3%; ишемическая форма), а. metatarsae dorsales 2, 3, 4 пальцев (n=5, 33,3%; ишемическая форма, n=2, 4,2%; смешанная форма). Также, в 1 случае (6,7%; ишемическая форма) у пациента не было выявлено отчетливой визуализации всех сосудов стопы на протяжении исследования.

В 1 случае (3,7%) у пациента с нейропатической формой СДС, осложненной остеомиелитом, визуализировалась избыточная сосудистая сеть в ногтевой фаланге 1 пальца по латеральной поверхности и повышенная васкуляризация на уровне пястно-фалангового сустава 2 пальца в сочетании с нерезко повышенной васкуляризацией в ногтевой фаланге 2 пальца.

Другой особенностью кровообращения у исследуемой категории пациентов была ранняя визуализация венозного звена. Данная картина была диагностирована у 24 пациентов (26,7%) с нейропатической (n=15, 55,6%), смешанной (n=8, 16,7%) и ишемической формами (n=1, 6,7%) СДС.

На третьем этапе был изучен характер накопления контраста в стопах, отражающий состояние микроциркуляции при синдроме диабетической стопы.

Все пациенты были разделены на 3 группы: с равномерным (n=21, 23,3%), повышенным (n=68, 75,6%) накоплением контраста, а также с локальным его отсутствием (n=1, 1,1%). При этом повышенное накопление контраста визуализировалось в двух вариантах: до отчетливой визуализации сосудов стопы (n=14, 20,6%) и одновременно с появлением сосудистой архитектоники стоп (n=54, 79,4%).

Равномерное накопление препарата наблюдалось примерно в равной степени при ишемической (n=9, 42,9%) и смешанной (n=12, 57,1%) формах СДС. Локальное повышенное накопление до визуализации сосудов стоп выявлялось только при нейропатической (n=9, 33,3%) и смешанной (n=5, 10,4%) формах. Одновременное с визуализацией сосудов локальное повышенное накопление контраста выявлялось в большей степени при смешанной (n=30, 44,1%) и нейропатической (n=18, 26,5%) формах СДС, для ишемической формы СДС данный тип накопления был характерен в меньшем количестве случаев (n=6, 8,9%) (рисунок 3).

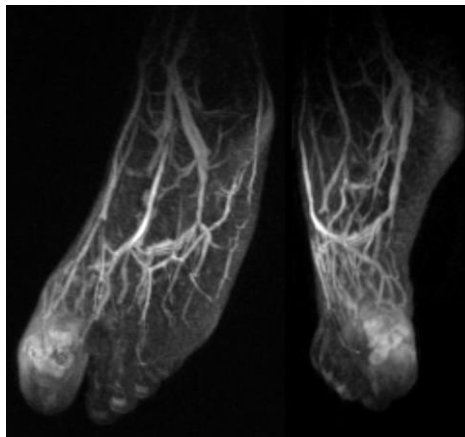


Рисунок 3 – Пациент Л., 27 лет. СД 1 тип, нейропатическая форма СДС, остеомиелит I пальца левой стопы. МРА с контрастным усилением.

Локальное повышенное накопление контраста в мягких тканях

I пальца левой стопы без четкой визуализации сосудистой архитектоники, сохраняющееся длительное время. Отсутствие визуализации отдельных а. digitales

При оценке характера накопления контраста особое внимание привлекали случаи повышенного накопления препарата вне сосудистого русла стоп, сохранявшегося длительное время – на протяжении 5 мин исследования и на отсроченных постконтрастных снимках через 10 мин, выявленные при нейропатической и смешанной формах СДС, преимущественно сопровождавшиеся гнойным воспалительным процессом (n=38, 42,2%).

Однако, локальное повышенное накопление контраста не являлось специфическим признаком наличия именно гнойного воспалительного процесса и встречалось в других клинических ситуациях, а именно при формировании стопы Шарко (n=10, 11,1%).

Особенности накопления контрастного препарата в мягких тканях в зависимости от характера воспалительного процесса (гнойного или негнойного) проиллюстрированы следующим наблюдением (рисунок 4).

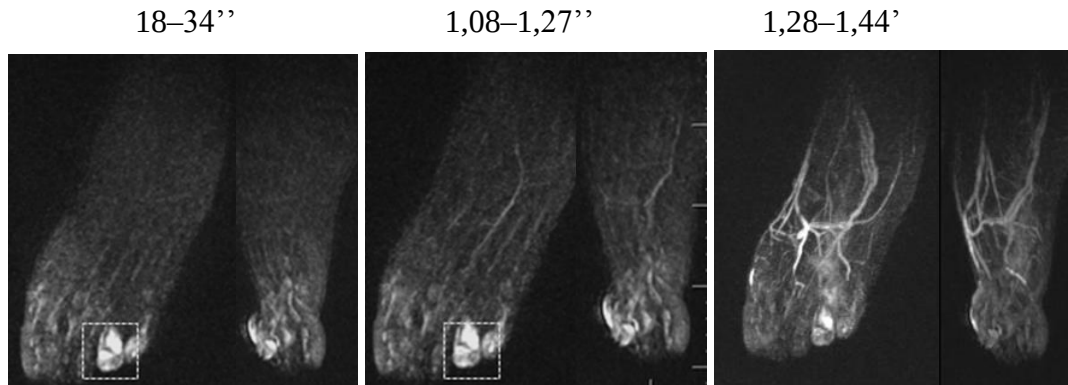


Рисунок 4 – Пациент П., 53 года. СД 2 тип, смешанная форма СДС, остеомиелит IV пальца левой стопы. МРА с контрастным усилением. Выраженное локальное повышенное накопление контраста в зоне интереса, возникающее до визуализации магистральных сосудов и сохраняющееся на протяжении всего исследования. Отсутствие визуализации отдельных a. metatarsae и a. digitales

Отсутствие визуализации накопления было выявлено в случае смешанной формы СДС (n=1, 2,1%) у пациента с гангреной I пальца левой стопы. При проведении МРА с контрастным усилением по выбранному нами протоколу на всем протяжении исследования у данного пациента отсутствовала как визуализация крупных сосудов, так и визуализация I пальца в целом, вероятно, в рамках нарушения процессов микроциркуляции. Однако при проведении данному пациенту трехфазной остеосцинтиграфии отмечалось накопление РФП в зоне интереса, сниженное в фазу blood-pool и нормальное в костную фазу исследования, что доказывало наличие кровотока, наиболее вероятно коллатерального капиллярного, который визуализировался в связи с длительностью исследования (10 мин при мягкотканной фазе остеосцинтиграфии по сравнению с 5 мин при МРА с контрастным усилением) (рисунок 5).

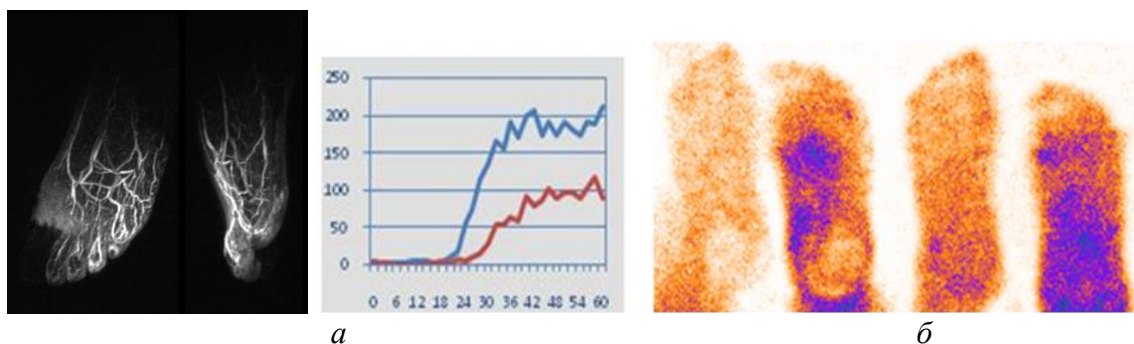


Рисунок 5 – Пациент Е., 62 года. СД 2 тип, смешанная форма СДС, гангрена I пальца левой стопы. МРА с контрастным усилением (а). Отсутствие накопления контраста в I пальце левой стопы. Отсутствие визуализации отдельных a. metatarsae. Трехфазная сцинтиграфия (б). Локальная гипоперфиксация РФП в I пальце левой стопы во вторую фазу исследования

Сравнение возможностей МРА с контрастным усилением и трехфазной сцинтиграфии в оценке микроциркуляции стоп

Поскольку сцинтиграфия является одним из ведущих методов оценки микроциркуляции стоп, нами было выполнено сравнительное исследование результатов МРА с контрастным усилением с данными распределения радиоактивного индикатора во вторую и третью фазы остеосцинтиграфии.

В мягких тканях было выявлено 3 типа распределения РФП: равномерное (n=19; 21,1%), равномерное с наличием локальных участков повышенного накопления (n=59; 65,6%) и пониженное (диффузное или локальное) (n=12; 13,3%), на фоне всех этих вариантов распределения в ряде случаев визуализировались локальные «немые» зоны (n=28; 31,1%).

В костную фазу сцинтиграфии анализировались степень накопления и характер распределения РФП в костях стоп. По степени накопления РФП выделены два типа распределения активности: с нормальным накоплением и с нормальным накоплением с наличием участков повышенной аккумуляции РФП в костной ткани. Участки гипофиксации РФП, а также «немые» зоны в костную фазу сцинтиграфии не определялись.

Результаты исследования указывают на то, что, несмотря на угнетение кровотока в первую фазу, кровоток в костях и в меньшей степени в мягких тканях сохраняется за счет развития коллатералей. Таким образом, угнетение мягкотканого кровотока в артериальную фазу не препятствовало наличию на этом фоне очагов повышенного поглощения РФП у больных с клиническими признаками гангрены и отсутствием визуализации зоны интереса при проведении МРА с контрастным усилением.

Сочетание повышенного накопления контраста в мягких тканях на МРА с контрастным усилением с гиперфиксацией РФП в зоне интереса как во вторую, так и в третью фазы остеосцинтиграфии было характерно для всех пациентов с острыми воспалительными процессами костей стоп. Данные пациенты подразделялись на две категории: 38 (42,2%) больных с остеомиелитом и 16 (17,8%) больных с острой нейропатической артропатией. Кроме того, у 35 пациентов (40,0%) не было выявлено воспалительного поражения костей, однако у 15 (42,9%) из них определялось повышенное накопление контраста при проведении МРА и гиперфиксация РФП только во вторую фазу остеосцинтиграфии, в остальных случаях (n=20, 57,1%) накопление было нормальным и равномерным по результатам обоих методов. Единственный случай отсутствия контрастирования зоны интереса при МРА сопровождался локальной гипофиксацией РФП в фазу blood-pool и нормальным распределением РФП в костную фазу сцинтиграфии и соответствовал влажной гангрене I пальца левой стопы.

Морфологическое исследование операционного материала больных СДС во всех случаях подтвердило результаты МРА с контрастным усилением и радионуклидного исследования артериального и мягкотканого кровотока. При этом у 12 пациентов с явлениями гипофиксации препарата установлены изменения сосудов в виде гиалиноза, кальцинации, и явлений продуктивного периартериита как проявления атеросклероза. На значительных участках не прослеживались гаверсовы каналы. Среди пациентов с нормальным накоплением препаратов в 14 случаях выявлено сочетание частично запустевших сосудов и участков выраженной васкуляризации, просвет гаверсовых каналов в кости сохранен, стенки сосудов надкостницы утолщены, с набухшими эндотелиоцитами.

Оценка нативной и постконтрастной МРТ у пациентов с гнойно-некротическими осложнениями СДС

Нативная МРТ выполнялась 90 пациентам с синдромом диабетической стопы, осложненным гнойно-некротическими процессами или с подозрением на их наличие. На основании сопоставления МР-картины с результатами оперативных вмешательств и данными динамического клинического наблюдения диагноз остеомиелита был установлен в 38 (42,2%) случаях, у 52 (57,8%) пациентов остеомиелит отсутствовал. При этом у пациентов были выявлены такие МР-симптомы, как отек мягких тканей, дефекты и дезорганизация мягких тканей, примыкание язвы/свища к кости, теносиновит, отек костного мозга, деструкция кости, а также различные варианты их сочетания (таблица 2).

При проведении анализа диагностической эффективности МРТ в диагностике ОМ наибольшая чувствительность была выявлена у следующих симптомов: отек костного мозга (100%), отек прилегающих мягких тканей (100%), дефекты и дезорганизация мягких тканей (100%), примыкание язвы/свища к кости (97,4%), так как гнойно-воспалительные процессы у данной категории пациентов возникают преимущественно в результате распространения процесса из мягких тканей, и, следовательно, не возможны без их вовлечения. Также высокой чувствительностью характеризовались одновременная визуализация отека костного мозга и отека мягких тканей (100%) и их сочетание с костной деструкцией (84,2%). Стоит отметить, что, несмотря на высокие показатели чувствительности, отек мягких тканей характеризовался крайне низкой специфичностью (1,9%), а показатели точности и ППС данного симптома оказались ниже среднего (43,3% и 42,7% соответственно). Отек костного мозга обладал показателями специфичности ниже среднего (44,2%), однако его показатели точности и ППС в выявлении ОМ были выше среднего (67,8% и 56,7% соответственно).

Таблица 2 – МР-симптомы, выявленные у пациентов с СДС с подозрением на наличие ОМ

Симптом	Количество пациентов
Отек мягких тканей:	89 (98,9%)
разлитой	40 (44,4%)
ограниченный	33 (36,7%)
Дефекты мягких тканей:	54 (60,0%)
обширные	42 (46,7%)
локальные: свищевой ход	12 (13,3%)
Теносиновит	50 (55,5%)
Отек костного мозга	48 (53,3%)
Деструкция костной ткани:	48 (53,3%)
Обширная с коллапсом кости	16 (17,8%)
Поверхностная (кортикальный слой кости):	32 (35,6%)
эрозии	24 (26,7%)
кисты	8 (8,9%)
Отсутствие изменений мягких тканей	1 (1,1%)

Наибольшей специфичностью для данной категории больных обладали примыкание обширного раневого дефекта или свища к кости (98,1%) и сочетанная визуализация отека костного мозга с отеком мягких тканей (80,8%). При этом максимальная специфичность примыкания свища/язвы к кости сочеталась с крайне высокими показателями чувствительности, точности, ППС и ОПС данного симптома. Такие симптомы, как дефекты и дезорганизация мягких тканей, а также сочетание отека костного мозга, деструкции костей и отека мягких тканей имели невысокие показатели чувствительности (69,2% и 75,0% соответственно). При этом показатели точности и ОПС дефектов и дезорганизации мягких тканей оказались достаточно высокими (82,2% и 100% соответственно), а показатель ППС – невысоким (70,7%).

Наименее эффективным являлся такой симптом, как теносиновит (чувствительность – 68,4%, специфичность – 53,8%, точность – 60,0%, ППС – 52,0%, ОПС – 70,0%), а также его сочетание с отеком костного мозга и костной деструкцией (чувствительность – 60,5%, специфичность – 51,9%, точность – 55,6%, ППС – 47,9%, ОПС – 64,3% и чувствительность – 63,2%, специфичность – 53,8%, точность – 57,8%, ППС – 50,0%, ОПС – 66,7% соответственно).

Такой МР-симптом, как деструкция кости, характеризовался показателями эффективности выше среднего (чувствительность – 76,3%, специфичность – 67,3%, точность – 71,1%, ППС – 63,0%, ОПС – 76,1%).

В случае сочетания указанных выше симптомов показатели ОПС были значительно выше их специфичности, точности и ППС, исключением являлось сочетание отека костного мозга с

теносиновитом (64,3%), а также сочетание данных симптомов с деструкцией костной ткани (66,7%).

После нативной МРТ и МРА с контрастным усилением всем пациентам проводилась запись постконтрастных изображений и комплексная оценка мультипараметрической МРТ.

Поскольку остеомиелит практически всегда сочетается с воспалительным поражением мягких тканей, то для повышения диагностической эффективности нами, помимо симптомов, выявленных на нативных МРТ, были учтены такие результаты постконтрастной МРТ, как повышенное накопление контрастного препарата в мягких тканях в сочетании с контрастными высокоинтенсивными участками в костях, сохранявшиеся длительное время и выявляемые на постконтрастных МР-томограммах в зонах интереса. При этом было выявлено сохранение локального повышенного накопления в мягких тканях в 48 (53,3%) случаях: 3 (3,3%) – с ишемической, 12 (13,3%) – с нейропатической формой и 32 (35,6%) – со смешанной формой СДС. Данный МР-симптом характеризовался высокими показателями диагностической эффективности (чувствительность – 100%, специфичность – 80,8%, точность – 88,9%, ППС – 79,2%, ОПС – 100%).

Случаи повышения сигнала костного мозга в сочетании с повышенным накоплением контраста в прилегающих мягких тканях подразделялись по результатам оценки постконтрастных снимков преимущественно на две подгруппы. Первая – пациенты с сохранением выраженного контрастного усиления зоны интереса (n=38, 42,2%): среди случаев ишемической формы СДС – 3 (3,3%) пациентов, при нейропатической – 10 (11,1%) больных, при смешанной форме – 25 (27,8%). Во всех 38 случаях данной подгруппы пациентов было выявлено локальное поражение преимущественно одной кости в зонах нагрузки на стопу в сочетании с прилегающей язвой или свищом, с наличием диффузного отека костного мозга, характеризовавшегося низким сигналом на T1-ВИ, высоким – на T2-ВИ и FSat. У всех пациентов с указанным симптомокомплексом по результатам оперативных вмешательств и гистологических исследований морфологического материала был подтвержден диагноз ОМ.

Вторая подгруппа – 10 (11,1%) пациентов: 2 (2,2%) – с нейропатической и 8 (8,9%) со смешанной формами СДС, у которых постконтрастное усиление было менее интенсивным или отсутствовало в принципе. На нативных МРТ у данных пациентов визуализировалось вовлечение нескольких костей и суставов средних отделов стопы, чаще костей предплюсны, при отсутствии прилегающих дефектов мягких тканей или их отдаленном расположении. При этом определялся преимущественно периартикулярный и субхондральный отек костного мозга в двух вариантах- с низким сигналом на T1-ВИ, высоким – на T2-ВИ и FSat и с нормальным или низким сигналом на T1-ВИ или T2-ВИ. Второй подгруппе пациентов в ходе динамического клинического наблюдения и анализов отделяемого из язвенных дефектов был установлен диагноз острой нейропатической артропатии (стопы Шарко).

Таким образом, нативная МРТ позволяла установить характер морфологических изменений у пациентов с СДС, в том числе выявить гнойно-некротические процессы. Как правило, остеомиелит отсутствовал, если на МРТ измененный сигнал костного мозга был удален от язвы, поскольку примыкание дефекта мягких тканей к кости с повышенным сигналом костного мозга характеризовалось высокими показателями эффективности в выявлении ОМ: чувствительность – 97,4%, специфичность – 98,1%, точность – 97,8%, ППС – 97,4%, ОПС – 98,1%. С другой стороны, положительный результат МРТ не всегда был достаточным для установления диагноза остеомиелит, даже при наличии топографического соответствия.

Введение парамагнитного контрастного препарата повышало специфичность, поскольку повышение сигнала костного мозга, которое оценивается в T1-взвешенных последовательностях с избирательным подавлением жира, считается типичным для остеомиелита, а не нейропатической остеоартропатии. Тем не менее, некоторые авторы отмечают, что реактивный отек костного мозга на постконтрастных изображениях, связанный с нейропатией, часто ассоциируется с трабекулярными микротрещинами и выпотом в полость сустава и может также сопровождаться контрастным усилением, становясь, таким образом, неотличимым от остеомиелита.

Полученные нами показатели диагностической эффективности МР-симптомов свидетельствуют о том, что до сих пор при оценке результатов нативной МРТ в ряде случаев сохраняются сложности в отличии остеомиелита, осложняющего течение СДС, и острой диабетической нейроартропатии, что не противоречит данным как зарубежных, так и отечественных исследований. Однако, опираясь на современные зарубежные научные работы, нами для дифференциальной диагностики остеомиелита и стопы Шарко проведена комплексная оценка нативной и постконтрастной МРТ, которые являются обязательными элементами мультипараметрической МРТ. При этом учтены такие критерии, как распространенность и локализация воспалительного процесса, изменение прилегающих мягких тканей, модель отека костного мозга на нативных МРТ и изменение сигнала костного мозга и мягких тканей на постконтрастных МРТ. Остеомиелит характеризуется локальным поражением преимущественно одной кости в зонах нагрузки на стопу в сочетании с прилегающей язвой или свищом, в отличие от стопы Шарко, при которой вовлечены несколько костей и суставов средних отделов стопы при отсутствии прилегающих дефектов мягких тканей или их отдаленном расположении. Характер отека костного мозга в случае остеомиелита диффузный с низким сигналом на T1-ВИ, высоким – на T2-ВИ и FSat, усиливающимся на постконтрастных МРТ, а в случае стопы Шарко локализация отека костного мозга преимущественно периартикулярная и субхондральная, однако в случае острого процесса сигнальные характеристики не отличаются на нативных МРТ при остеомиелите, а в случае хронического – изменения характеризуются нормальным или низким сигналом на T1-ВИ или T2-ВИ. Постконтрастная магнитно-резонансная томография при стопе Шарко характеризуется незначительным контрастным усилением в зоне интереса или его отсутствием.

Также нами был произведен анализ выявленных при проведении мультипараметрической МРТ изменений костей и мягких тканей в зависимости от форм СДС.

Среди пациентов с *ишемической* формой СДС было выявлено наличие 3 (20,0%) подтвержденных морфологически случаев ОМ, которые характеризовались на нативной МРТ отеком мягких тканей, отеком костного мозга в сочетании с примыкающими дефектами мягких тканей, при проведении МРА с контрастным усилением у данных пациентов было выявлено замедление времени поступления контраста в сосуды стоп (среднее время поступления $38,20 \pm 6,47$ с) и отсутствие визуализации ряда крупных сосудистых ветвей, однако были хорошо развиты сосудистые коллатерали, за счет которых визуализировались локальные участки повышенного накопления контрастного препарата в мягких тканях зон интереса.

У пациентов с *нейропатической* формой СДС МР-симптомы воспаления также были представлены отеком мягких тканей, отеком костного мозга в сочетании с дефектами мягких тканей, однако, в ряде случаев дефекты мягких тканей топографически не соответствовали участкам измененного сигнала костного мозга, несмотря на то, что ряд пациентов имели повышение сигнала костного мозга в сочетании с деструкцией. Все пациенты с наличием на нативной МРТ изменений сигнала костного мозга характеризовались повышением времени поступления контрастного препарата (среднее время поступления $21,93 \pm 5,80$ с) и локальным повышенным накоплением контраста, а также, в 1 (3,7%) случае выявлением избыточной сосудистой сети в зоне интереса. Изменения сигнала костного мозга в сочетании с повышенным накоплением контраста в мягких тканях по результатам оценки постконтрастных снимков подразделялись преимущественно на две подгруппы: первая – с сохранением выраженного контрастного усиления зоны интереса ($n=10$, 37,0%), вторая – 17 (63,0%) пациентов, у которых постконтрастное усиление было менее интенсивным или отсутствовало в принципе, а также в 2 (7,4%) случаях не определялись дефекты мягких тканей.

У пациентов со *смешанной* формой СДС, у которых морфологически был подтвержден ОМ ($n=25$, 52,1%), а также для больных со стопой Шарко ($n=8$, 16,7%), были выявлены сходные с нейропатической формой симптомы при проведении мультипараметрической МРТ, включая ускоренное время поступления контраста в сосуды стоп (среднее время поступления $24,56 \pm 5,66$ с). Однако, с учетом наличия не только нейропатического, но и ангиопатического звена

патогенеза в данной группе пациентов был выявлен 1 (2,1%) случай влажной гангрены 1 пальца стопы, который сопровождался наличием воспалительных изменений на нативной МРТ, при этом длительное время отсутствовала визуализация сосудистой сети и накопление контрастного препарата как на контрастных, так и на постконтрастных МР-томограммах.

Использование данного комплексного подхода к диагностике остеомиелита у больных различными формами СДС с учетом результатов уже приведенных выше методов верификации и сопоставления позволило получить высокую степень эффективности в выявлении данной патологии.

ВЫВОДЫ

1. По данным магнитно-резонансной ангиографии с контрастным усилением замедленное поступление контрастного препарата в сосуды стоп имеет место при ишемической форме СДС ($38,20 \pm 6,47$ с), преимущественно ускоренное – при смешанной ($24,56 \pm 5,66$) и нейропатической формах СДС ($21,93 \pm 5,80$ с) при статистически значимой разнице между показателями при ишемической и нейропатической ($p < 0,001$) формах и между результатами при ишемической и смешанной ($p < 0,001$) формах СДС. При нейропатической и смешанной формах достоверной статистически значимой разницы не выявлено ($p = 0,16$).

2. Установлена прямая, сильная, статистически значимая связь ($r = 0,92$, $p < 0,001$) между результатами магнитно-резонансной ангиографии с контрастным усилением и радионуклидной ангиографии в определении времени поступления индикатора в сосуды стоп.

3. Характер изменения сосудов периферических отделов нижних конечностей при осложненном течении СДС заключается в отсутствии визуализации отдельных сосудистых ветвей (a. digitales dorsales, arcus plantaris, a. arcuata, a. metatarsae dorsales) у пациентов с ишемической и смешанной формами и ранней визуализации венозного русла у пациентов со всеми формами СДС.

4. Особенности микроциркуляции стоп у пациентов с остеомиелитом на фоне СДС в зоне поражения по данным магнитно-резонансной ангиографии с контрастным усилением и трехфазной сцинтиграфии (как референтного метода) заключаются в длительной локальной повышенной аккумуляции контрастного вещества в зоне интереса при сохранении или повышении накопления РФП в костях и мягких тканях без признаков угнетения кровотока по данным сцинтиграфии.

5. Гнойно-воспалительные процессы на фоне СДС по данным магнитно-резонансной ангиографии с контрастным усилением ассоциируют с ускоренным временем поступления контраста в сосуды пораженной стопы, ранней визуализацией венозного русла как признаком артериовенозного шунтирования и длительным локальным повышением накопления контраста в зоне интереса.

6. Остеомиелит на фоне СДС по данным мультипараметрической МРТ характеризуется примыканием язвы/свища к участку повышенного сигнала костного мозга в последовательностях T2-ВИ и FSat на нативных МРТ с последующим контрастным усилением мягких тканей в зоне интереса в сочетании с сохраняющимся повышением сигнала костного мозга на постконтрастных МРТ.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Исследование стоп для оценки воспалительных процессов на фоне СДС должно проводиться с обязательным использованием мультипараметрической МРТ, включающей в себя нативную МРТ, МРА с контрастным усилением и постконтрастную МРТ.

2. Наличие признаков артериовенозного шунтирования при проведении магнитно-резонансной ангиографии с контрастным усилением следует расценивать как признак раннего осложненного течения СДС даже при отсутствии клинических симптомов.

3. Оценку сосудистого русла стоп следует проводить с помощью магнитно-резонансной ангиографии с контрастным усилением с первых секунд после введения контрастного препарата.

4. При оценке кровотока с помощью магнитно-резонансной ангиографии с контрастным усилением у пациентов с осложненным течением СДС необходимо обращать особое внимание на время поступления контраста в сосуды пораженной стопы, наличие признаков артериовенозного шунтирования в виде ранней визуализации венозного русла, наличие/отсутствие визуализации отдельных сосудистых ветвей и характер накопления контраста в зоне интереса.

5. Для диагностики остеомиелита на фоне синдрома диабетической стопы по данным нативной МРТ необходимо учитывать такие критерии, как распространенность и локализация процесса, изменение прилегающих мягких тканей, характер отека костного мозга, по данным постконтрастной МРТ – изменение сигнала костного мозга и мягких тканей.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Замышевская М.А. Возможности ядерной медицины в выявлении остеомиелита у пациентов с синдромом диабетической стопы / В.Д. Завадовская, М.А. Зоркальцев, О.Ю. Килина, Т.В. Саприна, К.М. Попов, И.Н. Ворожцова, А.П. Куражов, М.А. Замышевская, В.Д. Удодов // Проблемы эндокринологии. – 2014. – № 2. – С. 20–23.

2. Замышевская М.А. Роль магнитно-резонансной томографии при исследовании больных с синдромом диабетической стопы / М.А. Замышевская, В.Д. Завадовская, М.А. Зоркальцев, В.Д. Удодов, Е.Г. Григорьев // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2014. – № 4. – С. 31–37.

3. Замышевская М.А. Возможности программно совмещенной однофотонной эмиссионной компьютерной томографии / магнитно-резонансной томографии в диагностике осложненного течения синдрома диабетической стопы / В.Д. Завадовская, М.А. Зоркальцев, В.Д. Удодов, М.А. Замышевская, О.Ю. Килина, А.П. Куражов, К.М. Попов // Вестник рентгенологии и радиологии. – 2015. – № 6. – С. 24–29.

4. Замышевская М.А. Роль контрастной магнитно-резонансной ангиографии в диагностике синдрома диабетической стопы / М.А. Замышевская, В.Д. Завадовская, М.А. Зоркальцев, В.Д. Удодов, Е.Г. Григорьев // Диагностическая и интервенционная радиология. – 2016. – № 1. – С. 11–16.

5. Замышевская М.А. Возможности контрастной магнитно-резонансной ангиографии в диагностике синдрома диабетической стопы, осложненного гнойно-некротическими процессами / М.А. Зоркальцев, М.А. Замышевская, В.Д. Завадовская, В.Д. Удодов, Е.Г. Григорьев // Медицинская визуализация. – 2016. – № 2. – С. 29–35.

6. Замышевская М.А. Гибридная ОФЭКТ/МРТ в диагностике синдрома диабетической стопы / В.Д. Удодов, М.А. Зоркальцев, В.Д. Завадовская, М.А. Замышевская, Е.Г. Григорьев, А.П. Куражов // Медицинская визуализация. – 2016. – № 2. – С. 36–42.

7. Замышевская М.А. Возможности МРТ в диагностике остеомиелита у пациентов с синдромом диабетической стопы / М.А. Замышевская, М.А. Зоркальцев, В.Д. Удодов, Е.Г. Григорьев, О.С. Шульга // Российский электронный журнал лучевой диагностики. Приложение: Материалы VII Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология 2013». – Москва, 2013. – Т. 3, № 2. – С. 463–464. – www.rejr.ru.

8. Замышевская М.А. Возможности ядерной медицины в диагностике осложненного течения синдрома диабетической стопы / М.А. Зоркальцев, В.Д. Завадовская, О.Ю. Килина, Т.В. Саприна, К.М. Попов, И.Н. Ворожцова, А.П. Куражов, М.А. Замышевская, В.Д. Удодов // Научно-технический прогресс и радиология: Материалы V Евразийского радиологического форума / под ред. д-ра мед. наук, проф., заслуженного деятеля РК Р.И. Рахимжановой. – Астана, 2013. – С. 91–92.

9. Zamyshetskaya M. Hybrid SPECT-WBC/MRI in detection of osteomyelitis in patients with diabetic foot / M. Zorkaltsev, V. Zavadovskaya, O. Kilina, A. Kurazhov, V. Udodov, M. Zamyshetskaya // European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging: Abstracts

Annual Congress of the EANM. – Lyon, France, 2013. – Springer, 2013. – Vol. 40, Suppl. 2. – PW 021.

10. Замышевская М.А. МРТ в диагностике остеомиелита на фоне диабетической стопы / М.А. Замышевская, М.А. Зоркальцев, Е.Г. Григорьев, В.Д. Удодов, В.Д. Завадовская // Сб. «Лучевая диагностика и терапия в реализации национальных проектов»: Материалы Конгресса Российской Ассоциации радиологов. – Москва, 2013. – С. 116–117.

11. Замышевская М.А. Магнитно-резонансная ангиография у пациентов с осложненным течением синдрома диабетической стопы / М.А. Замышевская, М.А. Зоркальцев, В.Д. Завадовская, Е.Г. Григорьев, В.Д. Удодов // Сб. «Лучевая диагностика и терапия в реализации национальных проектов»: Материалы Конгресса Российской Ассоциации радиологов. – Москва, 2013. – С. 133–134.

12. Замышевская М.А. Магнитно-резонансная ангиография у пациентов с остеомиелитом на фоне синдрома диабетической стопы / В.Д. Удодов, М.А. Зоркальцев, М.А. Замышевская, В.Д. Завадовская, Е.Г. Григорьев, О.С. Шульга // Невский радиологический форум – 2014 / под ред. А. Ю. Васильева. – СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2014. – С. 294–295.

13. Замышевская М.А. МРТ-аспекты диагностики осложненного течения синдрома диабетической стопы / М.А. Замышевская, В.Д. Завадовская, В.Д. Удодов, М.А. Зоркальцев, Е.Г. Григорьев // Российский электронный журнал лучевой диагностики. Приложение: Материалы VIII Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология 2014». – Москва, 2014. – Т. 3, № 2. – С. 433–434. – www.rejr.ru.

14. Замышевская М.А. Магнитно-резонансная ангиография у пациентов с синдромом диабетической стопы / М.А. Замышевская, В.Д. Завадовская, В.Д. Удодов, М.А. Зоркальцев, Е.Г. Григорьев // Материалы III съезда врачей лучевой диагностики Сибирского Федерального округа, г. Красноярск, 2–3 октября 2014 г. / под ред. заслуж. врача РФ д-ра мед. наук, проф. С.И. Жестовской. – Красноярск: КрасГМУ; М.: МИК, 2014. – С. 56.

15. Роль программно совмещенной ОЭФКТ/МРТ в выявлении остеомиелита у пациентов с синдромом диабетической стопы / В.Д. Удодов, М.А. Зоркальцев, М.А. Замышевская, В.Д. Завадовская, Е.Г. Григорьев, А.П. Куражов, К.М. Попов // Материалы III съезда врачей лучевой диагностики Сибирского Федерального округа, г. Красноярск, 2–3 октября 2014 г. / под ред. заслуж. врача РФ д-ра мед. наук, проф. С.И. Жестовской. – Красноярск: КрасГМУ; М.: МИК, 2014. – С. 115.

16. Zamyshetskaya M. Radiolabeled WBC-scintigraphy versus magnetic resonance imaging and bone scintigraphy in diabetic patients with suspected osteomyelitis of the foot / M. Zorkaltsev, V. Zavadovskaya, V. Udodov, M. Zamyshetskaya, E. Grigoryev, A. Kurazhov // European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging: Abstracts Annual Congress of the EANM. – Gothenburg, Sweden, 2014. – Springer, 2014. – Vol. 41, Suppl. 2. – S. 590.

17. Zamyshetskaya M. Three-phase scintigraphy and magnetic resonance angiography in evaluation of blood flow in patients with complicated course of diabetic foot syndrome / M. Zorkaltsev, V. Zavadovskaya, M. Zamyshetskaya, V. Udodov, A. Kurazhov, E. Grigoryev, O. Kilina // European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging: Abstracts Annual Congress of the EANM. – Gothenburg, Sweden, 2014. – Springer, 2014. – Vol. 41, Suppl. 2. – S. 591.

18. Zamyshetskaya M. 3D DCE-MRA in evaluation of blood-flow in diabetic foot / M. Zamyshetskaya, V. Zavadovskaya, M. Zorkaltsev, V. Udodov, E. Grigoriev // Insights into Imaging. The ECR 2015 Book of Abstracts. – Vienna, Austria, 2015. – Vol. 6, Suppl. 1. – B 0633.

19. Замышевская М.А. Использование контрастной магнитно-резонансной ангиографии у пациентов с синдромом диабетической стопы / М.А. Замышевская, В.Д. Завадовская, В.Д. Удодов, М.А. Зоркальцев, Е.Г. Григорьев // Невский радиологический форум – 2015 / под ред. В.Е. Савелло. – СПб.: Элби-СПб, 2015. – С. 246–247.

20. Zamyshetskaya M. 3D DCE-MRA of pedal arteries in patients with diabetes mellitus / M. Zamyshetskaya, V. Zavadovskaya, M. Zorkaltsev, V. Udodov, E. Grigoriev // Journal of Physics: Conference Series 677 (2016) 012010. – URL: <http://iopscience.iop.org/1742-6596/677/1/012010.pdf>.

21. Замышевская М.А. Роль контрастной магнитно-резонансной ангиографии в диагностике гнойно-некротических осложнений синдрома диабетической стопы / М.А. Замышевская, В.Д. Завадовская, В.Д. Удодов, М.А. Зоркальцев, Е.Г. Григорьев // Материалы IV Съезда врачей лучевой диагностики Сибирского федерального округа, г. Омск, 20–21 сентября 2016 г. / под ред. зав. каф. лучевой диагностики ФГБОУ ВО ОмГМУ, д-ра мед. наук, проф. Ю.Т. Игнатъева. – Омск: ОмГМУ, 2016. – С. 53–55.

22. Замышевская М.А. Использование программно совмещенной однофотонной эмиссионной компьютерной томографии/магнитно-резонансной томографии в диагностике осложненного течения синдрома диабетической стопы / В.Д. Удодов, В.Д. Завадовская, М.А. Замышевская, М.А. Зоркальцев, Е.Г. Григорьев // Материалы IV Съезда врачей лучевой диагностики Сибирского федерального округа, г. Омск, 20–21 сентября 2016 г. / под ред. зав. каф. лучевой диагностики ФГБОУ ВО ОмГМУ, д-ра мед. наук, проф. Ю.Т. Игнатъева. – Омск: ОмГМУ, 2016. – С. 157–159.

23. Zamyshvskaya M. Diabetic patients with suspected foot osteomyelitis: SPECT-WBC/MRI versus SPECT-WBC/CT / M. Zorkaltsev, A. Kurazhov, V. Zavadovskaia, M. Zamyshvkaia, V. Udodov, E. Grigoriev // European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging. Abstracts Annual Congress of the EANM. – Barcelona, Spain, 2016. – Springer, 2016. – Vol. 43, Suppl. 1. – PW08.

24. Zamyshvskaya M. Efficacy of radiological methods in diagnosing diabetic foot infection / M. Zorkaltsev, V. Zavadovskaia, A. Kurazhov, V. Udodov, M. Zamyshvkaia, O. Kilina, E. Grigoriev // European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging. Abstracts Annual Congress of the EANM. – Barcelona, Spain, 2016. – Springer, 2016. – Vol. 43, Suppl. 1. – P 139.

25. Замышевская М.А. Роль контрастной магнитно-резонансной ангиографии в диагностике осложненного течения синдрома диабетической стопы / М.А. Замышевская, В.Д. Завадовская, В.Д. Удодов, М.А. Зоркальцев, Е.Г. Григорьев // Юбилейный Конгресс Российского общества рентгенологов и радиологов. Сб. тез. – СПб.: «Человек и его здоровье», 2016. – С. 83–84.

26. Замышевская М.А. Использование программно-совмещенной однофотонной эмиссионной компьютерной томографии/магнитно-резонансной томографии в диагностике остеомиелита на фоне синдрома диабетической стопы / В.Д. Удодов, В.Д. Завадовская, М.А. Замышевская, М.А. Зоркальцев, Е.Г. Григорьев // Юбилейный Конгресс Российского общества рентгенологов и радиологов. Сб. тез. – СПб.: «Человек и его здоровье», 2016. – С. 214–215.

27. Замышевская М.А. Сравнение диагностических возможностей ОФЭКТ/КТ и ОФЭКТ/МРТ в оценке осложненного течения синдрома диабетической стопы / В.Д. Удодов, В.Д. Завадовская, М.А. Замышевская, М.А. Зоркальцев, Е.Г. Григорьев, А.П. Куражов, Т.В. Жогина // Сборник материалов IX всероссийской научно-практической конференции молодых ученых с международным участием «Цивьяновские чтения», посвященной 70-летию юбилею Новосибирского научно-исследовательского института травматологии и ортопедии им. Я.Л. Цивьяна, г. Новосибирск, 25–26 ноября 2016 г. / под общей ред. М.А. Садового, Е.В. Мамоновой. – Новосибирск: ФГБУ «ННИИТО им. Я.Л. Цивьяна»; ООО «Сибирское университетское издательство», 2016. – Т. 3. – С. 912–916.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ СОКРАЩЕНИЙ

ИО	– истинно отрицательный результат
ИП	– истинно положительный результат
КС	– контрастное средство
КТ	– компьютерно-томографическая
ЛО	– ложноотрицательный результат
ЛП	– ложноположительный результат
МР	– магнитно-резонансная
МРА	– магнитно-резонансная ангиография
МРТ	– магнитно-резонансная томография
ОМ	– остеомиелит
ОПС	– отрицательная предсказательная способность
ППС	– положительная предсказательная способность
ПЭТ	– позитронно-эмиссионная томография
РФП	– радиофармпрепарат
СД	– сахарный диабет
СДС	– синдром диабетической стопы
СОЭ	– скорость оседания эритроцитов
Т пост.	– время поступления
T1(T2)-ВИ	– T1(T2)- взвешенное изображение
УЗИ	– ультразвуковое исследование
FOV	– поле обзора
FSat	– режим жироподавления
HbA1c	– гликированный гемоглобин
MIP	– проекция максимальной интенсивности
MPR	– мультипланарная реконструкция
NDS	– шкала нейропатического дисфункционального счета
NSS	– шкала нейропатического симптоматического счета
TE	– время эхо
TR	– время повторения
TSS	– общая шкала неврологических симптомов
T1-FLASH	– T1-быстрая экспозиция с малым углом отклонения
T1-SE	– T1-спиновое эхо

Научное издание

Замышевская Мария Александровна

**Мультипараметрическая магнитно-резонансная томография
в диагностике осложненного течения синдрома диабетической стопы**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата медицинских наук

Подписано в печать . .2017. Формат 60×90/16.

Усл. печ. л. 1,37. Уч.-изд. л. 1,0.

Тираж 100 экз. Заказ №

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

634050, г. Томск, пр. Ленина, 40

Тел. (3822) 533018.