

Ларин Игорь Владимирович

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ
РЕЗУЛЬТАТОВ ПРЯМОЙ И НЕПРЯМОЙ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ
У ПАЦИЕНТОВ С СИНДРОМОМ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ СТОПЫ
МЕТОДАМИ ТКАНЕВОЙ ОКСИМЕТРИИ
И ДВУХМЕРНОЙ ПЕРФУЗИОННОЙ АНГИОГРАФИИ**

3.1.15. Сердечно-сосудистая хирургия

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук**

Москва 2025

Диссертационная работа выполнена в ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии имени А.Н. Бакулева» Минздрава России и ФГБОУ ВО «Саратовский государственный медицинский университет имени В. И. Разумовского» Минздрава России

Научный руководитель:

д.м.н., профессор

Аракелян Валерий Сергеевич

Официальные оппоненты:

Ерошкин Иван Анатольевич – доктор медицинских наук, заведующий научным отделением рентгенохирургических методов диагностики и лечения ГБУЗ «НИИ скорой помощи им. Н. В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы»;

Чупин Андрей Валерьевич – доктор медицинских наук, заведующий отделением сосудистой хирургии ФГБУ «НМИЦ хирургии имени А.В. Вишневского» Минздрава России.

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский научный центр хирургии имени академика Б.В. Петровского».

Защита диссертации состоится 31 октября 2025 года в 14:00 на заседании диссертационного совета 21.1.038.01 при ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России (121552, Москва, Рублевское шоссе 135, конференц-зал №2).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава России - <https://bakulev.ru>, а также на сайте Высшей Аттестационной Комиссии (ВАК) - <http://vak.minobrnauki.gov.ru>.

Автореферат разослан 26 сентября 2025 года.

Ученый секретарь

диссертационного совета 21.1.038.01

доктор медицинских наук

Д.Ш. Газизова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы

Лидирующее место по частоте выполнения ампутаций занимает синдром диабетической стопы (СДС) (Hinchliffe, 2020). При выполнении реваскуляризации нижних конечностей вопрос об эффективности достижения прямой реваскуляризации или ангиосом-ориентированной над непрямой в исходах лечения пациентов с данной патологией остается не до конца изучен (Kim, 2021; Chuter, 2023).

Одним из перспективных методов локальной оценки оксигенации тканей является параинфракрасная спектроскопия (БИКС, Near infrared spectroscopy, NIRS), основанная на спектрофотометрическом анализе кислорода окси- и дезоксигемоглобина в исследуемых тканях (Rosenberry, 2018). Сегодня аппараты NIRS повсеместно применяются в кардиохирургии, неонатологии, сосудистой и пластической хирургии (Koolen, 2016; Chiong, 2022; Greisen, 2022). Тогда как, для оценки перфузии нижних конечностей и выявлении степени ишемии они изучены недостаточно.

Одним из инструментов в прогнозировании исходов выполненной реваскуляризации является двухмерная перфузионная ангиография (2ДПА). В основе данного диагностического метода лежит анализ полученного изображения с ангиографического комплекса посредством количественного расчета концентрации контрастного вещества за единицу времени в выбранной области (Kagadis, 2020).

Малое количество проведенных исследований, отсутствие стандартного протокола в выполнении тканевой оксиметрии и двухмерной перфузионной ангиографии обуславливают актуальность данной диссертационной работы.

Цель исследования

Улучшение результатов эндоваскулярных операций у пациентов с синдромом диабетической стопы (СДС) путем оптимизации тактики хирургического лечения на основе комплексной оценки и прогнозирования эффективности реваскуляризации по данным ангиографии, тканевой оксиметрии и двухмерной перфузионной ангиографии.

Задачи исследования

1. Оценить информативность изучения динамики тканевой оксиметрии на голени и стопе во время выполнения окклюзионного теста при использовании различных датчиков у здоровых добровольцев.
2. Провести сравнение исходных значений тканевой оксигенации у пациентов с синдромом диабетической стопы и здоровых добровольцев.
3. Изучить влияние прямой реваскуляризации на сроки заживления трофического дефекта, а также выявить факторы, осложняющие успех ее достижения при выполнении эндоваскулярных вмешательств.
4. Сравнить динамику показателей тканевой оксигенации у пациентов с синдромом диабетической стопы до и после реваскуляризации в различных участках стопы
5. Определить диагностическую ценность методики тканевой оксиметрии в оценке эффективности и прогнозировании исходов выполненной прямой или непрямой реваскуляризации у пациентов с синдромом диабетической стопы.
6. Оценить диагностическую ценность двухмерной перфузионной ангиографии в оценке эффективности и прогнозировании исходов выполненной прямой или непрямой реваскуляризации у пациентов с синдромом диабетической стопы. Определить согласованность методов тканевой оксиметрии и двухмерной перфузионной ангиографии в оценке эффективности реваскуляризации.

Научная новизна

В исследовании подтверждена ангиосомная концепция методами тканевой оксиметрии и двухмерной перфузионной ангиографии. Дано обоснование целесообразности применения данных методик в прогнозировании исходов выполненной реваскуляризации у пациентов с синдромом диабетической стопы

Практическая значимость

Достижение прямой реваскуляризации увеличивает шансы заживления трофических дефектов по сравнению с непрямой реваскуляризацией. Выявленные факторы позволяют снизить частоту неуспешного выполнения эндоваскулярного вмешательства на артериях нижних конечностей.

Сравнительный анализ чувствительности датчиков тканевой оксиметрии, различающихся по глубине излучения, позволил определить наиболее подходящий для оценки оксигенации стопы и голени у пациентов с СДС. По результатам исследования найдена оптимальная точка для измерения тканевой оксигенации – вблизи трофического дефекта.

Определена прогностическая ценность тканевой оксиметрии и двухмерной перфузионной ангиографии в оценке исходов эндоваскулярного вмешательства у пациентов с СДС.

Положения, выносимые на защиту

1. Показатели тканевой оксиметрии и двухмерной перфузионной ангиографии выше при достижении прямой реваскуляризации, чем при непрямой у пациентов с синдромом диабетической стопы.
2. Определение показателей оксигенации тканей стопы методом тканевой оксиметрии и параметров двухмерной перфузионной ангиографии является информативным диагностическим методом, позволяющим оценивать и прогнозировать клинический результат реваскуляризации у пациентов с синдромом диабетической стопы.

Апробация работы

Результаты исследования представлены в виде докладов на конференциях: V конференции научно-практического общества специалистов по рентгенэндоваскулярной диагностике и лечению г. Нижний Новгород (2023), XIII Всероссийской неделе науки с международным участием г. Саратов (2024). XXXIX Международной конференции «Горизонты современной ангиологии, сосудистой и рентгенэндоваскулярной хирургии» г. Москва (2024), XXX Всероссийском съезде сердечно-сосудистых хирургов г. Москва (2024).

Публикации по теме диссертации

По теме научно-квалификационной работы опубликовано всего 14 работ, из них 5 – входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации.

Структура диссертации

Диссертация изложена на 136 страницах машинописного текста, состоит из введения, главы обзор литературы и 4 глав основного текста, заключения, выводов, практических рекомендаций, приложения и библиографического списка. Работа содержит 24 рисунка и 27 таблиц. Библиографический список включает 188 работ, из них 40 отечественных и 148 иностранных.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Материал и методы исследования

Работа проводилась в ФГБОУ ВО Саратовском ГМУ им. В.И. Разумовского и состояла из двух этапов. На первом этапе проведено измерение оксигенации тканей в различных локусах стопы у здоровых добровольцев, а также анализ динамики результатов при проведении окклюзионного теста с помощью аппарата тканевой оксиметрии “FORE-SIGHT® MC-2000”

(CASMED), в комплекте с двумя типами датчиков: medium (педиатрический) и small (неонатальный).

На втором этапе выполнялась оценка перфузии тканей нижних конечностей у 76 пациентов с ишемической и нейроишемической формами СДС до и после реваскуляризации.

Во время проведения первого этапа исследования добровольцы находились в положении лежа на спине с наложенной манжетой ручного тонометра в верхней трети голени в спокойной обстановке с постоянной температурой в помещении 22-23°C. Ишемия нижней конечности моделировалась быстрым накачиванием воздуха в манжету ручного тонометра до 220 мм рт. ст. Заданное давление удерживалось в течение трех минут с последующим сбросом давления.

Окклюзионный тест с манжетой был разделен на 3 этапа: исходное состояние, ишемия, реперфузия. Во время проведения всех этапов фиксировались значения тканевой оксиметрии нижней конечности. На этапе ишемии рассчитывали разность между исходным значением оксигенации и средним значением за 1 минуту через 2 минуты после пережатия ($\Delta\text{StO}_2\text{ишемия}$). В этап реперфузии рассчитывали разницу между исходным и средним значением за 1 минуту сразу после сдувания манжеты ($\Delta\text{StO}_2\text{реперфузия}$). Исследование поочередно проводилось в нескольких точках (рисунок 1).

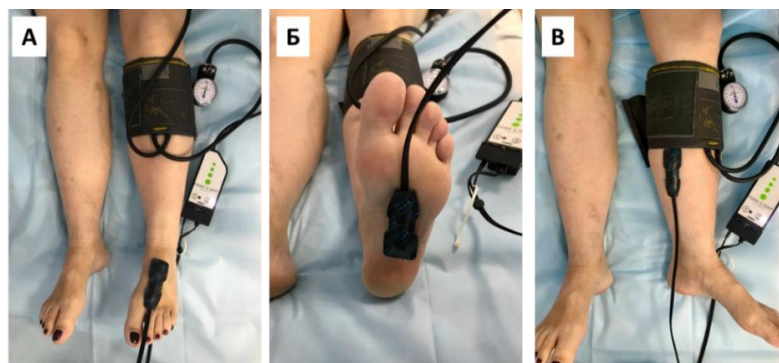


Рисунок 1. Пример изменения тканевой оксиметрии во время проведения окклюзионного теста.

На втором этапе исследования всем пациентам поэтапно были выполнены: эндоваскулярная коррекция артериального русла и хирургическое лечение язвенно-некротического дефекта. До и после реваскуляризации во всех случаях проводилось измерение оксигенации стопы с помощью аппарата тканевой оксиметрии “Fore-Sight MC2000” (Casmед) и оценка перфузии в зоне трофического дефекта стопы методом двухмерной перфузионной ангиографии. В зависимости от клинических исходов пациенты были поделены на две группы.

Группу 1 составили 56 пациентов с достигнутым полным заживлением трофического дефекта в течение 3 месяцев или эпителизацией краев раны после ампутации в пределах стопы, а также те, у кого отсутствовали показания в продолжении амбулаторного и/или стационарного лечения в те же сроки.

В группу 2 вошли 20 пациентов без клинических признаков заживления трофического дефекта за 3 месяца, а также перенесшие повторную реваскуляризацию или ампутацию на голени или бедре.

Основываясь на предоперационных ангиографических данных мультиспиральной компьютерной томографии или рентгенконтрастной ангиографии выбирали целевой путь реваскуляризации и проводили подсчет степени поражения артериального русла по классификации GLASS, а выраженность кальциноза определяли по классификации PACSS.

С целью оценки динамики оксигенации использовали аппарат тканевой оксиметрии. Исследование проводили в ангиосомах стопы и в области максимально приближенной к трофическому дефекту с присвоением порядкового номера каждой области. (Taylor, 1987) (рисунок 2) и фиксацией усредненного значения оксигенации в течение 2 минут. Измерения проводили за сутки до, на следующие сутки после реваскуляризации и через 30 дней.



Рисунок 2. Схема расположение датчика в различных ангиосомах (I – артерия тыла стопы (АТС); II – предплюсна; III – медиальная подошвенная артерия (МПА); IV – латеральная подошвенная артерия (ЛПА); V – малоберцовая артерия (МБА))

Эндоваскулярные вмешательства выполняли, ориентируясь на ангиосомную концепцию. Реваскуляризацию считали прямой при восстановлении магистрального кровотока в зоне ангиомы с трофическим дефектом, а при восстановлении кровотока за счет коллатералей, определяли, как непрямую.

Всем пациентам выполняли 2ДПА с помощью дополнительно установленного программного обеспечения “iFlow” на базе ангиографического комплекса “Siemens Artis Zee” (Germany). Полученные файлы в режиме цифровой субтракции передавались на рабочую станцию (syngo iFlow; Siemens Healthineers) с целью преобразований серий полученного изображения в статичный кадр с цветовой кодировкой.

Полученные преобразованные изображения оценивались по следующим параметрам: пиковая концентрация рентгенконтрастного вещества (РКВ) в выбранной области, пиковое время прохождения РКВ в целевой зоне и площадь под кривой (отношение пиковой концентрации к пиковому времени).

При определении необходимого объёма выборки применяли формулу расчета размера выборки при сравнении двух частот по методу M.Bland (Bland, 2000). Уровень значимости принимали 5%, мощность 80%. За

значимое изменение частоты приняли среднее из данных ранее опубликованных исследований по тканевой оксиметрии и двухмерной перфузионной ангиографии у пациентов с критической ишемией нижних конечностей. Статистический анализ данных производили с использованием программного продукта для ПК SPSS 22.0 (USA) а также Microsoft Excel 2010.

Результаты значений тканевой оксиметрии у здоровых добровольцев

Динамика значений тканевой оксиметрии на каждом из этапов использования датчиков “medium” (педиатрический) “small” (неонатальный) была значима ($p \leq 0,001$).

Во время применения педиатрического датчика разница значений StO₂ между этапами “исходный” и “ишемия” была значима во всех точках ($p < 0,05$). При использовании неонатального датчика динамика оксигенации на тыле стопы и голени была значима ($p = 0,014$; $p = 0,006$), а на подошвенной поверхности стопы нет ($p = 0,11$). Прирост StO₂ во время этапа “реперфузия” был значимым во всех точках измерений нижней конечности для обоих видов датчиков ($p < 0,001$).

Разница значений StO₂ при использовании датчика “medium” между этапами “исходный” и “ишемия” была статистически значима во всех участках измерений и составляла: на тыле стопы – 8% (7-10; 95%ДИ) в абсолютных значениях ($p = 0,02$); на подошве – 9% (7-11; 95%ДИ) ($p = 0,014$); на голени – 6% (5-9; 95%ДИ) ($p = 0,014$). При использовании датчика “small” изменения на тыле стопы и голени составили: 5% (5-7; 95%ДИ) ($p = 0,014$), 8% (6-11; 95%ДИ) ($p = 0,006$), соответственно, а изменения на подошве стопы не были значимыми (рисунок 3).

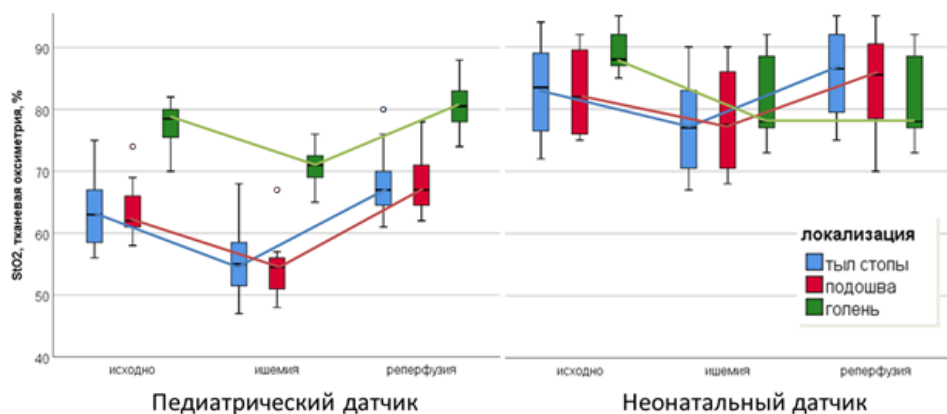


Рисунок 3. Графики изменения тканевой оксиметрии нижних конечностей для педиатрического и неонатального датчиков на разных этапах окклюзионного теста

Результаты сравнения значений тканевой оксиметрии у пациентов с синдромом диабетической стопы и здоровых добровольцев

У пациентов с СДС и у здоровых добровольцев выполнено сравнение исходных значений StO₂ на тыле стопы и подошве. В группе пациентов проведен поиск связи между снижением значений тканевой оксиметрии в целевой ангиосоме с наличием трофического дефекта, а также со снижением значений ЛПИ на тыле стопы и подошве.

При сравнительном анализе двух групп были выявлены различия ($p < 0,001$) по значениям тканевой оксиметрии на стопе и подошве. По полу и индексу массы тела группы не различались, но были выявлены исходные различия по возрасту ($p < 0,001$), однако корреляции между этими факторами в обеих группах не обнаружено ($p > 0,05$).

Медиана распределения значений тканевой оксиметрии у больных составила на тыле стопы – 56 (54-60), подошвенной поверхности стопы – 56 (53-60), у здоровых добровольцев на тыле стопы – 63 (58-68), на подошве – 62 (61-67) ($p < 0,001$) (рисунок 4).

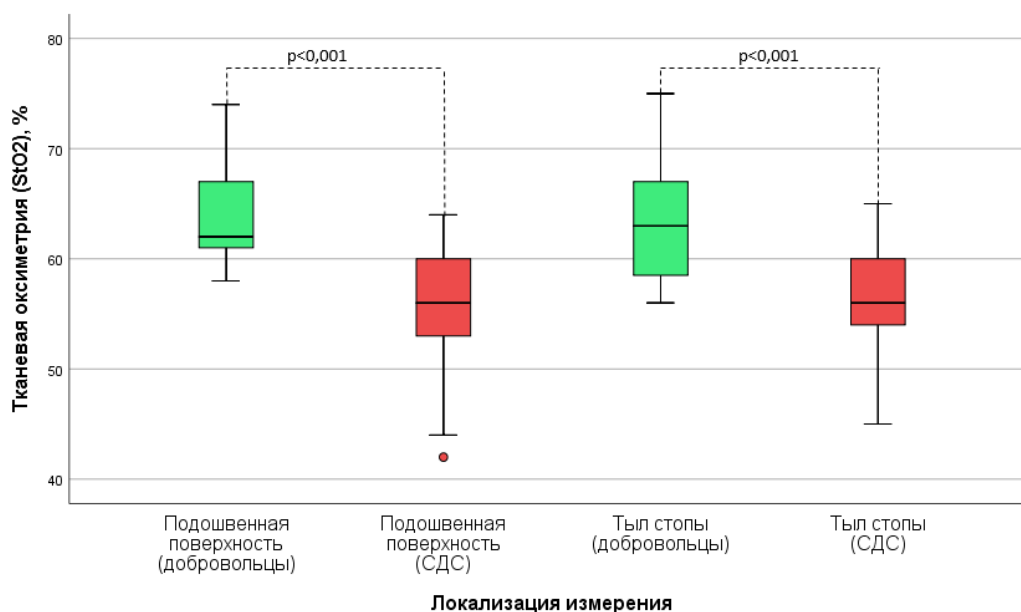


Рисунок 4. Значения тканевой оксиметрии (StO₂) в ангиосомах у пациентов с синдромом диабетической стопы и добровольцев без сосудистой патологии

Была выявлена прямая связь между снижением исходных значений StO₂ в точке измерения и наличием трофического дефекта в той же области ($p < 0,05$):

Непосредственные и отсроченные результаты эндоваскулярного лечения

Исследуемые группы по полу, возрасту, давности язвенно-некротического поражения стопы, дооперационным лабораторным показателям, по характеру и локализации трофического дефекта и по тяжести поражения артериального русла по классификации GLASS были сопоставимы.

Различий в частоте поражений артерий бедренно-подколенно-берцового сегментов и артерии тыла стопы (АТС) между группами не наблюдалось ($p > 0,05$). Частота поражения латеральной подошвенной артерии (ЛПА) и подошвенной дуги (ПД) превалировала в группе 2 ($p = 0,032$ и $p = 0,048$) (рисунок 5). При проведении многофакторного анализа данные параметры на заживление трофического дефекта не оказывали влияния ($p > 0,05$).

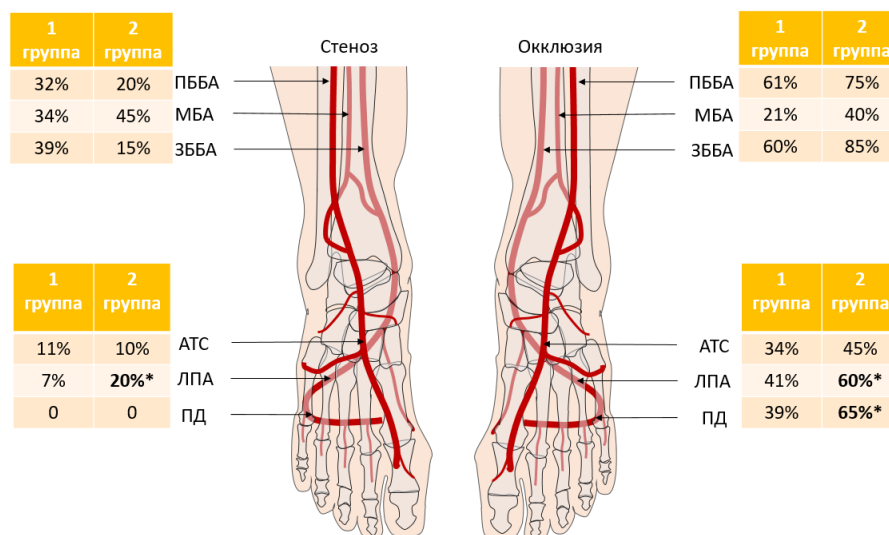


Рисунок 5. Характеристика атеросклеротического поражения артерий голени и стопы. ПББА-передняя большеберцовая артерия; ЗББА- задняя большеберцовая артерия; МБА-малоберцовая артерия; ЛПА- латеральная подошвенная артерия; ПД-подошвенная дуга; АТС- артерия тыла стопы. * $p < 0,05$

У всех 76 пациентов успешно выполнена реваскуляризация артерий нижних конечностей с достижением антеградного кровотока хотя бы по одной из артерий голени. В группе 1 чаще удалось восстановить проходимость в передней большеберцовой артерии (ПББА) (32/56), ($p=0,038$), задней большеберцовой артерии (ЗББА) (39/56), ($p=0,001$). Антеградный кровоток по трем артериям голени удалось достичь преимущественно в группе заживления (23/56) ($p=0,002$), следовательно, и прямая реваскуляризация выполнена чаще, чем в группе незаживления (42/56) ($p=0,006$).

Отмечена связь умеренной силы ($p < 0,001$) между количеством восстановленных артерий и заживлением трофического дефекта. При наличии кальциноза, чаще удавалось восстановить проходимость одной артерии, чем двух ($p=0,022$) или трех ($p=0,001$). Также наличие кальциноза ($p=0,002$), изолированной окклюзии: ПББА ($p < 0,001$), ЗББА ($p=0,001$), ПД ($p < 0,001$) и наличие окклюзии двух артерий голени ($p=0,044$), являлись факторами риска невозможности выполнить прямую реваскуляризацию. Четвертая степень по GLASS поражения артерий берцового сегмента тоже была связана с невозможностью выполнения прямой реваскуляризации ($p=0,013$).

После проведенного лечения в обеих группах отмечено значимое снижение болевого синдрома ($p < 0,001$).

Медиана сроков госпитализации между исследуемыми группами не различалась, разницы по частоте выполненной хирургической обработки, ампутации пальцев, трансметатарзальной ампутации выявлено не было ($p > 0,05$), однако, количество выполненных ампутаций пальцев и трансметатарзальных ампутаций было незначительно выше в группе 2.

За период трехмесячного наблюдения в группе 1 в 100% (56/76) случаев было достигнуто заживление трофического дефекта или эпителизация послеоперационной раны в пределах стопы. Рестеноз в зоне интервенции по данным УЗИ был выявлен у 30% (17/56), однако выполнения повторных вмешательств на артериальном русле не потребовалось, ввиду отсутствия клиники прогрессирования ишемии нижней конечности.

В группе 2, у 9 (45%) пациентов потребовалась повторная реваскуляризация для улучшения динамики клинического течения трофических дефектов. За полный период наблюдения в данной группе выполнена одна (5%) ампутация на бедре на фоне прогрессированием клиники ишемии в связи с тромбозом стентированного сегмента и три (15%) ампутации на голени вследствие длительного отсутствия положительной динамики в течении раневого процесса на амбулаторном этапе.

Оценка динамики показателей тканевой оксиметрии до и после эндоваскулярного вмешательства

При измерении оксигенации тканей стопы в исследуемых группах исходные значения различались только вблизи трофического дефекта ($p = 0,023$), при построении ROC-кривой зависимости заживления трофического дефекта от исходных показателей оксигенации обнаружено не было ($p = 0,072$).

В обеих группах послеоперационные показатели тканевой оксиметрии на следующий день значительно отличались от дооперационных в каждой точке измерения ($p < 0,05$). Также были выявлены различия при сравнении показателей StO₂ между группами во всех точках, кроме точки I.

В группе 1 максимальное увеличение показателя было вблизи трофического дефекта: 7,0% (6,5-7,5) в абсолютных значениях или 12% (11,2-12,1; 95%ДИ) в относительных значениях. В группе 2 чаще была выполнена непрямая реваскуляризация и максимальная динамика прироста была отмечена в точке II, являющейся проекцией плантарной дуги: 5% (4;6 95%ДИ) или 10,7% (9,0-12,4; 95%ДИ) в относительных значениях. Через 30 дней после выполнения реваскуляризации прирост StO₂ был зафиксирован во всех ангиосомах в обеих группах ($p < 0,05$), при межгрупповом сравнении были выявлены различия в каждой точке измерения ($p < 0,05$). Наивысший прирост показателя оксигенации был отмечен вблизи трофического дефекта в группе 1 (рисунок 6).

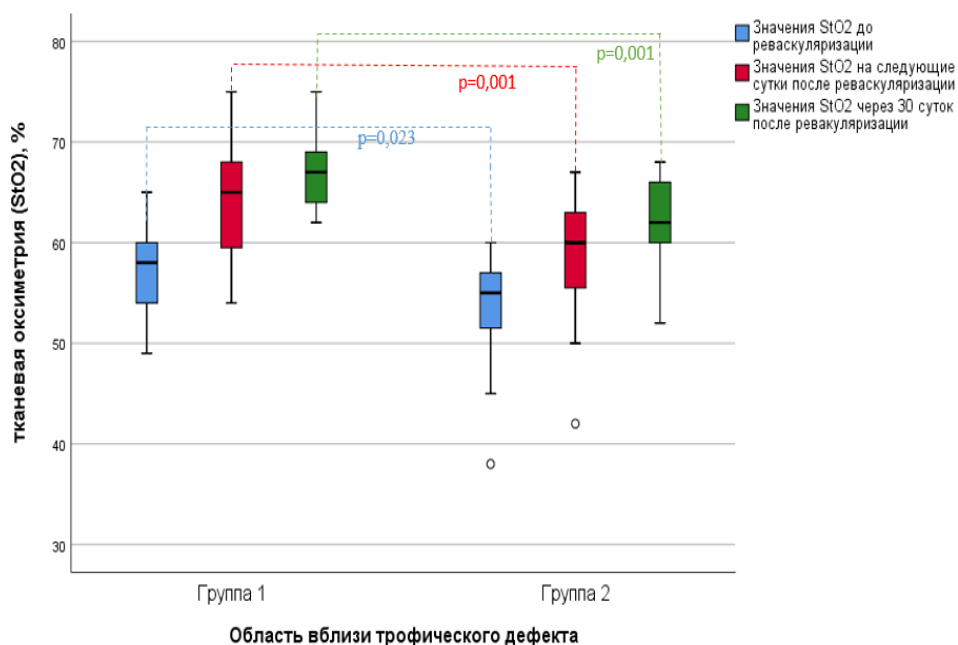


Рисунок 6. Динамика значений StO₂ вблизи трофического дефекта до, после и через 30 дней после операции в группах 1 и 2.

По результатам сравнения динамики прироста показателя StO₂ в зависимости от выполнения прямой и не прямой реваскуляризации выявлены значимые различия ($p < 0,001$). У пациентов с прямой реваскуляризацией медиана составила 7% (6;8), а у пациентов с не прямой – 5% (4;6) в абсолютных значениях.

По результатам полученной нами значимой связи между заживлением язвенно-некротического поражения стопы и приростом значений StO₂ вблизи этого поражения была построена прогностическая модель ROC-кривой (рисунок 7). Данная модель характеризовалась значением $AUC = 0,780 \pm 0,001$ (95%ДИ: 0,64-0,9) и была статистически значима ($p = 0,001$). Значение прироста тканевой оксигенации в точке отсечения (cut-off) было определено как 5,5 в абсолютных значениях (расчёт индекса Юдена). Чувствительность и специфичность составили 78,6% и 65%, соответственно. Отрицательная прогностическая ценность – 86,3%, положительная прогностическая ценность – 52%, точность – 74%.

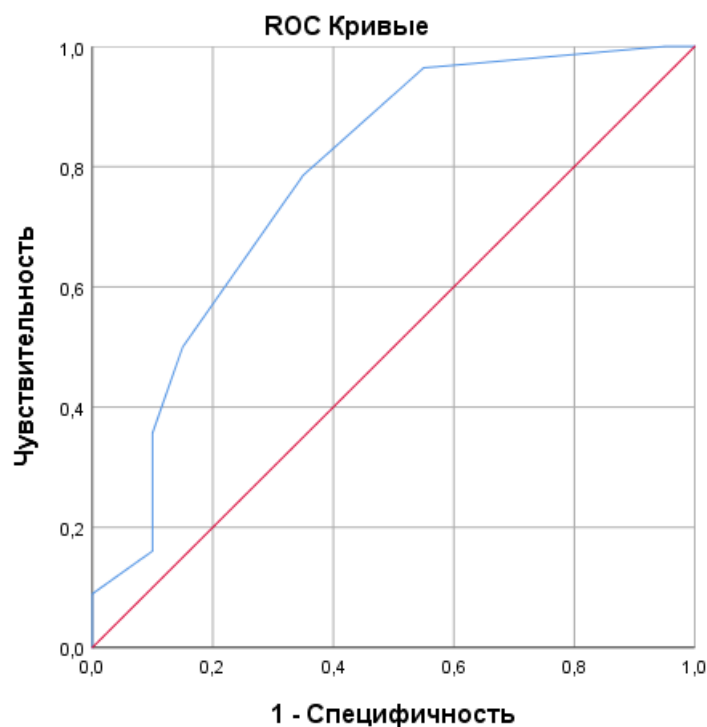


Рисунок 7. ROC-кривая, характеризующая зависимость заживления трофического дефекта от значений прироста тканевой оксиметрии вблизи трофического дефекта

Оценка динамики показателей двухмерной перфузионной ангиографии до и после эндоваскулярного вмешательства

По результатам проведенного исследования с целью прогнозирования заживления трофического дефекта всем пациентам выполнялась оценка значений двухмерной перфузионной ангиографии. В обеих группах дооперационные показатели пиковой концентрации, пикового времени (ПВ) и площади под кривой (ППК) различались с послеоперационными ($p < 0,001$).

Значимые различия между группами 1 и 2 были получены только в значениях ППК после вмешательства ($p = 0,012$). Прирост значений ППК в группе 1 составил 361,1 (239,9; 490,1), а в группе 2 - 226,7 (167,1; 366,6) ($p = 0,009$). Также данный показатель различался при достижении прямой и непрямой реваскуляризации ($p < 0,001$).

При проведении корреляционного анализа между динамикой прироста значений ППК после реваскуляризации выявлена прямая связь средней силы со следующими параметрами: с динамикой StO₂ вблизи трофического дефекта ($\rho = 0,401$; $p = 0,01$), с количеством восстановленных артерий голени ($\rho = 0,638$; $p = 0,01$). Обратная связь средней силы обнаружена с уровнем болевого синдрома по шкале ВАШ ($\rho = -0,460$; $p = 0,01$) и слабой силы - со степенью поражения берцовых артерий по классификации GLASS ($\rho = -0,291$; $p = 0,05$). Также, нами была отмечена связь между заживлением трофического дефекта и динамикой ППК ($p = 0,002$; $\eta^2 = 0,859$) и ПВ ($p = 0,006$; $\eta^2 = 0,863$).

По результатам выявленной связи между заживлением трофического дефекта и динамикой значений ППК, нами была построена прогностическая модель в виде ROC-кривой $AUC = 0,734 \pm 0,002$ (95% ДИ: 0,61-0,86), модель была статистически значима ($p = 0,002$) (рисунок 8). Значение увеличения ППК в точке cut-off было определено как 240 пунктов (расчёт индекса Юдена). Чувствительность и специфичность составили 76,8% и 65%, соответственно. Отрицательная прогностическая значимость – 86%, положительная

прогностическая значимость – 50%, точность – 72,7%. Прирост ППК на 240 значений в 6,1 раз (95%ДИ:2,0-18,6) повышал шансы заживления, между сопоставляемыми признаками отмечалась связь средней силы ($V=0,388$).

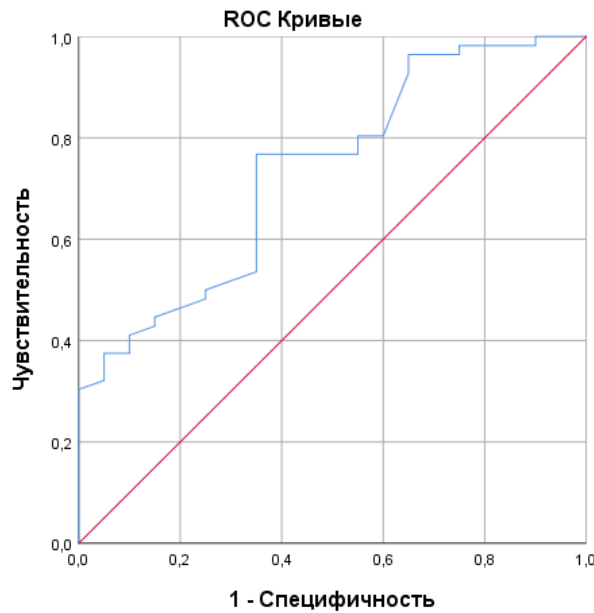


Рисунок 8. ROC-кривая, характеризующая зависимость заживления трофического дефекта от значений прироста ППК поданным двухмерной перфузионной ангиографии

Основываясь на результатах проведенного однофакторного анализа, мы разработали прогностическую модель заживления трофического дефекта на основании многофакторного анализа методом бинарной логистической регрессии ($p<0,001$). Чувствительность и специфичность модели составили 91,1 и 65%, соответственно. Так, наличие прироста StO₂ на 5,5 пунктов в абсолютных значениях вблизи трофического дефекта на следующий день после операции увеличивает шансы на заживление трофического дефекта в течение 3 месяцев в 1,87 раза. При достижении разности значений ПВ равной 4,95 секунды до и после реваскуляризации, шансы заживления возрастают в 1,49 раза. Прирост значений ППК более 240 единиц увеличивает шансы на заживление в 1,4 раз (рисунок 9).

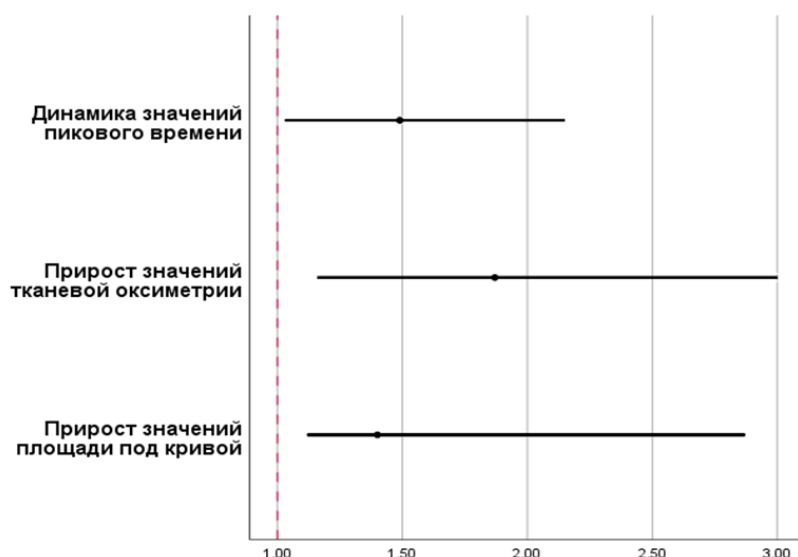


Рисунок 9. Характеристика факторов риска (отношение шансов и 95%ДИ) влияющих на сроки заживления

Выявлена согласованность средней силы между показателями двухмерной перфузионной ангиографии и тканевой оксиметрии в прогнозировании исходов заживления трофического дефекта после выполнения эндоваскулярного вмешательства на артериях нижних конечностей $K=0,439$, $p<0,001$.

ВЫВОДЫ

1. Использование педиатрического датчика в комплекте с аппаратом тканевой оксиметрии “FORE-SIGHT® MC-2000” (CASMED) позволяет более эффективно проводить оценку оксигенации тканей стопы и голени по сравнению с неонатальным датчиком, ввиду более выраженной динамики во время выполнения окклюзионного теста.
2. Групповая медиана тканевой оксиметрии у пациентов с синдромом диабетической стопы на тыле стопы составила 56 (54;60), подошвенной поверхности стопы – 56 (53;60). Выявлено значимое снижение показателя тканевой оксиметрии по сравнению со здоровыми добровольцами на тыле стопы на 6% (4-10 95%ДИ), а на подошвенной поверхности на 7% (5-10 95%ДИ) в абсолютных значениях ($p<0,001$). Учитывая сопоставимость групп

по антропометрическим параметрам, можно говорить о целесообразности оценки тканевой оксиметрии у пациентов с синдромом диабетической стопы.

3. Восстановление проходимости трех артерий голени у пациентов с синдромом диабетической стопы увеличивает шанс заживления трофического дефекта в 13,2 (1,7-106 95%ДИ) раза, тогда как достижение только прямой реваскуляризации увеличивает его в 4,5 (1,5-13,2 95%ДИ) раза. При однофакторном анализе выявлены следующие предикторы, значимо снижающие вероятность выполнения прямой реваскуляризации стопы: четвертая степень поражения артерий голени по GLASS, 5 стадия кальциноза инфраингвинального сегмента по классификации PACSS, окклюзия двух артерий голени, а также изолированная окклюзия передней большеберцовой артерии, задней большеберцовой артерии или подошвенной дуги.

4. В зоне непосредственной близости от трофического дефекта отмечена наибольшая динамика оксигенации после реваскуляризации, а изучение оксигенации в этой зоне является наиболее информативным.

5. Прирост значений тканевой оксиметрии на 5,5% в абсолютных значениях вблизи трофического дефекта у пациентов с синдромом диабетической стопы после выполнения реваскуляризации приводит к заживлению трофического дефекта в течение трех месяцев с чувствительностью 78,6% и специфичностью 65%. Выявленные различия в динамике оксигенации отражают результаты выполнения прямой и непрямой реваскуляризации артерий голени.

6. Интраоперационный анализ показателей двухмерной перфузионной ангиографии (пиковое время более 4,95 секунд и площадь под кривой более 240 пунктов) позволяет оценить эффективность выполненной реваскуляризации и помогает прогнозировать заживление трофического дефекта стопы в течении 3 месяцев с чувствительностью 76,8% и специфичностью 65%. Выявлена умеренная согласованность методов тканевой оксиметрии и двухмерной перфузионной ангиографии в оценке эффективности реваскуляризации ($K=0,439$, $p<0,001$).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Для оценки технического успеха выполнения эндоваскулярной реваскуляризации необходимо проводить предоперационный анализ результатов мультиспиральной компьютерной ангиографии или цифровой субтракционной ангиографии артерий нижних конечностей согласно классификации GLASS.

1. С целью прогнозирования исходов выполнения эндоваскулярной реваскуляризации необходимо проводить предоперационный анализ выраженности кальциноза артерий нижних конечностей согласно классификации PACSS по данным мультиспиральной компьютерной ангиографии или цифровой субтракционной ангиографии

2. Для улучшения прогноза заживления трофических дефектов у пациентов с синдромом диабетической стопы необходимо восстановление всех артерий голени. При технической невозможности достижения полной реваскуляризации, показано восстановление целевой артерии в соответствии с ангиосомной стратегией. При невозможности восстановления целевой артерии, целесообразно выполнить реваскуляризацию артерии с визуально развитыми коллатерелями в зоне трофического дефекта.

3. У пациентов с синдромом диабетической стопы целесообразно проводить оценку оксигенации тканей нижних конечностей в области трофического дефекта до и на следующие сутки после реваскуляризации.

4. При выполнении эндоваскулярной реваскуляризации для заживления трофического дефекта необходимо ориентироваться на прирост значений тканевой оксиметрии выше 5,5% в абсолютных значениях.

5. Для прогнозирования исходов заживления трофического дефекта у пациентов с СДС следует применять интраоперационную оценку показателей двухмерной перфузионной ангиографии. Необходимо ориентироваться на увеличение разницы показателя пикового времени достижения рентгенконтрастного средства более 4,95 секунды и/или увеличение значений площади под кривой более чем на 240 пунктов после выполнения реваскуляризации, в сравнении с дооперационными.
6. В прогнозировании сроков заживления трофического дефекта после эндоваскулярной реваскуляризации допустимо равноценное применение тканевой оксиметрии или двухмерной перфузионной ангиографии, в зависимости от технической возможности и укомплектованности отделения данными опциями.

Список опубликованных работ

1. Склероз менкеберга: роль кальциноза в поражении артерий у больных сахарным диабетом / А.Н. Куликова, А.С. Толстокоров, И.В. Ларин // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2020. – Т. 4. – С. 17-22.
2. Параинфракрасная спектроскопия как инструмент выбора целевой ангиосомы для реваскуляризации у пациентов с синдромом диабетической стопы / А.С. Толстокоров, И.Н. Щаницын, И.В. Ларин, О.А. Балацкий, С.П. Бажанов // Клиническая физиология кровообращения. – 2023. – Т. 20, №1. – С. 48-55.
3. Применение параинфракрасной тканевой оксиметрии для оценки оксигенации нижних конечностей у здоровых добровольцев / И.В. Ларин, И.Н. Щаницын, А.С. Толстокоров, С.П. Бажанов, И.О. Кожевников // Клиническая физиология кровообращения. – 2023. – Т. 20, №2. – С. 155-163.
4. Параинфракрасная тканевая оксиметрия в оценке критической ишемии нижних конечностей стопы / А.С. Толстокоров, И.Н. Щаницын, О.А.

Балацкий, И.В. Ларин // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 2023. Т. 65, №4. – С. 374-381.

5. Оценка эффективности реваскуляризации у пациентов с синдромом диабетической стопы методом параинфракрасной оксиметрии / И.В. Ларин., И.Н. Щаницын, А.С. Толстокоров, В.С. Аракелян // Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. – 2024. – №6. – С. 20-27.

6. Актуальные аспекты диагностики и лечения атеросклероза артерий нижних конечностей у пациентов с синдромом диабетической стопы / А.С. Толстокоров, А.Н. Куликова, И.В. Ларин // Новости хирургии. – 2021. – Т. 29, №3. – С. 360-369.

7. Медиакальциноз менкеберга и результаты реваскуляризирующих операций при синдроме диабетической стопы / А.С. Толстокоров, И.Н. Щаницын, И.В. Ларин // «Сердца Мегалополиса». – 2022. – С.15.

8. Особенности диагностики и эндоваскулярного лечения пациентов с синдромом диабетической стопы и кальцинозом Менкеберга / И.В. Ларин, И.Н. Щаницын, А.С. Толстокоров, Г.В. Павлиашвили, С.А. Абдуллаев, У.Р. Худайназаров // Журнал Проблемы биологии и медицины. – 2022. – Т.137, №4. – С. 102-106.

9. Эндоваскулярный подход в тактике лечения гнойно-некротических осложнений диабетической стопы / С.А. Абдуллаев, Т.Б. Махмудов, И.В. Ларин // Актуальные вопросы организации консультативно-диагностической помощи взрослому населению на современном этапе развития регионального здравоохранения” с международным участием. Санкт-Петербург. – 2023. – С. 20-23.

10. Angiosomal approach in the treatment of purulentnecrotic complications of diabetic foot / S.A. Abdullayev, S.T. Xujabaev, T.B. Makhmudov, U.R. Khudainazarov, I.V. Larin // World Bulletin of Public Health. – 2023. – №18. – С.102-104.

11. Оценка перфузии тканей нижних конечностей у пациентов с синдромом диабетической стопы / И.В. Ларин, В.С. Аракелян // Сборник материалов XIII Всероссийской недели науки с международным участием, посвященной Национальному дню донора. Саратов. – 2024. – С. 12-13.
12. Применение параинфракрасной оксиметрии в прогнозировании исходов реваскуляризации у пациентов с критической ишемией нижних конечностей на фоне сахарного диабета / И.В. Ларин, О.А. Балацкий, И.Н. Щаницын, В.С. Аракелян // Горизонты современной ангиологии, сосудистой и рентгенэндоваскулярной хирургии. Материалы XXXIX Международной конференции. – 2024. – С. 304-305.
13. Прогнозирование исходов реваскуляризации у пациентов с синдромом диабетической стопы с помощью аппарата тканевой оксиметрии / И.В. Ларин, И.Н. Щаницын, О.А. Балацкий, В.С. Аракелян // Сердечно-сосудистые заболевания Бюллетень Научного центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН. – 2024. – Т.25, №6. – С.140.
14. Прогнозирование исходов реваскуляризации у пациентов с синдромом диабетической стопы методом двухмерной перфузионной ангиографией / И.В. Ларин, И.Н. Щаницын, О.А. Балацкий, В.С. Аракелян // Сердечно-сосудистые заболевания Бюллетень Научного центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН. – 2024. – Т.25, №6. – С.138.