

Санкт-Петербургский государственный университет

На правах рукописи

КЕБРЯКОВ

Алексей Владимирович

ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОФУНДОПЛАСТИКИ В ЛЕЧЕНИИ
ХРОНИЧЕСКОЙ ИШЕМИИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ.

Научная специальность 3.1.15. Сердечно-сосудистая хирургия

Диссертация на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Научный руководитель:

доктор медицинских наук,

Светликов Алексей Владимирович

Санкт-Петербург

2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	11
1.1. Роль глубокой артерии бедра при хронической ишемии нижних конечностей.....	11
1.2. Анатомия и особенности атеросклеротического поражения глубокой артерии бедра	14
1.3. Возможности инструментальных методов исследования при хронической ишемии нижних конечностей.....	21
1.4. Хирургическое лечение атеросклеротических поражений глубокой артерии бедра	29
1.4.1. Феморопрофундопластика.....	29
1.4.2. Баллонная ангиопластика и стентирование глубокой артерии бедра	38
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	43
2.1. Общая характеристика больных	43
2.2. Программа предоперационного обследования пациентов.....	50
2.3. Методы лечения больных	54
2.4. Послеоперационная реабилитация и наблюдение	59
2.5. Статистическая обработка полученных результатов.....	62
ГЛАВА 3. ТЕХНИКА ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ ИШЕМИЕЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ.....	63
3.1. Характеристика классической изолированной феморопрофундопластики и предложение по ее модификации.....	63
3.2. Поток-направляющая феморопрофундопластика.....	66
3.3. Комбинированная феморопрофундопластика в рамках гибридной операции	75
3.4. Эндovasкулярные операции на глубокой артерии бедра	79

ГЛАВА 4. НОВЫЙ СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ ПОСКАТЕТЕРИЗАЦИОННОЙ ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ ГЕМАТОМЫ МЕТОДОМ ВРЕМЕННОЙ ЧРЕСКОЖНОЙ ЭМБОЛИЗАЦИИ ПРОВОДНИКОМ	83
4.1. Актуальность, эпидемиология, существующие современные методы лечения посткатетеризационной пульсирующей гематомы	83
4.2. Техника временной чрескожной эмболизации проводником посткатетеризационной пульсирующей гематомы.....	88
4.3. Результаты клинического исследования.....	91
ГЛАВА 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ ИШЕМИЕЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ.....	95
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	109
ВЫВОДЫ	120
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	121
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	122
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	124

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Атеросклероз периферических артерий является широко распространённым заболеванием, которое с течением времени охватывает все большее количество людей. За последнее десятилетие в развитых странах число больных заболеваниями периферических артерий увеличилось примерно на 13% [19, 87, 162]. По современным оценкам, оно поражает до 1,9% людей в возрасте от 40 до 49 лет, до 6,9% людей от 50 до 59 лет, и к 70-летнему возрасту каждый 5-й в той или иной степени подвержен этой болезни [58, 62, 192]. Этому способствует увеличение малоподвижного образа жизни среди взрослого населения больших городов, а также высокая распространенность факторов риска атеросклероза — курения, артериальной гипертензии, дислипидемии, ожирения, сахарного диабета и др. [10].

Атеросклероз артерий нижних конечностей занимает одну из ведущих позиций в распространенности среди заболеваний периферических артерий и в настоящее время представляет собой одну из самых актуальных проблем среди хирургических методов лечения заболеваний сосудов. За 2018 год в России выполнено более 30000 операций на аорто-подвздошном сегменте и артериях нижних конечностей ниже паховой связки по поводу хронической артериальной недостаточности (ХАН) нижних конечностей, и это примерно на 30% больше, чем в 2014 году [19, 25, 28]. Подобная тенденция также характерна для США и стран Европы [162].

Тем не менее, результаты лечения ХАН нельзя назвать удовлетворительными [28, 162]. Трофические нарушения развиваются у 42—67% пациентов с ХАН, что приводит к длительной потере трудоспособности, значительному снижению качества жизни, ампутации и летальному исходу [6, 21, 22, 23, 24, 56]. Независимые исследования из Швеции, Дании и Финляндии показали, что частота «больших» ампутаций, исходя из крупных популяционных или национальных регистров, варьирует от 120 до 500 на 1 000 000 населения в год [138, 175]. В России среднее

ежегодное число «больших» ампутаций сосудистого генеза достигло 300 на 1 000 000 населения в год [2]. Частота летальности после ампутации растет с каждым годом и через 2 года может достигать 50% [19, 99, 138]. У лиц старше 80 лет случаи летального исхода встречаются примерно в 60% через 6 месяцев после ампутации на уровне бедра [99].

Лечение пациентов с заболеваниями периферических артерий требует комплексного подхода: коррекции факторов риска, лекарственной терапии и при необходимости эндоваскулярного/гибридного/открытого хирургического вмешательства [27]. В связи с актуальностью артериального тромбоза при новой коронавирусной инфекции и соматической тяжестью пациентов чрезвычайно актуальны способы восстановления кровотока минимально травматичными и эффективными методами [18, 29, 31, 174].

Открытые и эндоваскулярные операции по реваскуляризации конечности через глубокую артерию бедра (ГАБ) являются общепринятым методом лечения ХАН. Проприетарность после хирургической реконструкции ГАБ в отдаленном послеоперационном периоде в несколько раз выше, чем проприетарность дистального шунта [1, 7, 30]. На данный момент нет достоверных и надежных инструментальных методов, позволяющих оценить качество коллатерального кровообращения в конечности и, таким образом, спрогнозировать исход реваскуляризации. Роль операций на ГАБ до конца не определена, нет рекомендаций и четких показаний к их выполнению, в особенности, когда речь идет о критической ишемии нижних конечностей (КИНК) [19, 68, 130, 171].

Хирургическая пластика ГАБ – феморопрофундопластика (ФПП), зарекомендовала себя как операция с превосходными результатами по долгосрочной проприетарности, низкой частотой осложнений и летальности, коротким сроком пребывания в стационаре [28, 153]. Более 50 лет прошло со времени впервые описанной в 1968 году Р. Martin и соавторов хирургической методики устранения стеноза в ГАБ с пластикой аутовенозной заплатой, однако с тех пор практически ничего не поменялось как в технике выполнения операции, так и в отношении показаний к проведению операции [191]. К концу 20 века в

связи с прорывом методов чрескожного эндоваскулярного лечения, внимание мирового сообщества сосудистой хирургии переключилось на методики эндоваскулярного и гибридного восстановления прямого кровотока через бедренно-подколенный сегмент. В литературе имеется недостаточное количество данных, чтобы включить в рекомендации атеросклеротическое поражение ГАБ и способы их коррекции, определить четкое место ФПП в сосудистой хирургии [19, 100, 153]. В частности, в Трансатлантическом международном консенсусе этот вид операций не упоминается вовсе [65, 153]. Реваскуляризация конечности с восстановлением магистрального кровотока до артерий стопы практически всегда является предпочтительной тактикой в лечении КИНК, в особенности у пациентов с трофическими нарушениями [68]. В литературе недостаточно данных в отношении изолированного оперативного лечения атеросклеротического поражения ГАБ у пациентов с КИНК [130]. Выбор прямой реваскуляризации конечности, когда речь идет о КИНК, логичен и интуитивен. Однако, при определенных условиях, пластика ГАБ имеет не меньшую эффективность.

Требуется оптимизация лечебной тактики и поиск путей улучшения результатов феморопрофундопластики, снижающих риск ампутации и увеличивающих качество и продолжительность жизни пациентов [19, 28].

Цель исследования: улучшить результаты профундопластики у пациентов с хронической ишемией нижних конечностей при распространенном облитерирующем атеросклерозе путем оптимизации тактики и совершенствования методов хирургического лечения.

Задачи исследования:

1. Провести ретроспективный анализ результатов профундопластики у пациентов с хронической ишемией нижних конечностей при распространенном атеросклерозе;
2. Модифицировать хирургическую технику феморопрофундопластики;
3. Разработать лечебные алгоритмы по тактике выполнения профундопластики для пациентов с критической ишемией нижних конечностей при распространенном атеросклерозе;

4. Провести анализ послеоперационных осложнений и разработать новый миниинвазивный метод лечения посткатетеризационных пульсирующих гематом.

Научная новизна работы

Впервые предложены оптимальные лечебные алгоритмы по лечению критической ишемии нижних конечностей у пациентов с гемодинамически значимым поражением глубокой артерии бедра в сочетании с окклюзией поверхностной бедренной артерии. При этом выявлены предикторы клинической эффективности профундопластики в условиях окклюзированной поверхностной бедренной артерии.

Научную новизну работы составляет разработка показаний к проведению профундопластики у больных с критической ишемией в зависимости от оценки проходимости дистального русла и морфологических критериев трофических нарушений.

Предложена новая модификация техники феморопрофундопластики, которая в комбинации с эндоваскулярным восстановлением подвздошного сегмента в рамках гибридной операции позволяет увеличить эффективность профундопластики у пациентов с критической ишемией нижних конечностей и формированием трофических язв в условиях окклюзированной поверхностной бедренной артерии.

Разработан и внедрен в практику новый миниинвазивный метод лечения посткатетеризационных пульсирующих гематом – временная эмболизация полости пульсирующей гематомы проводником (заявка на патент на полезное изобретение №2022105091 от 25.02.2022).

Практическая значимость

Проведение оценки дистального русла в конечности на предмет наличия «реципиентной зоны», а также морфологической оценки трофических нарушений по классификации хронической артериальной недостаточности нижних конечностей по R. Rutherford (1997 г.) позволяет прогнозировать эффективность

профундопластики у пациентов с критической ишемией нижних конечностей в условиях окклюзированной поверхностной бедренной артерии.

Применение в клинической практике разработанной модификации техники феморопрофундопластики в комбинации с эндоваскулярным восстановлением подвздошного сегмента в рамках гибридной операции позволяет увеличить эффективность профундопластики у пациентов с критической ишемией нижних конечностей и формированием трофических нарушений в условиях окклюзированной поверхностной бедренной артерии.

Внедрение нового миниинвазивного метода лечения пульсирующих гематом позволяет эффективно и безопасно выполнять лечение данного посткатетеризационного осложнения, потенциально способный заменить существующие методы за счет своей простоты, малотравматичности и доступности.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. Профундопластика является эффективным методом лечения хронической артериальной недостаточности нижних конечностей при распространенном атеросклерозе и в 90,9% случаев приводит к регрессу ишемии.
2. Новая модификация хирургической техники феморопрофундопластики, поток-направляющая феморопрофундопластика, выполненная в комбинации с эндоваскулярным восстановлением подвздошного сегмента в рамках гибридной операции, является достоверно эффективным методом лечения хронической артериальной недостаточности нижних конечностей при сочетанном атеросклеротическим поражением глубокой артерии бедра и подвздошного сегмента.
3. Разработанные алгоритмы по лечению критической ишемии нижних конечностей позволяют улучшить непосредственные результаты профундопластики.
4. Новый миниинвазивный метод лечения посткатетеризационных пульсирующих гематом, временная эмболизация полости пульсирующей гематомы проводником, является эффективным и безопасным.

Личный вклад автора

Автор лично провёл сбор материала для исследования; проанализировал медицинскую документацию, включая истории болезни, операционные протоколы, анестезиологические карты; изучил ближайшие и отдаленные результаты лечения; на основании полученных данных сформировал единую электронную базу данных; провел статистическую обработку материала; выполнил анализ и дал научную интерпретацию полученных результатов. Принимал непосредственное участие в лечении больных, в том числе на этапе выполнения оперативных вмешательств на артериях аорто-бедренного сегмента и лечения послеоперационных осложнений.

Внедрение в практику

Основные положения и практические рекомендации диссертации внедрены в лечебный процесс центра сосудистой хирургии ФГБУ «Северо-Западный окружной научно-клинический центр имени Л.Г. Соколова Федерального медико-биологического агентства» (Санкт-Петербург, пр. Культуры, 4).

Результаты исследования используются в учебном процессе на кафедре факультетской хирургии ФГБОУВО Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7-9).

Апробация работы

Материалы диссертационной работы доложены и обсуждены на 34-й Международной конференции «Перспективы развития сосудистой хирургии в стране и ее регионах» Российского общества ангиологов и сосудистых хирургов (Ярославль, 2018); на Втором Санкт-Петербургском практическом курсе «Прикладные аспекты сосудистой хирургии, интервенционной радиологии и флебологии. Сложный случай в моей практике» (Санкт-Петербург, 2018); на 3-ей Российско-Финской конференции «Нерешенные вопросы в лечении заболеваний аорты, периферических артерий, вен и профилактики инсульта – новейшие тенденции, концепции и перспективы» (Санкт-Петербург, 2019); на Международном семинаре по лечению критической ишемии нижних конечностей (CLIC 2019) (Италия, 2019); на V Юбилейной Научно-практической конференции «Спасение конечностей – мультидисциплинарный подход» LISMA 2019 (Санкт-

Петербург, 2019); на 35-й Международной конференции «Внедрение высоких технологий в сосудистую хирургию и флебологию» Российского общества ангиологов и сосудистых хирургов (Санкт-Петербург, 2019); на 33-м Ежегодном съезде Европейского общества сосудистых хирургов (Германия, 2019); на 36-й Международной конференции «Горизонты современной ангиологии, сосудистой хирургии и флебологии» Российского общества ангиологов и сосудистых хирургов (Казань, 2021); на 37-й Международной конференции «Горизонты современной ангиологии, сосудистой хирургии и флебологии» Российского общества ангиологов и сосудистых хирургов (Кисловодск, 2022); на 30-м Конгрессе Всемирного общества сердечно-сосудистых и торакальных хирургов (Санкт-Петербург, 2022).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 4 научных работы, в том числе 2 статьи – в центральных журналах, рецензируемых ВАК РФ, а также подана заявка на 1 патент на изобретение.

Структура работы

Диссертация изложена на 143 страницах машинописного текста; состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций и библиографического указателя, в котором приведены 192 источника, из них 161 работы иностранных авторов. Диссертация иллюстрирована 39 рисунками и содержит 7 таблиц.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Роль глубокой артерии бедра при хронической ишемии нижних конечностей

Принятие решения о проведении хирургического лечения ХАН основывается, прежде всего, на тяжести клинических симптомов. Наиболее выраженная клиническая картина в виде формирования трофических нарушений наблюдается при окклюзионном поражении артерий магистрального типа. В зависимости от тактики хирургического подхода, окклюзионные поражения артерий, питающих нижние конечности, по отношению к паховой связке можно разделить на следующие уровни: 1- аорто-подвздошный (проксимальный); 2- бедренно-подколенно-берцовый (дистальный); 3- сочетание проксимального и дистального уровней [164]. Как правило, при окклюзионном поражении одного уровня развивается перемежающаяся хромота (ПХ) различной степени выраженности [164]. Сочетанная окклюзия обычно приводит к более тяжелой ишемии, проявляющейся в виде боли в состоянии покоя и появлении трофических язв [164].

Тем не менее, нередко окклюзия только на одном из уровней может спровоцировать КИНК. Несмотря на то, что атеросклероз нижних конечностей по своей природе склонен к сегментарному развитию, возможны различные варианты локализаций и степени выраженности нарушения проходимости артерий [52, 125, 126, 127]. Окклюзия поверхностной бедренной артерии (ПБА) встречается до 50% среди всех поражений артерий других локализаций [28, 79, 100]. При этом она часто (32–61%) сочетается со стено-окклюдизирующим поражением берцовых артерий [3, 4, 6]. Поражение двух и более магистральных артерий голени встречается в половине (53,2%) случаев [6, 23].

При окклюзионном типе поражения жизнеспособность конечности зависит от коллатерального кровообращения и степени его развития [28]. При проксимальном окклюзионном поражении в коллатеральном кровообращении

основную роль играет внутренняя подвздошная артерия (ВПА), при дистальном – глубокая артерия бедра. По мнению ряда авторов, функциональное состояние ГАБ имеет ключевое значение в коллатеральном кровообращении в нижней конечности [34, 100]. Атеросклеротическое поражение ГАБ в сочетании с окклюзионным поражением на любом из уровней зачастую сопровождается декомпенсацией кровообращения, нередко с формированием трофических язв. Напротив, сохранение интактной ГАБ во многих случаях определяет меньшую выраженность симптомов ишемии и сохранение функции конечности [7, 11, 16, 17, 19, 20, 43, 44, 184]. Несмотря на то, что ГАБ и ее коллатерали могут играть решающую роль в сохранении конечности, их оценка перед попыткой реваскуляризации с целью прогнозирования эффективности является затруднительной [29, 38].

Наибольшая реализация потенциала пластики ГАБ достигается при ее сочетании с восстановлением подвздошного, бедренно-подколенного или берцового сегментов конечности. ФПП как метод реваскуляризации конечности в изолированном виде зачастую ставится под сомнение, особенно при наличии трофических нарушений [69, 80, 123, 153]. В основном, этой операции отдается предпочтение при отсутствии возможности выполнения эндоваскулярной операции или шунтирования бедренно-подколенно-берцового сегмента, в том числе при неудовлетворительном оттоке по подколенной артерии или артериям голени, отсутствии адекватного венозного материала для шунтирования [69, 121, 153].

Роль изолированной ФПП при КИНК обычно упоминается как способ сохранения верхней части голени при выборе уровня ампутации [100, 114]. Между тем, по сообщениям множества литературных источников, пластика ГАБ высокоэффективна и надёжна не только в лечении ПХ, но и зачастую способна купировать боль покоя, а в определенных случаях – привести к заживлению трофических язв и отграничению некрозов на стопе [13, 42, 44, 47, 61, 134, 148, 168, 179, 191].

Несмотря на неоднозначный клинический результат, проходимость реконструированной ГАБ в отдаленном послеоперационном периоде в несколько

раз выше, чем проходимость дистального шунта, а также бедренно-подколенного шунта после повторных реконструкций [1, 6, 8, 9]. Сообщается о первичной проходимости после эндартерэктомии общей бедренной артерии (ОБА) и ГАБ с аутовенозной пластикой более 95% в течение 5 лет [167]. При этом летальность в послеоперационном периоде составляет до 1% [110]. Первичная проходимость дистального аутовенозного шунта, по данным литературы, снижается до 63%, а в некоторых исследованиях до 29% в течение 5 лет [64]. Хотя шанс сохранения конечности при шунтировании намного выше и может достигать 97% в течение 5 лет, из-за повторных вмешательств, которые требуются при ретромбозах шунта, общая 5-летняя выживаемость составляет около 50% [64]. Отдаленная выживаемость после изолированной ФПП выше и составляет около 77% в течение 5 лет [110]. Кроме того, хирургический риск сравнительно выше после шунтирования и составляет более 2% [110]. Аутовенозное бедренно-подколенное шунтирование по сравнению с дистальным шунтированием имеет лучшие результаты по проходимости, но часто у больных с КИНК бедренно-подколенный сегмент непригоден для дистального анастомоза. Эндovasкулярное лечение связано с более низкими периоперационными рисками, но результаты в отношении долгосрочной проходимости уступают хирургическому лечению, требуя повторных вмешательств и ставя под угрозу сохранение конечности [19, 53].

Одна из основных проблем, которая стоит при выборе ФПП как метода реваскуляризации конечности, это непрогнозируемая эффективность вмешательства [28, 148]. На данный момент нет достоверных и надежных инструментальных методов, позволяющих оценить качество коллатерального кровообращения в конечности и, таким образом, спрогнозировать исход реваскуляризации [29]. Поэтому важно определить четкие показания для выполнения ФПП, провести правильный отбор пациентов, разработать новые техники ФПП для улучшения результатов операции.

1.2. Анатомия и особенности атеросклеротического поражения глубокой артерии бедра

Главная особенность анатомического строения ГАБ заключается в том, что ее ветви формируют систему коллатералей по всей нижней конечности, анастомозируя не только между собой, но и с ветвями внутренней подвздошной, поверхностной бедренной, подколенной и берцовыми артериями.

ГАБ является самой широкой и самой значимой ветвью ОБА, а также основным сосудом, через который осуществляется кровоснабжение бедра. В то же время анатомически ГАБ может иметь различные вариации, в том числе и у одного и того же индивидуума [45].

Согласно классическим описаниям, ГАБ берёт своё начало в бедренном треугольнике от латеральной стенки ОБА в среднем на 3-4 см ниже паховой связки, затем спускается вглубь и вниз и залегает на поверхности подвздошной, гребенчатой, короткой и большой приводящих мышц. Располагаясь в бедренном треугольнике кпереди от бедренной вены, она продолжается вдоль латеральной стенки ПБА, постепенно отклоняясь медиально, в области верхушки бедренного треугольника достигает внутренней стороны бедра, где у верхнего края длинной приводящей мышцы бедра расходится с ПБА, уходя под мышцу. Далее артерия отклоняется латеральнее, находясь в проекции шероховатой линии бедренной кости и заканчиваясь в нижней трети бедра в виде небольшой ветви, прободая большую приводящую мышцу и анастомозируя в подколенной ямке с мышечными ветвями подколенной артерии [45].

Медиальная (МАОБК) и латеральная (ЛАОБК) артерии, огибающие бедренную кость, отходят от ствола ГАБ в бедренном треугольнике, при этом ЛАОБК, как правило, и отходит несколько дистальнее МАОБК. МАОБК направляется кнутри и вверх и даёт ветви к гребенчатой мышце, приводящим мышцам бедра и тазобедренному суставу. ЛАОБК направляется в латеральную сторону под прямую мышцу, где делится на восходящую ветвь, идущую вверх и

латерально к большому вертелу, и нисходящую ветвь, разветвляющуюся в четырёхглавой мышце.

Перфорантные артерии отходят от задней поверхности ГАБ и, прободая приводящие мышцы, переходят на заднюю поверхность бедра. За исключением первой перфорантной артерии, они отходят от ствола ГАБ, когда он пролегает под длинной приводящей мышцей. Ветви перфорантных артерий анастомозируют с мышечными ветвями подколенной и медиальной и латеральной коленными артериями, одна из которых в области медиальной широкой мышцы бедра имеет необычно большой диаметр в случае окклюзии ПБА, и поэтому получила название «большая коллатеральная артерия» [112] (рисунок 1).

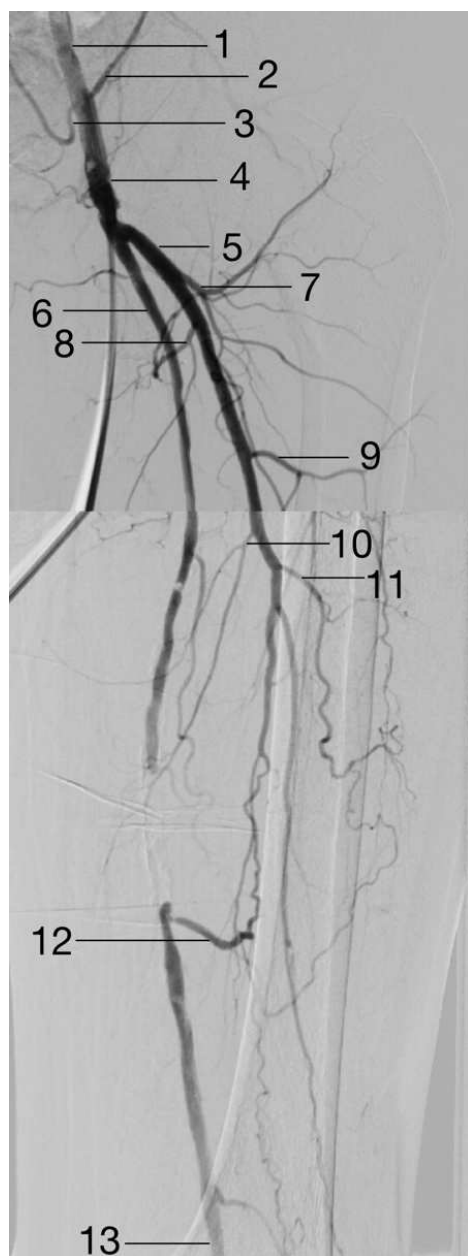


Рисунок 1. Ангиографический снимок артерий дистального отдела подвздошного, бедренного, проксимального отдела подколенного сегментов левой нижней конечности (поверхностная бедренная артерия окклюзирована в средней 1/3): 1 – дистальный отдел наружной подвздошной артерии; 2 – поверхностная надчревная артерия; 3 – поверхностная наружная полая артерия; 4 – общая бедренная артерия; 5 – глубокая артерия бедра; 6 – поверхностная бедренная артерия; 7 – латеральная артерия, огибающая бедренную кость; 8 – медиальная артерия, огибающая бедренную кость; 9 – первая перфорантная ветвь глубокой артерии бедра; 10 – вторая перфорантная ветвь глубокой артерии бедра; 11 – третья перфорантная ветвь глубокой артерии бедра; 12 – большая коллатеральная артерия; 13 – проксимальный отдел подколенной артерии.

В процессе эмбриогенеза развитие сосудистой системы нижних конечностей предшествует формированию морфологических и молекулярных изменений в мезенхиме, поэтому вариации анатомического строения сосудов в данной области скорее правило, чем исключение [60, 96]. Аномалии строения ГАБ и ее ветвей возможны как при отсутствии существенных общих генетических нарушений, так и в совокупности с патологией генома, например, при синдроме Дауна [60].

Учет анатомических особенностей ГАБ важно не только при проведении открытых хирургических операций на ней, но и при проведении чрескожных вмешательств, что позволяет избежать ряд ятрогенных осложнений, связанных с пункцией ОБА, в том числе формирование артериовенозных фистул, пульсирующих гематом и псевдоаневризм. Нестандартная анатомия ГАБ может стать причиной трудноуправляемого гемостаза с развитием тяжелого кровотечения [39, 59, 142]. Также знание анатомии ГАБ имеет значение для предотвращения некроза лоскута, в частности напрягателя широкой фасции бедра, при проведении пластических и реконструктивных операций после мастэктомии [141, 142, 159]. В качестве альтернативы ОБА ГАБ может использоваться для проведения гемодиализа [60, 94].

Ряд секционных исследований подтверждает, что для ГАБ наиболее типична заднелатеральная или латеральная сторона отхождения от ОБА (71,21%) [83, 60, 117, 142, 152]. При этом заднелатеральное отхождение наблюдалось в 42,1–53,03% случаев [45, 60, 142]. Заднемедиальное и медиальное отхождение ствола ГАБ встречается в 24,24–31,25% случаев [60, 142]. При медиальном отхождении ствол ГАБ опускается вдоль медиальной стенки ПБА к верхушке бедренного треугольника и затем по медиальной поверхности бедренной вены уходит вглубь между гребенчатой и длинной приводящей мышцами [45, 60]. В исследовании D. Dixit и соавторов, заднее и медиальное отхождение ствола ГАБ имело место в 89 (39%) случаев. При этом из них в 5 случаях он проходил поверхностно по передней поверхности бедренной вены, формируя артериальное кольцо вокруг сафено-фemorального соустья. Такое анатомическое строение сопряжено с риском повреждения ГАБ во время пункции бедренной вены для взятия анализа крови, а

также при выделении большой подкожной вены при кроссэктомии [60]. В секционном исследовании J. Rajani и соавторов, в котором было изучено 66 конечностей, впервые обнаружен ранее не описанный в литературе случай переднелатерального отхождения ГАБ от ОБА [142].

По результатам анализа анатомии у 430 пациентов, расстояние между паховой связкой и устьем ГАБ может варьироваться от 25 до 51 мм. Лишь только в 28% оно было одинаково в обеих нижних конечностях у одного и того же индивидуума [45]. В исследовании D. Dixit и соавторов, среднее расстояние устья ГБА от паховой связки с правой стороны составило 31–40 мм, а с левой – 41–50 мм [60]. Описываются случаи (1,6%–16,6%) высокого отхождения устья ГАБ – 0–10 мм от паховой связки [142, 151].

В одном из проведённых анализов лишь только 64% обеих огибающих артерий отходили от ствола ГАБ. В остальных случаях, одна или обе артерии отходили от ствола ОБА и имели полную разобщенность с ГАБ. При этом ствол ГАБ и огибающие бедренную кость артерии, имеющие отдельное устье в ОБА, могут иметь вид трифуркации. В редких случаях артерии, огибающие бедренную кость, брали своё начало от наружной подвздошной артерии (НПА). Описаны примеры, когда не только обе огибающие артерии отходили от ОБА, но и одна из перфорантных артерий также брала своё начало от медиальной ОБА ниже устья МАОБК. В другом случае устье первой перфорантной ветви было найдено у МАОБК. Обнаружено, что устье МАОБК чаще берет начало от ОБА (16%), чем устье ЛАОБК (9%). В 13% наблюдений обе огибающие артерии отходили от ОБА. В таких случаях у 84,6% исследуемых конечностей устья огибающих бедренную кость артерий находились выше устья ствола ГАБ. При этом сохранялась закономерность, что МАОБК отходит выше ЛАОБК независимо от того, где находятся их устья. Не только ветви ГАБ могут иметь аномальное отхождение от других магистральных артерий, но и поверхностные ветви НПА и ОБА могут брать начало у ГАБ. Такая особенность чаще наблюдалась при высоком расположении устья ГАБ [142]. Также описан случай полного отсутствия ствола ГАБ с одной

стороны, при этом огибающие и перфорантные ветви отходили от общей и поверхностной бедренных артерий [189].

В отличие от ПБА, которая является артерией «проводящего» или эластического типа, ГАБ можно отнести к артерии «питающего» или мышечного типа, по подобию верхней брыжеечной, почечной или внутренней сонной артериями. Для артерий такого типа более характерно поражение устья и проксимальных отделов, в то время как дистальным отделам ГАБ и ее ветвям во многих случаях удаётся избежать значимых атеросклеротических изменений, что позволяет им сохранить коллатеральную функцию [61, 104, 112, 114, 179]. Отмечается, что наиболее тяжелое атеросклеротическое поражение ГАБ с распространением на ее дистальные отделы встречается у пациентов с сахарным диабетом [69, 98].

Артерии «проводящего» типа, как правило, имеют небольшое количество ветвей и склонны к формированию протяженных окклюзий, как, например, в случае с ПБА, которая нередко окклюзирована на всем протяжении от устья до подколенной артерии (ПкА) [112].

Согласно исследованиям, основанных на ангиографических данных, окклюзия ГАБ встречается достаточно редко (3,8–6%), при этом окклюзия ПБА наблюдалась в 59% случаев, а ПкА – в 29%. Даже при наличии окклюзии ГАБ в приустьевом отделе, обычно сохраняется проходимость ствола ГАБ и его ветвей за счёт функционирующих мышечных коллатеральных ветвей и анастомозов с ветвями наружной и внутренней подвздошных и общей бедренной артерий [112].

Стенотическое поражение ГАБ встречается от 10 до 12% [42, 75, 111]. При этом J. Veales и соавторы выявили стеноз в устье ГАБ у 59% пациентов с окклюзией ПБА. Из них, в 74% случаях поражение локализовалось в проксимальном отделе ГАБ [41]. В исследованиях, в которых изучались только конечности с наличием симптомов ишемии, стенотическое поражение ГАБ имело место до 59% случаев [41; 42; 69]. Чаще всего атеросклеротическое поражение устья ГАБ связано с распространением атеросклеротической бляшки из ОБА по задней стенке, что, по некоторым данным, составляет до 80% от всех случаев [42, 113, 133]. По другим

данным, поражение ГАБ было выявлено до первой перфорантной ветви (74%), после первой перфорантной ветви (12%) и диффузное поражение всего ствола артерии (14%) [179].

Тем не менее, авторы отмечают, что, несмотря на возможное наличие гладкого просвета на ангиографии в нескольких проекциях, при секции сосуда могут быть обнаружены протяженные атеросклеротические изменения, что позволяет предполагать большую встречаемость атеросклеротических изменений дистальных отделов ГАБ [6, 42].

При окклюзии ПБА структура и геометрия ГАБ претерпевают значительные изменения в виде выравнивания оси ствола, увеличения диаметра и утолщения стенок [6]. Протяженная окклюзия или окклюзия дистальных отделов ПБА ведёт к «выключению» коллатералей re-entry («реципиентная зона»), которые главным образом связаны с бассейном ГАБ [164]. Ишемия ткани, градиент гидродинамического давления в артериях дистальнее окклюзии провоцируют секрецию гуморальных факторов, стимулирующих развитие коллатеральных анастомозов и формирование новых сосудов в коллатеральном бассейне, которые, в свою очередь, формируют анастомозы с подколенной артерией и артериями голени [6, 179]. Развитие предсформированных и новых коллатералей иногда достигает степени, когда симптомы ишемии отсутствуют, а на артериях стопы определяется пульс [6, 75, 112]. В одном из исследований сообщается о появлении пульса на стопе в 20–30% случаев после феморопрофундопластики [148]. Степень компенсации ишемии конечности также зависит от способности ГАБ и ее ветвей к дилатации [114].

При окклюзии ПБА, ГАБ и глубокобедренно-подколенная система коллатералей берут на себя роль кровоснабжения конечности через бедренно-подколенный сегмент [28]. Однако состояние устья и ствола ГАБ не позволяют в полной мере использовать потенциальные возможности кровоснабжения через коллатеральный бассейн. Оптимальному кровотоку через ГАБ препятствуют четыре аспекта [118].

Устье ГАБ – это первое слабое место. Изгиб приустьевое отдела ГАБ в заднелатеральном направлении вызывает значительную потерю кинетической энергии и, таким образом, уменьшение кровотока. Это гемодинамический аспект [28, 118].

В проксимальном отделе ГАБ часто имеет сужение за счёт формирования атеросклеротической бляшки, особенно при окклюзированном бедренно-подколенном сегменте [41, 118]. Это патологический аспект, или органический стеноз.

Третье препятствие обусловлено формированием турбулентного кровотока в проксимальном отделе ГАБ. Турбулентность вызвана изменением направления тока крови в устье ГАБ, резким уменьшением диаметра при переходе ОБА в ГАБ, стенозом в проксимальном отделе ГАБ (в том числе, вследствие утолщения интимы) и сужением в устье ПБА. Все указанные источники турбулентности ведут к значительному лимитированию кровотока, подобно стенозам [28, 118].

Геометрическая форма ствола ГАБ является четвёртым препятствием для полноценного кровотока через него. Геометрический анализ R. Berguer и соавторов определил важность этого фактора как причину снижения кровотока через ствол ГАБ [43, 118]. В любой бифуркации артерий большого калибра, включая бифуркацию ОБА, общая площадь поперечного сечения ветвей больше, чем в общем стволе. Когда ПБА окклюзирована, сосудистый тракт претерпевает резкое снижение калибра на уровне устья ГАБ. R. Berguer и соавторы продемонстрировали, что среднее значение отношения площадей (отношение площади поперечного сечения ГАБ к площади поперечного сечения ОБА) равна 0,5 [43]. Это означает, что независимо от наличия стенозирующего поражения ГАБ, проксимальный отдел ГАБ сам по себе представляет собой анатомический стеноз около 50% [28, 43, 118].

Начиная от уровня устьев артерий, огибающих бедренную кость, ствол ГАБ делится много раз на достаточно короткой дистанции. На каждом уровне деления, общая площадь поперечного сечения увеличивается. Таким образом, в соответствии с геометрическими законами, степень проксимального стеноза будет

постепенно уменьшаться на уровне каждого деления артерии. До тех пор, пока не будет достигнуто наиболее дистальное ответвление ствола, стенозирование ГАБ не будет полностью устранено. Таким образом, весь ствол ГАБ представляет собой геометрический и анатомический стеноз [28, 30, 118].

Атеросклеротическое сужение ГАБ является одним из факторов, определяющим степень стеноза, безусловно оказывая негативное влияние на кровотоки. Однако, устранение атеросклеротического поражения само по себе, по мнению некоторых авторов, не приведёт к значительному гемодинамическому улучшению. Геометрический стеноз ГАБ также должен быть устранён. Это может быть достигнуто увеличением диаметра ГАБ на всем ее протяжении. Для получения максимального эффекта расширение артерии должно быть осуществлено до наиболее дистальной перфорантной ветви [28, 118].

1.3. Возможности инструментальных методов исследования при хронической ишемии нижних конечностей

Оценка протяженности поражения ГАБ, коллатерального кровообращения в бассейне ГАБ, русла оттока в конечности в предоперационном периоде на основании ангиографических и ультразвуковых диагностических методов имеют ключевое значение при выборе операционной тактики и техники феморопрофундопластики.

Значимость оценки ангиографических критериев распространенности атеросклеротического поражения подчеркивается многими авторами [69, 123, 148]. R. Mitchell и соавторы выделили на основании ангиографических признаков следующие предикторы успешной ФПП: 1) минимальное окклюзионное поражение дистального отдела ГАБ; 2) хорошо развитое коллатеральное кровообращение в бассейне ГАБ; 3) минимальное окклюзионное поражение берцовых артерий [123]. Другие авторы среди ангиографических критериев оценки русла оттока подколенно-берцового сегмента выделяют следующие градации: 1) хорошее – проходимость ПКА и две или три берцовые артерии; 2) посредственное –

проходимая ПкА и одна берцовая артерия; 3) плохое – окклюзия или стеноз более 75% ПкА [19, 69].

Во время проведения прямой рентгенконтрастной ангиографии, при оценке проходимости устья ГАБ, по одним из данных рекомендовано выполнять снимки в двух проекциях [177]. По другим данным – достаточно одной латеральной косо́й проекции [123, 164].

Сообщается об ассоциации между степенью стеноза в устье ГАБ и клиническом улучшении в послеоперационном периоде [123, 177]. R. Mitchell и соавторы установили, что проведение профундопластики при стенозе в устье ГАБ менее 50% нецелесообразно [123]. Приведённые данные не соотносятся с теорией, основанной на том, что в условиях окклюзированной ПБА даже минимальное стенозирующее поражение ГАБ является критическим [43]. В то же время, стеноз в 50% не является показанием для коррекции для большинства других поражений в бассейне аорто-подвздошного сегмента и нижних конечностей.

Ангиографическое исследование коллатерального сообщения ГАБ и артерий голени имеет одно из решающих значений для определения показаний к проведению профундопластики. J. Fernandes и соавторы обнаружили прямую корреляцию между хорошим коллатеральным сообщением и успешным исходом [71]. С. Anderson и соавторы указали на то, что для успешной реваскуляризации требуется наличие проходимой большой нисходящей ветви ГАБ, анастомозирующей с геникулярной ветвью ПкА [36]. R. Stoney отметил, что поражение коллатеральных ветвей проксимальнее уровня проходимой ПкА ассоциируется с неблагоприятным клиническим исходом после профундопластики [166]. R. Mitchell и соавторы отмечают, что облитерирующее поражение системы коллатералей ГАБ на любом из уровней (дистальный отдел ГАБ, средняя часть бедра, геникулярная область) имеет неблагоприятное прогностическое значение, а наличие ангиографических признаков непоражённой коллатеральной системы ГАБ ассоциировано с благоприятным клиническим исходом после профундопластики в 90% случаев [19, 123].

W. Morris-Jones и С. Jones отметили, что при исследовании ангиограмм у пациентов с ПХ и КИНК, наиболее значимая разница была в качестве коллатералей ГАБ на бедре [128].

Статус ПкА коррелирует с результатами после реконструкций ГАБ [123]. L. Cotton и V. Roberts сообщают об успешном эффекте после операции в 87% при проходимой ПкА, при этом в случае окклюзированной или критически стенозированной ПкА, операция сопровождалась успехом только в 33% случаев [47, 146]. Т. David и А. Drezner выявили не столь драматическое значение проходимой ПкА для положительного исхода после профундопластики, сообщая о клиническом улучшении в 93% случаев при проходимой и в 72% при окклюзированной ПкА [19, 51].

R. Fugger и соавторы не обнаружили взаимосвязи между проходимой ПкА и клиническим успехом профундопластики, но количество проходимых берцовых артерий имело прогностическое значение [72]. W. Morris-Jones и С. Jones получили прямо пропорциональные результаты в зависимости от количества проходимых артерий на голени [128]. К. Miksic и В. Novak выявили стойкую зависимость между проходимой как минимум одной берцовой артерией, а также артериальной дуги стопы, и положительным клиническим эффектом после профундопластики [19, 121].

К. Varty и соавторы определили для оценки русла оттока на голени балльную систему градаций от 0 до 6 баллов, где каждой берцовой артерии причислялось следующее количество баллов: полностью проходима – 2 балла; с поражениями, но проходима – 1 балл; окклюзирована – 0 баллов [179]. По заключению авторов, данная шкала оценки более чувствительный индикатор клинического исхода, чем наличие проходимой подколенной артерии [179]. Согласно результатам проведённого исследования, во всех случаях отсутствия клинического улучшения после восстановления проходимости ГАБ максимальный балл был 1 [179]. При этом при наличии одной здоровой берцовой артерии клиническое улучшение достигалось в 77% случаев [179]. В работе К. Donas и соавторов было достигнуто

заживление трофических дефектов у 5 из 6 пациентов, при этом среднее количество проходимых берцовых артерий в исследовании составило 1,8 [19, 61].

Как известно из закона Хагена-Пуазейля, поток и сопротивление зависят от длины и диаметра. Таким образом, чем больше ветвей имеет ГБА, тем меньше сопротивление для кровотока и лучше отток. В исследовании N. Balasundaram и соавторов наличие у ГБА более пяти ветвей диаметром более 2 мм явилось независимым статистически достоверным предиктором долгосрочной проходимости после операций на подвздошно-бедренном сегменте, в том числе и после феморопрофундопластики [30, 38]. Для оценки состояния артериального русла МСКТ-ангиография в настоящее время отодвинула прямую рентгенконтрастную ангиографию с позиции «золотого стандарта» за исключением случаев, когда у пациента имеются противопоказания для проведения МСКТ, к которым относятся аллергическая реакция на йодсодержащие препараты, почечная недостаточность [19, 26].

R. Malgor и соавторы представили многофакторный анализ, который показал достоверную взаимосвязь между категорией ХАН по классификации R. Rutherford, классификацией TASC II и клиническим исходом после профундопластики. Наиболее значимыми предикторами потери конечности или повторного вмешательства были 5 категория ХАН (с малыми трофическими изменениями) с поражениями TASC D и 6 стадия ХАН (с большими трофическими изменениями) независимо от поражения TASC. Напротив, у пациентов с 5 категорией ХАН и поражениями TASC от А до С изолированная профундопластика может быть клинически эффективна [19, 110].

Считается, что измерение лодыжечно-плечевого индекса (ЛПИ) в предоперационном периоде не имеет существенного прогностического значения, так как он отражает общее сопротивление кровотока в конечности, вызванное обструкционным поражением, не определяя локализацию обструкции [36, 73, 105, 171, 190, 191]. Однако имеются данные о прогностически благоприятном исходе после профундопластики при систолическом давлении на уровне лодыжек выше 40 мм.рт.ст. и ЛПИ выше 0,25, измеренных в состоянии покоя [123]. ЛПИ зачастую не

увеличивается в раннем послеоперационном периоде, что не всегда отражает клинический результат [61, 91, 164]. По некоторым сообщениям ЛПИ в раннем послеоперационном периоде повышался в 45% случаев [171]. Увеличение ЛПИ в послеоперационном периоде стойко коррелирует с клиническим улучшением после операции [164, 171]. Как правило, значение ЛПИ повышается на 0,10–0,015 у пациентов с положительным клиническим эффектом после ФПП [123, 148]. По сообщению С. Voren и соавторов, повышение ЛПИ более 0,1 в раннем послеоперационном периоде наблюдалось у 69% пациентов с клиническим улучшением [19, 44]. Кроме того, сообщается, что увеличение ЛПИ, измеренного в состоянии покоя, имеет большую чувствительность после шунтирующих операций, в то время как после пластики ГАБ более показателен градиент ЛПИ, измеренный до и после физических упражнений [171]. При этом физическая нагрузка представляла собой стандартизированную ходьбу по беговой дорожке с наклоном 2–5 градусов и скоростью 4 км/ч длительностью до 5 минут или до момента остановки ввиду развития перемежающейся хромоты [171].

Первоначально в качестве одного из предикторов эффективности профундопластики было измерение сегментарного давления, так как оно позволяло определить локализацию и протяжённость обструктивного поражения, таким образом, давая представление о сопротивлении в коллатеральном бассейне на каждом из уровней [171]. Сегментарное давление определялось на уровне лодыжки, выше и нижней коленного сустава, проксимального отдела бедра [19, 148, 164].

С. Voren и соавторы рассчитали на основании соотношений показателей сегментарного давления на каждом из уровней ряд индексов [44]. Уменьшение давления на каждом из сегментов конечности, которое отражается сопротивлением в данном коллатеральном бассейне, было высчитано и выражено в индексе градиента сегментарного давления (рисунок 2).

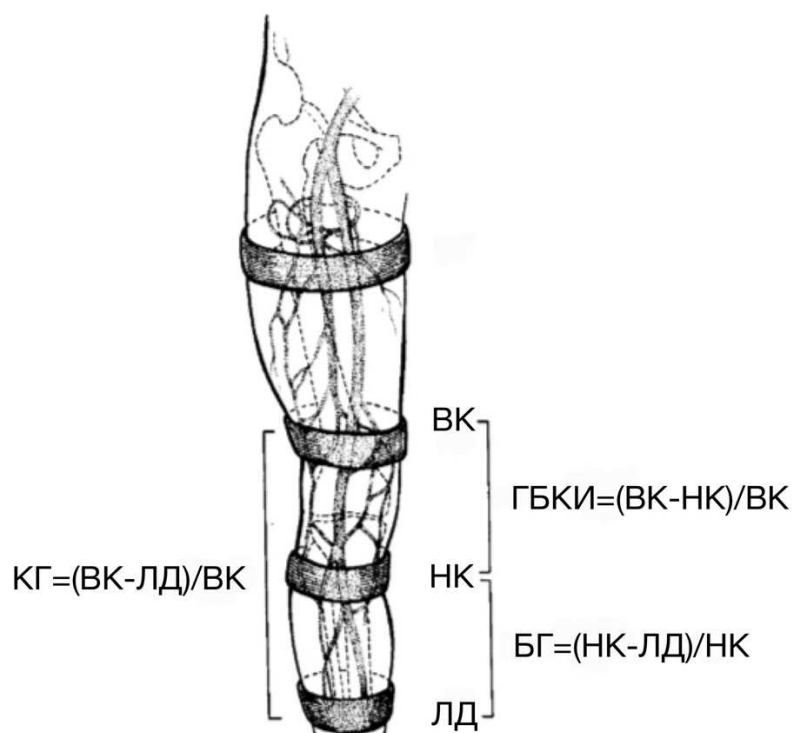


Рисунок 2. Схематическое изображение расположения манжетки при измерении индексов сегментарного давления на нижней конечности (КГ - индекс комбинированного градиента; ВК – давление выше колена; ЛД – лодыжечное давление; ГБКИ – глубокобедренно-подколенный коллатеральный индекс; НК – давление ниже колена; БГ – индекс берцового градиента).

Индекс комбинированного градиента (КГ) равен снижению общего дробного давления от бедра к лодыжкам и выражается в виде формулы: $(ВК - ЛД)/ВК$, где ВК выражает давление выше колена, а ЛД – лодыжечное давление. Индекс подколенного градиента, который впоследствии переименован в глубокобедренно-подколенный коллатеральный индекс (ГБКИ), отражает дробное падение давления через колено и рассчитывается по формуле: $(ВК - НК)/ВК$, где НК – давление ниже колена. Индекс берцового градиента (БГ) высчитывается аналогичным образом: $(НК - ЛД)/НК$ [44].

При сравнении указанных индексов среди пациентов с перемежающейся хромотой и критической ишемией, наиболее значимая разница была получена при измерении ГБКИ. ГБКИ оказался наиболее значимым предиктором сохранения

конечности в послеоперационном периоде – чем выше индекс, тем менее вероятен клинический успех после пластики ГАБ. Таким образом, слабо представленные коллатерали геникулярной области соотносятся с высоким сопротивлением для кровотока, что, как следствие, выражается в сильном перепаде давления выше и ниже колена и высоких значениях ГБПКИ [44]. В группе пациентов с клиническим улучшением после профундопластики среднее значение ГБПКИ составило 0,18, по сравнению группой, в которой сохранить конечность с помощью операции не удалось, где среднее значение ГБПКИ было 0,46. Однако стоит отметить, что в этом исследовании данная корреляция была статистически достоверна только в группе с сочетанным восстановлением подвздошного сегмента, в отличие от группы, где была выполнена изолированная профундопластика [44]. В исследовании D. Rollins и соавторов, ГБПКИ прогнозировал сохранение конечности в 10 из 11 случаев (91%), если его значение было менее 0,19 [148]. При этом индекс коррелировал с показаниями к операции. Некоторые авторы руководствовались ГБПКИ при выборе пациентов для проведения ФПП, считая среднее значение 0,3 хорошим предиктором адекватного коллатерального сообщения ГАБ и артерий голени [19, 61]. Согласно результатам ряда исследований, клиническое улучшение после профундопластики можно ожидать, если ГБПКИ менее 0,25, в то время как при значении индекса выше 0,25 наиболее вероятно отсутствие эффекта после операции [134]. Средние значения ГБПКИ составляли 0,19 у пациентов с трофическими язвами, 0,21 с болью покоя и 0,29 с гангреной [148]. Эти данные согласуются с концепцией физиологического континуума, основанной на том, что чем протяженнее обструктивное поражение, тем более выражены ишемический изменения [148]. Исследование T. David и D. Drezner подтверждает эту концепцию, демонстрируя, что у 8 из 11 (72%) конечностей с гангреной имелись ангиографические признаки окклюзии подколенной артерии, а в случае с болью покоя – только лишь у 10 из 39 (26%) конечностей [51].

ГБПКИ был предложен почти 40 лет назад в качестве предиктора эффективности профундопластики, но так и не был адаптирован для широкого применения [19, 44, 191]. Не утверждены абсолютные значения или индексы

артериального давления, которые можно использовать в качестве предельных значений, а также нет данных по достоверности индекса у пациентов с сахарным диабетом [44, 191]. По мнению некоторых авторов, измерение давления на бедре может давать ложные результаты в случае гемодинамически значимого нарушении притока в проксимальных отделах, в том числе и в ГАБ [44]. В таком случае измерение может дать ложно высокое значение вследствие того, что во время раздувания манжетки на бедре, отток крови перекрывается и растёт периферическое сопротивление, при таких условиях ослабленный приток может преодолеть повышенное периферическое сопротивление, что отразится в ложно завышенном результате измерения давления [44]. При раздувании манжетки в дистальном отделе голени периферическое сопротивление значительно уменьшается, что не приводит к искаженным результатам [44].

М. Thomas и соавторы предприняли попытку в качестве интраоперационного предиктора эффективности ФПП проводить измерение объемной скорости кровотока в ОБА до и после реконструкции с интраартериальным введением раствора папаверина сульфата [171]. Однако не было обнаружено корреляции между значениями объемной скорости кровотока во время операции и клиническим исходом, а также значениями ЛПИ в послеоперационном периоде [171]. V. Roberts и L. Cotton выявили достоверную взаимосвязь между скоростью кровотока в ОБА, измеренную электромагнитным флоуметром во время операции до и после реконструкции, и клинической эффективностью операции [47]. С. Voren и соавторы в своём исследовании разделили пациентов на 2 группы – с сочетанным восстановлением притока по подвздошному сегменту и с изолированной ФПП. При проведении интраоперационной флоуметрии была выявлена статистически достоверная разница в увеличении показателей при сравнении обеих групп. В то же время, эта разница оказалась не значимой после введения раствора папаверина хлорида 10-20 мг. Кроме того, в группе с сочетанной реконструкцией было выявлено пропорциональное увеличение объемной скорости кровотока в зависимости от степени ишемии – у пациентов с ПХ показатели были выше, по сравнению с пациентами с КИНК, в том числе после введения папаверина.

Подобная зависимость не наблюдалась в группе с изолированной ФПП. Также не было отмечено разницы в увеличении скорости объёмного кровотока в зависимости от протяженности профундопластики [44].

По мнению некоторых авторов, измерение пальцевого давления пальцевой манжеткой и фотоплетизмография могли бы предоставить дополнительную информацию о качестве русла оттока на голени и, на основании их результатов, позволить более выборочно подойти к отбору пациентов для пластики ГАБ [44].

D. Strandness утверждает, что помимо наличия хорошо развитых коллатералей, важна оценка их функционального потенциала, насколько они могут расширяться и принять увеличенный приток крови [164]. Согласно сообщению автора, наиболее достоверно она определяется при измерении ЛПИ после нагрузочной пробы [164]. Однако этот диагностический метод применим только для пациентов с ПХ. J. Van De Water интраоперационно проводил прямое измерение давления в ГАБ после интраартериального введения 30 мг хлорида папаверина [44]. Снижение давления в ГАБ более, чем на 40%, свидетельствовало о том, что дистальное коллатеральное русло способно к расширению, и было предиктором хорошего результата после ФПП [44].

1.4. Хирургическое лечение атеросклеротических поражений глубокой артерии бедра

1.4.1. Феморопрофундопластика

Феморопрофундопластика - это хирургическая операция, которая выполняется на ОБА с переходом на ствол ГАБ с целью увеличить кровоток через ГАБ и глубокобедренно-подколенные коллатерали путём устранения анатомических, гемодинамических, геометрических и патологических препятствий, обструкций и сопротивления. ФПП может быть выполнена как самостоятельная операция, так и в сочетании с реваскуляризацией аорто-подвздошного, бедренно-подколенного и подколенно-берцового этажей. В

литературе профундопластика, выполненная как самостоятельная операция, многими авторами называется «изолированной профундопластикой» [19, 91, 123, 148].

Первая тромбэндартерэктомия ГАБ была выполнена американским сосудистым хирургом N. Freeman в госпитале Сан-Франциско 23 июля 1953 года. 59-летняя пациентка с сахарным диабетом обратилась с жалобами на перемежающуюся хромоту, боль покоя и онемение в стопе. После проведенной операции боль покоя была полностью купирована, а перемежающаяся хромота больше не беспокоила. Больная умерла в 1980 году от острой недостаточности мозгового кровообращения [187]. F. Leeds был близким коллегой N. Freeman, он задокументировал впоследствии этот клинический случай и совместно с R. Gilfillan в 1961 году написал первую статью о значении ГАБ в купировании ишемии конечности [106, 187]. В Лондонском госпитале P. Martin поддерживал общение с F. Leeds по переписке и с энтузиазмом воспринял описанный им клинический случай. В последующем он с группой соавторов активно занимался вопросами изолированной реваскуляризации конечности через ГАБ, ее значении в купировании ишемии конечности, методов оценки гемодинамики в до- и послеоперационном периоде [112, 113, 114, 115, 123, 148]. Считается, что именно P. Martin и соавторы в деталях описали технику эндартерэктомии с аутовенозной пластикой ОБА и ГАБ в том виде, в котором она принята в настоящее время, и подтвердили эффективность этой техники [19, 69, 112].

Описано множество техник проведения ФПП. Наиболее простой способ – антеградная эндартерэктомия из проксимального отдела ГАБ через продольную артериотомию ОБА (рисунок 3) [118].

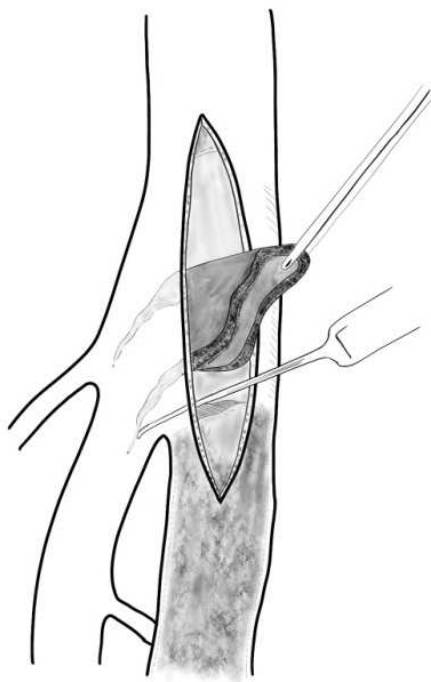


Рисунок 3. Антеградная эндартерэктомия из проксимального отдела глубокой артерии бедра через продольную артериотомию общей бедренной артерии.

Однако результаты этого метода признаны неудовлетворительными. Кроме того, проходимость артерии находится под угрозой тромботической окклюзии вследствие отсутствия фиксации дистального края интимы, остатков атеросклеротических бляшек и фрагментов патологической интимы [118].

Н. Denck использовал лоскут стенки ПБА клювовидный формы после эндартерэктомии, который впоследствии пришивался к ОБА. Однако при такой технике разница в диаметре между ОБА и ГАБ становилась еще больше, что создавало еще более выраженную турбулентность и, таким образом, гемодинамическую неполноценность метода с плохими послеоперационными результатами (рисунок 4) [55, 118].

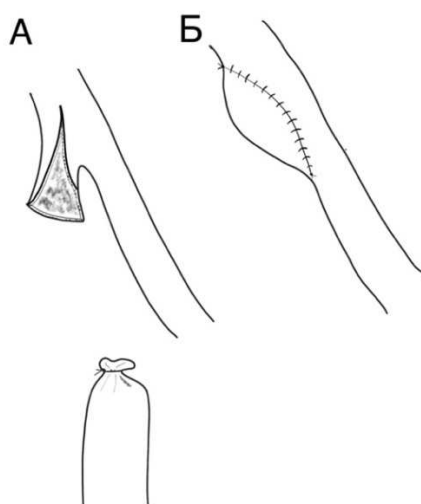


Рисунок 4 (А, Б). Клювовидная феморопрофундопластика по Н. Denck.

В 1966 году Р. Waibel представил три вида профундопластики [118, 181]. В первом он также использует клювовидный лоскут стенки проксимального отдела ПБА, который пришивается к проксимальному отделу ГАБ, таким образом, устраняя гемодинамический перепад. С помощью такого метода просвет ГАБ может быть значительно расширен, а сама техника была названа «клювовидная профундопластика» (рисунок 5) [181, 188].

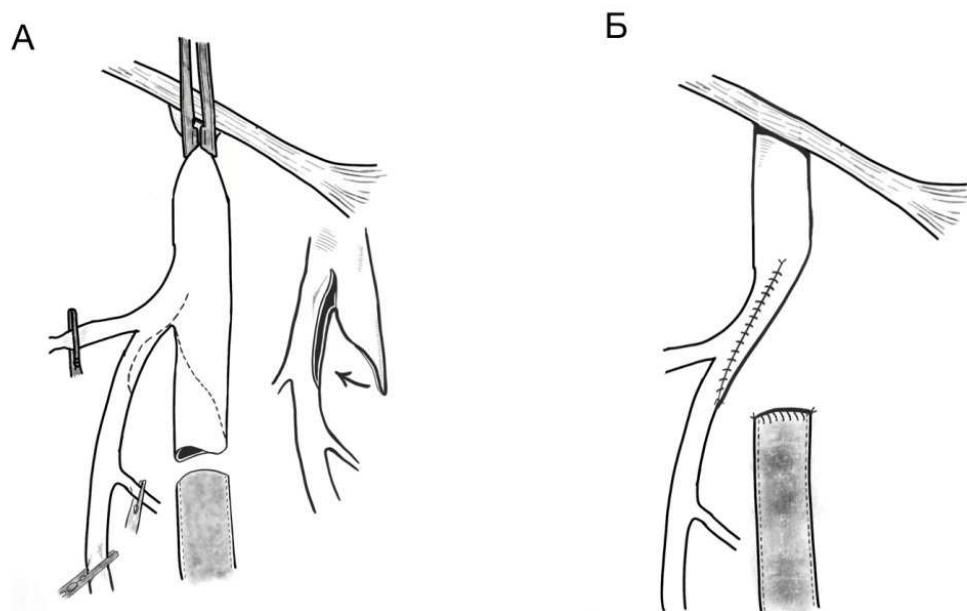


Рисунок 5 (А, Б). Клювовидная феморопрофундопластика по Р. Waibel (1966 г.).

Второй метод представляет собой шунтирование *in situ* аутогенным участком эндартерэктомированного проксимального отдела ПБА с проксимальным отделом ГАБ (рисунок 6) [118, 181].

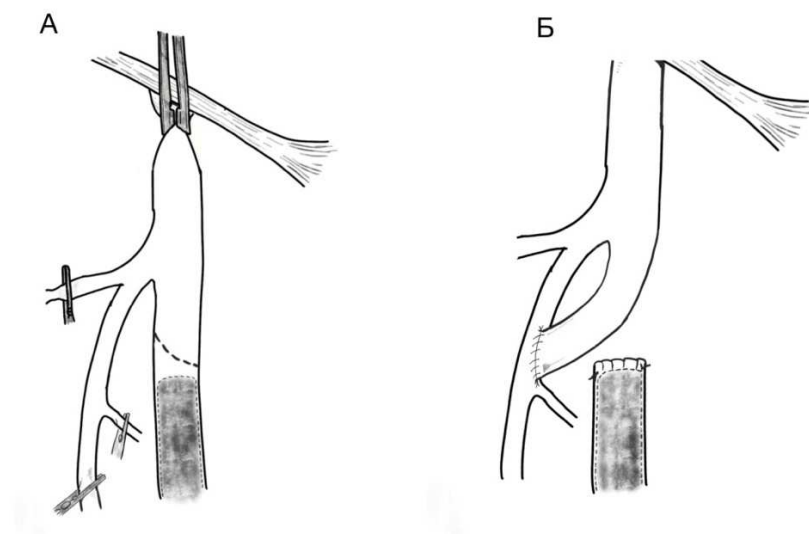


Рисунок 6 (А, Б). Шунтирование *in situ* глубокой артерии бедра аутогенным участком поверхностной бедренной артерии по Р. Waibel (1966 г.).

В третьем способе расширение ГАБ достигается за счёт смещения бифуркации ОБА. Стенки проксимальных отделов ГАБ и ПБА сопоставляются друг напротив друга, при этом артериотомия обеих артерий продолжается на небольшом протяжении, минуя уровень стеноза. Задние стенки артерий сшиваются друг с другом, а между передними стенками вшивается аутовенозная заплатка (рисунок 7) [118, 181].

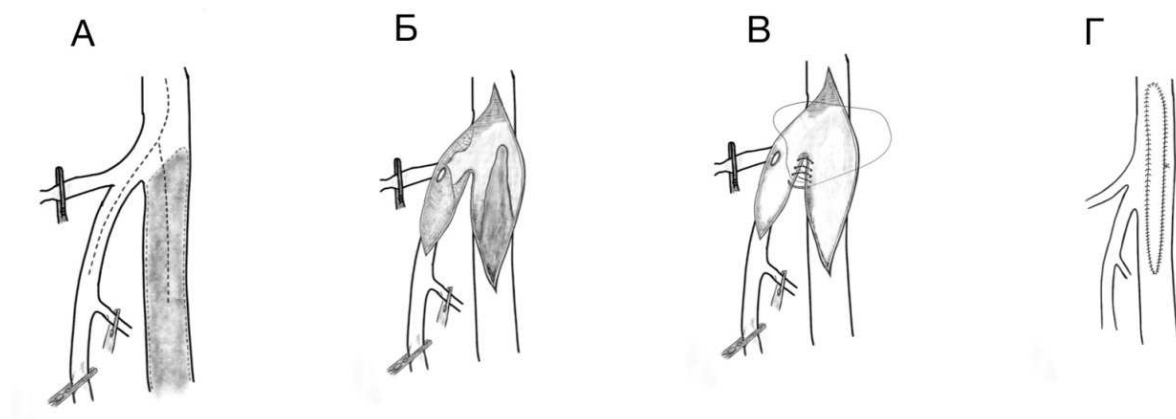


Рисунок 7 (А, Б, В, Г). Феморопрофундопластика за счёт смещения бифуркации общей бедренной артерии по Р. Waibel (1966 г.).

Используя все три техники, возможно устранение гемодинамически значимого стеноза в проксимальном отделе ГАБ, а также выраженного изгиба в устье ГАБ. Однако указанные методы в техническом плане достаточно трудоёмки и отнимают много времени [118].

Более простым является метод, предложенный Р. Martin и соавторами в 1968 году [112]. Выполняется артериотомия ОБА с переходом на ГАБ до уровня окончания атеросклеротического поражения, после чего выполняется прямая эндартерэктомия, а затем на место артериотомии вшивается аутовенозная заплатка. Такой метод обрёл наибольшую популярность и получил множество названий, таких как профундопластика по типу «хоккейной клюшки», «банана» или «бумеранга» (рисунок 8) [19, 118].

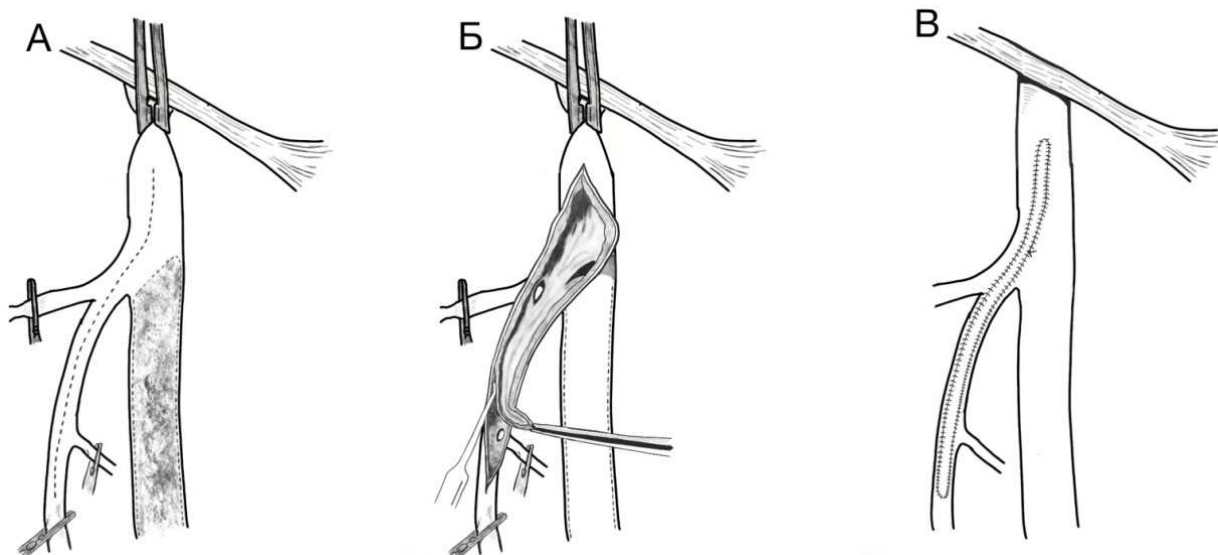


Рисунок 8 (А, Б, В). Феморопрофундопластика по Р. Martin (1968 г.).

Впоследствии данный метод получил множество модификаций. Так, среди материала для заплатки, помимо аутовены, может использоваться синтетический материал или собственная стенка ПБА. Однако синтетическая заплатка может быть причиной развития инфекционных осложнений в послеоперационном периоде [69]. Кроме того, результаты долгосрочной проходимости ниже при использовании синтетического материала [69]. По мнению ряда авторов, применение в качестве материала для заплатки аутогенной стенки ПБА после выполненной из неё эндартерэктомии обеспечивает результаты проходимости оперированного

сегмента, схожие результатами при использовании аутовенозного материала [69, 145, 147]. Более того, при таком подходе удаётся сохранить большую подкожную вену (БПВ) для возможных оперативных вмешательств в будущем. Однако использование в качестве материала для заплат ПБА связано с необходимостью пересечения ПБА, что исключает проведение эндоваскулярных операций на данной артерии с целью восстановления ее проходимости в будущем. Поэтому выделение аутовены для выполнения заплат в настоящее время остаётся методом выбора [69, 123]. В последнее десятилетие увеличилась популярность аллогенных трансплантатов, в частности из бычьего перикарда. Сообщается о сравнительно невысоком риске инфекционных осложнений (2%), при этом удаётся сохранить БПВ [19, 153].

Среди других модификаций следует выделить технику расширенной профундопластики, первоначально предложенной R. Berguer и L. Cotton в 1973 году, а затем модифицированной L. Cotton и V. Roberts в 1975 году. По мнению авторов, зачастую атеросклеротический процесс в ГАБ распространяется дистальнее устья и ее проксимального отдела, что иногда трудно распознать на ангиограммах [42]. Авторы предлагают проводить эндартерэктомию и пластику ГАБ до того участка, где стенки ГАБ мягкие и податливые, что составляет примерно от 5 до 15 см от устья [42, 47]. Последующая модификация отличается от оригинала тем, что не выполняется этап эндартерэктомии из ГАБ, что объясняется отсутствием в таком случае риска диссекции дистального края интимы и последующих осложнений [47]. Кроме того, это значительно облегчает и ускоряет проведение операции [19, 47].

В зависимости от протяженности профундопластику принято разделять на: короткую (менее 2 см); стандартную (менее 8 см или на протяжении дистальнее устья ЛАОБК, до уровня отхождения первой перфорантной ветви; и расширенную (более 8 см или дистальнее первой перфорантной ветви) [19, 147].

Эффективность профундопластики не ставится под сомнение при облитерирующем атеросклерозе на стадии ПХ. Клиническое улучшение

отмечается в среднем более чем в 70% случаев, независимо от состояния коллатерального кровотока и русла оттока [28, 44, 47, 51, 148, 171].

Однако результаты операции при КИНК, в особенности с формированием трофических язв, противоречивы. Н. Savolainen отмечает, что в проведенном исследовании ни у одного из пациентов с трофическими изменениями (16%) не было отмечено их заживления после профундопластики [153]. D. Rollins и соавторы, наоборот, отметили достаточно большую вероятность успеха при наличии трофических язв (заживление в 53% случаев) [148]. К. Ouriel и соавторы опубликовали результаты, согласно которым пациентам с трофическими изменениями удалось избежать ампутации в 80% случаев, а с болью покоя – в 82% случаев [28, 134].

Противоречивыми являются данные о том, что у больных сахарным диабетом результаты профундопластики хуже, но в большинстве исследований статистически значимой разницы в исходе среди данной категории пациентов не отмечается [100, 148]. Тем не менее, при сахарном диабете отмечается выраженный кальциноз артерий стопы и голени, что может давать ложные результаты при измерении индексов артериального давления [6].

По мнению некоторых авторов, у классической профундопластики есть ряд уязвимых мест, которые в некоторых случаях могут быть причиной неудовлетворительного результата. Одно из них, это гемодинамическое препятствие, которое образовано устьем окклюзированной ПБА. Кроме того, резкий перегиб устья ГАБ в заднелатеральном направлении также является гемодинамически неблагоприятным. Чрезмерный изгиб ГАБ в устье может быть устранён путём пересечения ПБА в проксимальной части. Однако культя ПБА, нередко с наличием внутри тромба, по-прежнему являются источником турбулентного тока крови и возможного тромбоза. В случае если выполнять тромбэндартерэктомию культы ПБА, образуется мертвое пространство, которое также вызывает турбулентный кровоток и может привести к тромбозу и его прогрессированию и распространению в ГАБ. Были предприняты попытки по устранению этого недостатка посредством пересечения ПБА в проксимальном

отделе и прошивания устья. Таким образом, турбулентный кровоток может быть трансформирован в ламинарный. Однако область прошивания культи ПБА может быть причиной кровотечения или формирования ложной аневризмы в послеоперационном периоде. По этой причине, пришлось отказаться от данного метода [118].

R. van Dongen и E.D. Schwilden (1974 г.) решили эту проблему за счет вовлечения устья ПБА при переходе артериотомии с ГАБ. Они назвали этот метод резекционной профундопластикой [118, 178]. Эта операция отличается от классической ФПП тем, что за счет исправления заднелатерального кинкинга устья ГАБ, а также препятствия в виде окклюзированного устья ПБА, устраняются турбулентные токи крови в области бифуркации ОБА, что, по мнению авторов, существенно снижает риск послеоперационного тромбоза оперированного сегмента. Кроме того, эта техника обеспечивает приоритетные другим методам гемодинамические условия (рисунок 9) [28, 118, 178].

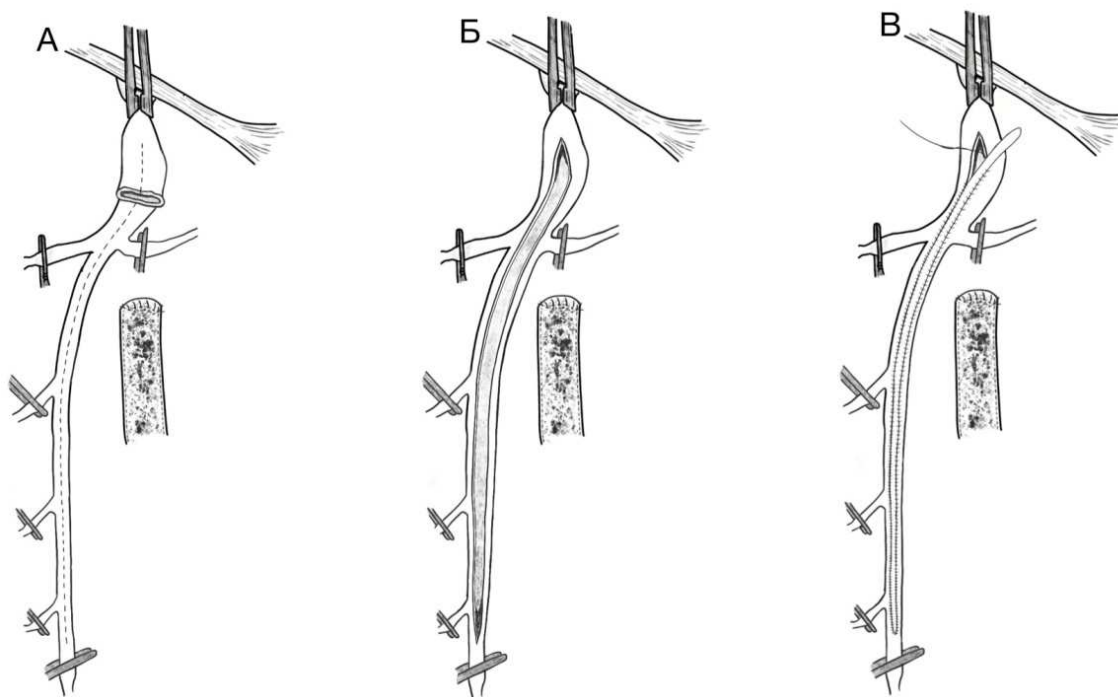


Рисунок 9 (А, Б, В). Резекционная феморопрофундопластика по R. van Dongen и E-D Schwilden (1974 г.).

Независимо от распространенности и выраженности атеросклеротического процесса в ГАБ, авторы настаивают на выполнении артериотомии ГАБ вплоть до

устья последней перфорантой ветви, аргументируя это устранением турбулентных токов крови, которые вызваны органическим стенозом на всем протяжении ствола ГАБ, обусловленные его геометрической конфигурацией [28, 118, 178].

Таким образом, по мнению авторов, при выполнении резекционной профундопластики, нивелируются все возможные источники турбулентного кровотока, за счет того, что гемодинамический, патологический, геометрический и анатомический причины их возникновения устраняются [118, 178].

Однако данная методика не вошла в широкое применение, так как, в связи с развитием методов эндоваскулярного оперативного лечения, пересечение ПБА в настоящее время выполнять нецелесообразно [28].

Из-за того, что в настоящий момент не разработано четких показаний для проведения изолированной ФПП и критериев отбора пациентов для этой операции, успех вмешательства в ряде случаев остаётся непредсказуемым [28].

1.4.2. Баллонная ангиопластика и стентирование глубокой артерии бедра

Феморопрофундопластика в настоящее время остаётся золотым стандартом среди реконструктивных операций на ГАБ, однако, для определенной группы пациентов, которым не может быть выполнено открытое хирургическое лечение, баллонная ангиопластика (БАП) ГАБ может быть методом выбора (рисунок 10) [28, 61, 154, 191].

К этой группе относятся пациенты с выраженным рубцовым процессом в паховой области на стороне поражения ГАБ, когда хирургический доступ может быть проблематичным и связан с высоким риском инфекционных осложнений (после множественных предшествующих хирургических доступов, нередко осложнённых инфекционным процессом; после курсов лучевой терапии) [28, 61, 118].



Рисунок 10 (А, Б, В). Ангиографические снимки баллонной ангиопластики глубокой артерии бедра.

Также в эту категорию попадают пациенты с высоким хирургическим риском, когда выполнение открытого хирургического вмешательства противопоказано [28, 61].

В литературе информация о роли эндоваскулярного лечения пациентов с атеросклеротическим поражением ГАБ немногочисленна и противоречива [61]. По множественным сообщениям, БАП ГАБ проявила себя как метод с высоким техническим успехом (90%–100%) и низким риском развития осложнений [37, 61, 129, 161, 179, 182]. Не описано ни одного случая большого осложнения, а среди малых осложнений наиболее распространённым является гематома на стороне пункционного доступа (6–20%), которая, как правило, разрешается консервативно [28, 161, 179].

Ряд исследований сообщает о том, что БАП ГАБ безопасный и эффективный метод лечения ишемии, в том числе, с формированием трофических язв [50, 61, 161]. К. Donas сообщает о заживлении малых трофических язв в 93,3% случаев после БАП ГАБ при средней продолжительности наблюдения 29,2 месяца [61]. J. Silva и соавторам удалось с помощью БАП ГАБ добиться сохранения конечности в 94% случаев [161]. Напротив, согласно исследованию Р. Dick и соавторов, БАП ГАБ не приводит как к гемодинамическому, так и к клиническому улучшению при ишемии с трофическими изменениями, но операция может быть эффективна при наличии боли покоя [28, 57, 61].

К. Donas и соавторы считают, что одной из возможных причин подобных противоречий может быть различные подходы к вопросам отбора пациентов и состоянию проксимального и дистального русла, а также коллатерального кровообращения в бассейне ГАБ. В своём исследовании они выполняли как баллонную ангиопластику, так и стентирование ГАБ. Операция выполнялась «cross-over» техникой, доступом через контрлатеральную ОБА. Авторы отметили 100% технический успех и хорошие результаты при среднесрочном наблюдении. Показанием к выполнению процедуры являлось наличие стено-окклюзирующего поражения ГАБ более 50%. При этом поражение от устья до первой перфорантной ветви расценивалось как проксимальное, а между первой и второй перфорантными ветвями было интерпретировано как средний сегмент поражения. В качестве баллонных катетеров в исследовании использовались некомплаентные баллонные катетеры без лекарственного покрытия диаметром от 3 до 6 мм и длиной от 40 до 150 мм [19, 61].

Результаты после БАП ГАБ в краткосрочной перспективе сопоставимы с результатами после ФПП [179]. Однако долгосрочная проходимость оперированного сегмента несколько уступает результатам ФПП. В исследовании К. Donas первичная и вторичная проходимость в течение трёх лет составили 80% и 86,7%, соответственно [61; 28]. При этом у 13,3% по данным контрольного ультразвукового исследования был отмечен рестеноз до 50% в течение первых 24 месяцев [61]. Согласно заключению мета-анализа, сравнивающего эндоваскулярное и хирургическое лечение в бассейне ОБА, на данный момент достоверная сравнительная оценка данных методов является затруднительной ввиду отсутствия достаточного количества данных о результатах вторичной и отдаленной проходимости эндоваскулярного лечения [143]. БАП с использованием баллонных катетеров с лекарственным покрытием (БКЛП) показало преимущество по сравнению с простой БАП в отношении отдаленной проходимости в артериях бедренно-подколенного сегмента [103]. Имеются единичные сообщения о применении БКЛК на артериях бедренного треугольника, при этом все они относятся только к ОБА [86, 103]. В данных исследованиях результаты ранней

проходимости ОБА в течение 1-го года после БАП с лекарственным баллонном оказались сопоставимыми у пациентов после простой БАП [86, 103]. В настоящее время не проводились исследования по применению БКЛП на ГАБ. Необходимы последующие рандомизированные исследования с оценкой результатов отдаленной проходимости после БАП с применением как простых, так и БКЛП у пациентов с атеросклеротическим поражением ОБА и ГАБ.

Значение преддилатации перед БАП с БКЛП до конца не определено и обсуждается в литературе [157]. В исследованиях In.PACT SFA и LEVANT 2 критерием включения являлось выполнение преддилатации [149, 157, 170]. Однако в исследованиях THUNDER, FemPac и PACIFIER выполнение преддилатации было не обязательным условием для включения пациента в исследование [157, 169, 185, 186]. Кроме того, вероятно существуют географические особенности, поскольку преддилатация применяется в основном в исследованиях в США, но лишь в немногих европейских исследованиях [157]. Литературные данные, сравнивающие применение БКЛП для периферических артерий с преддилатацией и без нее, ограничены. Выполнение преддилатации считается целесообразным для подготовки артериальной стенки к основному этапу БАП с БКЛП и уменьшения риска возникновения возможной гемодинамически значимой диссекции [157]. Исследование H. Schroeder et al. не показало статистически значимых различий в эффективности и безопасности БАП с БКЛП на бедренно-подколенном сегменте независимо от выполнения преддилатации. Однако БАП с БКЛП без преддилатации в большем количестве наблюдений требовала выполнение постдилатации [157]. В данном клиническом случае мы выполняли преддилатацию перед основным этапом БАП с БКЛП в связи с тем, что ГАБ является в большей степени артерией мышечного типа, за счет чего, по нашему мнению, она более склонна к образованию диссекций. Наш личный опыт использования БКЛП для ГАБ ограничен единичными наблюдениями. Во всех случаях мы выполняли преддилатацию, мы не наблюдали случаев послеоперационной диссекции ГАБ после БАП с БКЛП.

Среди эндоваскулярных методов, несмотря на неоднозначные результаты отдаленной проходимости, предпочтительным является баллонная ангиопластика ввиду того, что паховая область считается неблагоприятной для установки стентов из-за существующих рисков их деформации и перелома [40, 86]. Кроме того, наличие стента может ограничить выполнение хирургических и эндоваскулярных операций в данной области в последующем [86, 103]. В исследовании К. Donas и соавторов стентирование ГАБ выполнялось в случае возникновения гемодинамически значимой диссекции интимы или рекойла после БАП, что составило 3 случая из 15 проведенных БАП [61]. При этом использовались саморасправляющиеся нитиноловые стенты диаметром 4 и 6 мм и длиной от 40 до 80 мм [61]. У одного из пациентов в период наблюдения произошёл кинкинг стента с тромбозом ГАБ, установленного в проксимальном отделе. Вероятно, это осложнение возникло из-за расположения стента в месте сгибания бедра. По этой же причине многие хирурги отказываются от стентирования ГБА. Однако предполагается, что у большинства пациентов точка сгибания бедра расположена проксимальнее, ближе к наружной подвздошной артерии [19, 61].

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Общая характеристика больных

В основу работы положены результаты обследования и лечения 99 пациентов, страдающих ХАН нижних конечностей, оперированных по поводу стено-окклюзирующего диффузного атеросклероза в отделении сосудистой хирургии Северо-Западного окружного научно-клинического центра имени Л.Г. Соколова ФМБА (г. Санкт-Петербург). Из 99 пациентов у 31 пациента имелись трофические нарушения в виде трофических язв и некрозов нижних конечностей, в отношении которых, помимо реваскуляризации, они получали комплексное лечение, в том числе местное лечение и системную вазоактивную терапию, антибиотикотерапию по результатам бактериального посева на чувствительность к антибиотикам. Все пациенты с ПХ получали в дооперационном периоде комплексное консервативное лечение в течение не менее 6 месяцев, включающее медикаментозное лечение, занятия тренировочной ходьбой, соблюдение рекомендаций по отказу от курения и коррекции образа жизни, контроль артериального давления под наблюдением кардиолога.

Средний возраст пациентов составил 67,36 (8,48) лет. Соотношение пациентов по полу: мужчин 89 (89,9%) и 10 женщин (10,1%). 47 пациентов (47,5%) являлись курильщиками на момент лечения, 33 (33,3%) имели многолетний стаж курения в анамнезе (30 лет и более). У 73 пациентов (73,7%) была выявлена гиперхолестеринемия с повышением липопротеинов низкой плотности выше порогового значения согласно индивидуальной оценке категории сердечно-сосудистого риска. При этом среди них у 30 пациентов (30,3%) гиперхолестеринемия сопровождалась гипертриглицеридемией. Сахарный диабет был выявлен у 24 пациентов (24,2%), у подавляющего большинства он был представлен 2 типом (95,8%). Гипертоническая болезнь средней и высокой степени риска выявлена у 75 больных (75,8%).

Показанием для оперативного лечения являлась ХАН, существенно снижающая качество жизни пациента. У пациентов с ПХ без боли покоя и трофических изменений также учитывались отсутствие значимого эффекта от консервативного лечения, а также риски прогрессирования ишемии в случае тромбоза в области критического стеноза ГАБ.

Для оценки стадии ХАН использовалась классификация по А.В. Покровскому (1979 г.). При наличии у больного трофических нарушений оценка ХАН дополнялась классификацией по R. Rutherford (1997 г.). Градация КИНК по классификации WiFi не проводилась, так как ретроспективный характер сбора данных не позволял провести анализ по всем критериям классификации.

В 100% случаев причиной ХАН был атеросклероз, что подтверждено результатами инструментальных исследований. У 93 пациентов (93,9%) имело место двухстороннее поражение нижних конечностей, при этом в 50,5% случаев в клинической симптоматике доминировала правая нижняя конечность. Длительность анамнеза ХАН составила от 21 до 72 месяцев. При этом 73 пациента (73,7%) оперированы первично и 26 (26,3%) повторно. У 3 больных в анамнезе была выполнена ампутация нижней конечности.

Все пациенты были распределены по степени ХАН в соответствии с классификацией А.В. Покровского (1979 г.) (рисунок 11).

Из графика видно, что среди обследованных пациентов преобладали больные с ХАН II-Б и IV ст. – 56 (56,6%) и 31 (31,3%) пациентов соответственно. Количество пациентов с КИНК (III и IV степень по А.В. Покровскому) составило 41 (41,4%). Трофические изменения у пациентов с IV степенью ХАН были представлены трофической язвой в 20,2% случаев (20 больных), сухим некрозом в 10,1% случаев (10 больных), у 1 пациента трофические нарушения были сочетанные. Среди пациентов с трофическими нарушениями 5 категория хронической ишемии по R. Rutherford (1997 г.) имела место у 15 больных (15,1%), 6 – у 16 (16,2%).

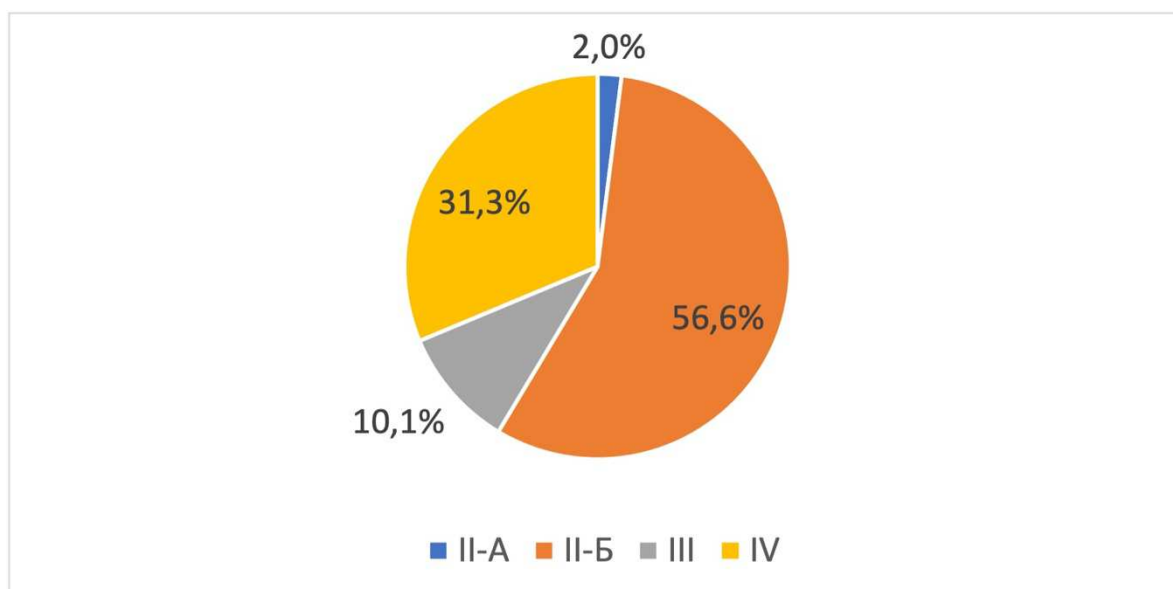
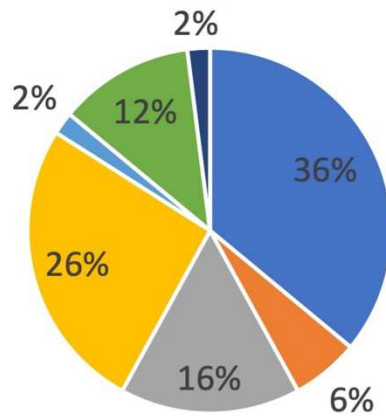


Рисунок 11. Распределение больных по степени хронической артериальной недостаточности по классификации А.В. Покровского (1979 г.) (n=99).

У всех больных имели место окклюзия ПБА и гемодинамически значимый стеноз ОБА с переходом на ГАБ на стороне оперируемой конечности. Гемодинамическая значимость атеросклеротического поражения определялась на основании критериев, которыми служили стеноз по диаметру 70% и более по данным ангиографии, а также увеличение пиковой линейной скорости кровотока (пЛСК) 300 см/сек и более по данным ультразвукового дуплексного ангиосканирования (УЗДАС).

У части пациентов имелось атеросклеротическое стено-окклюдизирующее поражение подвздошных артерий, а также артерий подколенно-берцового сегмента. У 50 больных (50,5%) имелось значимое нарушение проходимости подвздошного сегмента на стороне оперируемой конечности. Распределение больных с гемодинамически значимым нарушением проходимости подвздошного сегмента в зависимости от типа и локализации поражения отражено в рисунке 12.



- Гемодинамически значимый стеноз наружной подвздошной артерии
- Гемодинамически значимый стеноз общей подвздошной артерии
- Гемодинамически значимые стенозы наружной и общей подвздошных артерий
- Окклюзия наружной подвздошной артерии
- Окклюзия общей подвздошной артерии
- Окклюзия наружной и общей подвздошных артерий
- Гемодинамически значимый стеноз наружной подвздошной артерии и окклюзия общей подвздошной артерии

Рисунок 12. Распределение больных с гемодинамически значимым нарушением проходимости подвздошного сегмента на стороне оперируемой конечности по типу и локализации поражения (n=50).

Из представленного графика видно, что чаще всего (62%) поражение локализовалось в наружной подвздошной артерии (НПА). При этом в 36% имел место гемодинамически значимый стеноз, а в 26% - окклюзия НПА.

На рисунке 13 представлено распределение пациентов в зависимости от проходимости и типа поражения ПКА.



Рисунок 13. Распределение больных в зависимости от проходимости и типа поражения подколенной артерии (n=99).

Таким образом, практически у половины пациентов (52,8%) имелось гемодинамически значимое нарушение проходимости ПКА, при этом наиболее частым типом поражения (30,8%) являлась локальная окклюзия ПКА, а в 16,5% определялась полная окклюзия ПКА.

Состояние берцового сегмента оценивалось по количеству проходимых магистральных берцовых артерий (передняя и задняя большеберцовые артерии, малоберцовая артерия) на уровне нижней 1/3 голени и стопы (рисунок 14). Среднее количество проходимых магистральных берцовых артерий составило 2,00, такое количество определялось у 63,3% больных.

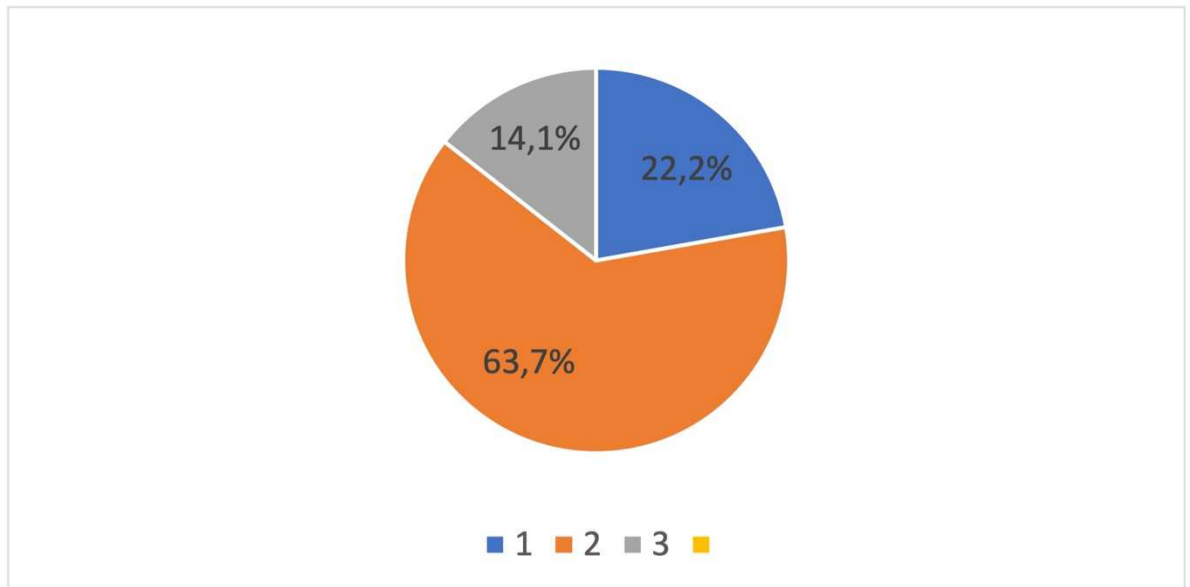


Рисунок 14. Распределение больных в зависимости от количества проходимых магистральных берцовых артерий (n=99).

Наличие проходимой одной или нескольких в совокупности следующих зон: нижняя 1/3 ПБА, ПкА (частично или на всем протяжении), тибιοперонеальный ствол (частично или на всем протяжении) или проксимальный отдел как минимум одной из магистральных берцовых артерий, было объединено в понятие «реципиентная зона» - то есть наличие магистрального русла, способного воспринимать коллатеральный кровоток из ГАБ. Из 89 пациентов, которым удалось достоверно определить проходимость указанных зон, наличие реципиентной зоны отмечалось у 85 (95,5%) больных. При этом у всех 4-х больных, у которых она отсутствовала, наблюдались явления КИНК, а у 47 (55,3%) пациентов с сохраненной реципиентной зоной явления КИНК не отмечались.

Как следствие мультифокального характера атеросклероза, у всех пациентов имелось инструментально подтвержденное наличие атеросклеротического поражения в артериях одного или нескольких дополнительных бассейнов, преимущественно в каротидном – 97 человек (97,98%); и коронарном – 99 человек (100%). Клинические проявления цереброваскулярной болезни наблюдались у 27 человек (27,3%), 11 больных (11,1%) ранее перенесли острое нарушение мозгового кровообращения. Как минимум один острый инфаркт миокарда был в анамнезе у 9

пациентов (9,1%), стенокардия напряжения (преимущественно II функционального класса – 81,8%) отмечалась у 11 пациентов (11,1%), сердечная недостаточность – у 19 (19,2%), мерцательная аритмия – у 14 (14,1%). Каротидная эндартерэктомия или стентирование внутренней сонной артерии в анамнезе выполнены у 9 пациентов (9,1%), также 9 больных (9,1%) перенесли коронарное шунтирование, 8 (8,1%) – стентирование коронарных артерий. Аневризма инфраренального отдела брюшной аорты имелась в анамнезе у 9 больных (9,1%), у двоих из которых (22,2%) выполнено эндопротезирование брюшной аорты и подвздошных артерий. 8 пациентов (8,1%) имели хроническую болезнь почек 3 стадии, у одного из пациентов это определило быстро прогрессирующее течение ХАН. Остальные сопутствующие патологии чаще всего были связаны с неспецифическими болезнями легких и органов желудочно-кишечного тракта (рисунок 15).

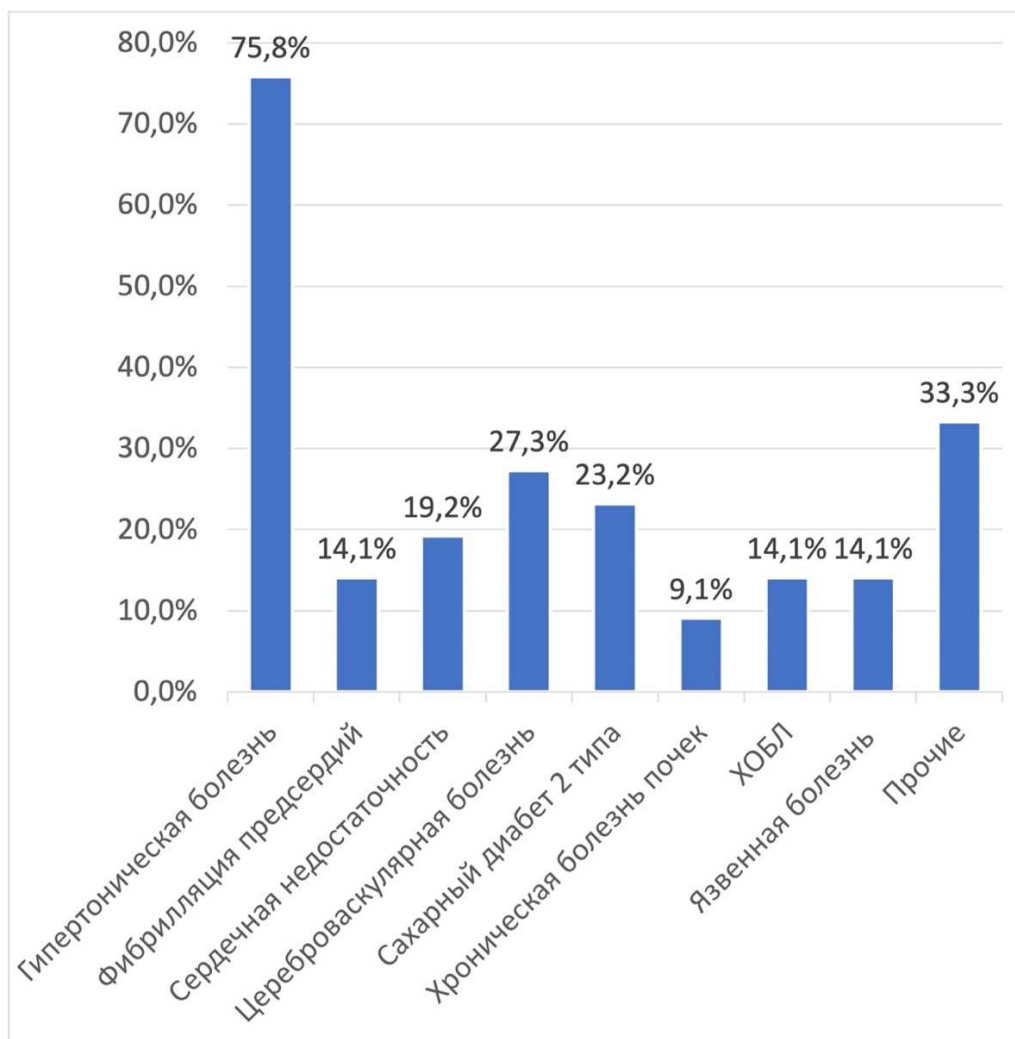


Рисунок 15. Распределение больных в зависимости от сопутствующих заболеваний (n=99).

Противопоказанием для хирургического лечения являлись декомпенсация сердечной деятельности, низкие показатели сердечного выброса по данным эхокардиографии, терминальная стадия хронической болезни почек, декомпенсированный сахарный диабет, острое течение ишемической болезни сердца.

2.2. Программа предоперационного обследования пациентов

В рамках предоперационного обследования для оценки общесоматического статуса пациентов, характера и распространенности атеросклеротического процесса проводилась программа обследования с применением анамнестических, физикальных, инструментальных и лабораторных методов.

При сборе жалоб и анамнеза внимание уделялось следующим вопросам: выраженность клинических симптомов, длительность основного заболевания и время появления и развития симптомов, предшествующее хирургическое лечение, наличие факторов рисков (курение, гипертоническая болезнь, сахарный диабет и т.д.), степень ХАН.

Физикальное обследование включало в себя осмотр нижних конечностей (оценка цвета кожных покровов, волосяного покрова, наличия трофических изменений и отека), пальпацию нижних конечностей (оценка температуры кожных покровов, пульсации магистральных артерий в типичных точках), измерение артериального давления на верхних и нижних конечностях.

Наличие трофических нарушений свидетельствуют о терминальной стадии ХАН, что соответствует IV стадии по классификации А.В. Покровского (1979 г.) или КИНК по классификации TASC II (2007 г.). В случае наличия у больного трофических нарушений нижних конечностей проводилась оценка их распространенности, влияние на функциональное состояние конечности и признаков инфицирования. Локальные трофические язвы и некрозы пальцев и дистального отдела стопы, не распространяющиеся проксимальнее трансметатарзальной области, с сохранением двигательной функции стопы

расценивались как «малые», что соответствовало 5 категории хронической ишемии по R. Rutherford (1997 г.). Локальные выраженные трофические нарушения с поражением подкожных и костных тканей и нарушением двигательной функции стопы, а также распространенные трофические нарушения стопы и голени независимо от влияния на двигательную функцию расценивались как «большие» и соответствовали 6 категории ХАН по R. Rutherford (1997 г.).

Всем пациентам с трофическими язвами выполнялись бактериологические посевы с зоны трофических нарушений с последующим назначением специфической антибиотикотерапии по согласованию с клиническим фармакологом. При «больших» трофических нарушениях выполнялось рентгенографическое исследование стопы с целью исключения костно-деструктивных поражений, решения вопроса о целесообразности проведения малых ампутаций.

Лабораторные методы включали клинический анализ крови, общий анализ мочи, биохимический анализ крови (общий белок, АЛАТ, АСАТ, билирубин, мочевины, креатинин, глюкоза, электролиты), коагулограмма и липидограмма крови, группа крови и резус фактор, HBS, HCV, RW, Ф-50.

В стандарт инструментальных исследований входили регистрация электрокардиограммы, выполнение эхокардиографии. Эхокардиография проводилась на ультразвуковом аппарате «Vivid 7» фирмы «General Electric» (США). При этом проводилась оценка размеров камер сердца, сократительной функции миокарда левого желудочка, топика его структур, подвижности его стенок и состояния клапанной системы во время сердечного цикла. Уменьшение фракции выброса левого желудочка менее 50%, ударного объема менее 50 мл, наличие сегментарных нарушений (гипокинезия, дискинезия, акинезия стенок и межкамерных перегородок сердца), увеличение конечного диастолического объема левого желудочка свидетельствовали о нарушении сократительной функции миокарда, угрожающем кардиальными осложнениями в периоперационном периоде. По результатам приведенных лабораторных и инструментальных исследований все пациенты осматривались кардиологом. При

наличии указанных изменений пациенту назначалась дополнительная диагностика – 12-канальный суточный мониторинг электрокардиографии и, при подтверждении ишемии миокарда, рекомендовалось выполнение коронарографии с последующей повторной консультацией кардиолога. При наличии показаний для реваскуляризации коронарных артерий, решение об очередности проведения вмешательства принималось коллегиально в составе консилиума, включающего сосудистого хирурга, кардиолога, кардиохирурга и рентгенэндоваскулярного хирурга. Результат принятия решения зависел от степени тяжести ХАН, степени поражения коронарного русла и выраженности ишемии миокарда.

В рамках предоперационного обследования всем пациентам также выполнялось УЗДАС брахиоцефальных сосудов. В случае обнаружения гемодинамически значимых нарушений проходимости сонных, подключичных или позвоночных артерий, пациент консультировался ангионеврологом. Для уточнения симптомности выявленных поражений, исключения «немых» ишемических очагов головного мозга, пациентам со стенозами сонных артерий более 50% выполнялась МРТ головного мозга. При доказанной симптомности атеросклеротического поражения, компенсированной ХАН нижних конечностей, в первую очередь в плановом порядке выполнялась каротидная эндартерэктомия, в связи с относительно высоким риском развития острых нарушений мозгового кровообращения в интраоперационном и раннем послеоперационном периоде у данной категории пациентов. При КИНК решение о первоочередности хирургического лечения соответствующего артериального бассейна принималось коллегиально, в составе консилиума из сосудистого хирурга и ангионевролога.

Также в программу предоперационной подготовки для всех пациентов входила фиброгастроуденоскопия (ФГДС) с оценкой состояния слизистой пищевода, желудка и двенадцатиперстной кишки. У пациентов с обнаруженным эрозивно-язвенным поражением слизистой в дооперационном периоде проводилось комплексное противоязвенное лечение под наблюдением гастроэнтеролога с последующим контролем ФГДС.

Исследование сосудов нижних конечностей проводилось посредством УЗДАС, МСКТ-ангиографии, прямой рентгенконтрастной ангиографии.

УЗДАС аорты и артерий нижних конечностей выполнялось на ультразвуковом аппарате «Vivid 7» фирмы «General Electric» с использованием линейных и конвексных датчиков (частотой 7–10 и 3–5 МГц соответственно). Исследование выполнялось в В-режиме, режиме цветового доплеровского картирования (ЦДК) и в спектральном доплеровском режиме. При проведении исследования определялись следующие параметры:

- наличие/отсутствие аневризматического расширения артерии, характер пристеночных тромбов;
- диаметр сосуда;
- структура сосудистой стенки;
- толщина комплекса интима-медиа;
- локализация, степень и протяженность стеноза и окклюзии;
- структура атеросклеротической бляшки, ее поверхности;
- характер кровотока (магистральный, магистрально-изменённый, коллатеральный);
- линейная скорость кровотока.

В конце исследования определялись ЛПИ по стандартной методике: производился расчет отношения систолического давления, измеренного на задней большеберцовой артерии (ЗББА) в области медиальной лодыжки и артерии тыла стопы (АТС) на каждой конечности к максимальному систолическому давлению на одной из плечевых артерий. Среднее значение ЛПИ у пациентов до операции составило 0,48 (0,33–0,52).

УЗДАС вен нижних конечностей проводилось в предоперационном периоде с целью оценки пригодности венозного материала в качестве аутовенозной заплаты для выполнения ФПП.

Ангиографические исследования являются «золотым стандартом» в диагностике заболеваний сосудов. В данной работе подавляющему большинству – 87 пациентам (87,9%) была выполнена МСКТ-ангиография, 4 пациентам (4,0%)

выполнялась прямая рентгенконтрастная ангиография аорты, подвздошных артерий и артерий нижних конечностей. МСКТ-ангиография проводилась посредством методики объёмного сканирования на фоне контрастного усиления (внутривенное введение препарата Омнипак – 100,0 мл). Прямую рентгеноконтрастную чрескожную катетеризационную ангиографию производили на цифровом ангиографическом комплексе «Innova-2000» фирмы General Electric (США) по стандартной методике через трансфemorальный доступ по методу Seldinger с применением местного способа обезболивания. На снимках ангиографии оценивали состояние путей артериального притока. Отмечали локализацию и характер артериальных поражений (стеноз/окклюзия), протяженность поражений сосудов, этажность выявленных изменений в аорто-подвздошном и бедренно-подколенно-берцовом сегментах. Уделялось внимание состоянию коллатерального русла в бассейне ГАБ, оценивалось наличие «реципиентной зоны».

2.3. Методы лечения больных

В периоперационном периоде пациентам назначалась комплексная терапия, включающая хирургические и консервативные методы лечения, направленные на профилактику и заживление трофических язв, улучшение кровообращения в конечности.

Консервативная терапия включала в себя антиагреганты (ацетилсалициловая кислота, клопидогрель), статины (аторвастатин, розувастатин), антикоагулянты (низкомолекулярные гепарины), вазоактивную и нейротропную инфузионную терапию, улучшающую метаболизм в ишемизированных тканях (актовегин, пентоксифиллин, препараты простагландинового ряда, препараты альфа-липоевой кислоты, мильгамма), гастропротекторы (блокаторы протонной помпы). При выраженном болевом синдроме у пациентов с КИНК назначались анальгетики (НПВС, трамадол), прегабалины (тебантин, лирика).

При наличии трофических язв и некрозов проводилось местное лечение, включавшее в себя промывание и обработку растворами антисептиков (водный раствор хлоргексидина, пронтосан, бетадин), использование мазей с антибактериальным действием на водорастворимой основе (Левомеколь, Офломелид, Банеоцин), этапные некрэктомии, применение ферментных препаратов (Химотрипсин), современных раневых альгинатных, гидрогелевых и гидроколлоидных перевязочных материалов. Все пациенты с трофическими язвами получали системную антибиотикотерапию широкого спектра (амоксиклав, цефалоспорины). После получения результатов бактериального посева по согласованию с клиническим фармакологом назначался курс специфической антибиотикотерапии.

Реваскуляризация конечности во всех случаях выполнялась через ГАБ путем восстановления проходимости ОБА и ГАБ в изолированном виде или в сочетании с подвздошным сегментом хирургическим, эндоваскулярным и гибридным методами. При этом восстановление проходимости ПБА с целью прямой реваскуляризации конечности как первичный хирургический метод лечения не выполнялось. Вид планируемого реконструктивного вмешательства определялся на основании анализа данных топической диагностики сосудистых поражений и общесоматического статуса пациента (табл. 1). Средняя продолжительность операции составила 210 (195–255) минут.

Показанием для изолированной реваскуляризации ГАБ служило наличие гемодинамически значимого поражения ОБА и ГАБ без признаков гемодинамически значимых нарушений проходимости подвздошного сегмента. Всего изолированная реваскуляризация через ГАБ была выполнена у 49 пациентов (49,5%), среди которых у 45 пациентов выполнена ФПП и у 4 проведена эндоваскулярная коррекция проходимости ГАБ.

Таблица 1 – Характеристика оперативных методов лечения

Характеристика		Пациенты (n=99)
Изолированная феморопрофундопластика	Стандартная феморопрофундопластика	22 (22,2%)
	Поток-направляющая феморопрофундопластика	23 (23,2%)
Феморопрофундопластика с реваскуляризацией подвздошного сегмента в рамках гибридной операции	Стандартная феморопрофундопластика в комбинации с реваскуляризацией подвздошного сегмента	45 (45,5%)
	Поток-направляющая феморопрофундопластика в комбинации с реваскуляризацией подвздошного сегмента	5 (5,1%)
Изолированная эндоваскулярная реваскуляризация ГАБ	Баллонная ангиопластика	3 (3,0%)
	Стентирование ГАБ	1 (1,0%)

В случае сочетанного поражения подвздошного сегмента выполнялась гибридная операция. Гибридный вариант оперативного лечения представлял собой выполнение ФПП в сочетании с эндоваскулярным восстановлением проходимости подвздошного сегмента в рамках одной операции и был проведен у 50 пациентов (50,5%).

Подавляющее большинство операций на ГАБ в рамках изолированной или гибридной операции представлено хирургической феморопрофундопластикой, которая в совокупности была выполнена 95 (95,9%) пациентам. У всех пациентов, которым была выполнена ФПП, вмешательство на ГАБ имело первичный характер. Модифицированный метод протяженной профундопластики – поток-

направляющая феморопрофундопластика (ПНФПП) – был выполнен 28 пациентам (28,3%). При этом у 5 больных (5,1%) поток-направляющая феморопрофундопластика выполнена в рамках гибридной операции вместе с восстановлением подвздошного сегмента. 67 пациентам (67,7%) ФПП была выполнена по классической методике. У 78 пациентов (78,8%) операция была проведена под эпидуральной анестезией, у 11 (11,1%) – под спинномозговой анестезией, и у 6 пациентов (6,1%) была применена комбинация эпидуральной и спинномозговой анестезии. Во всех случаях в качестве заплаты для выполнения пластики ОБА и ГАБ использовалась аутовена. Этап эндартерэктомии ОБА и ГАБ выполнялся у большинства пациентов (96,8%), при этом у 3 пациентов (3,2%) эндартерэктомия не выполнялась в связи с диффузным распространением атеросклеротического процесса, который не создавал гемодинамических препятствий для кровотока после выполнения пластики. Средняя протяженность пластики составила 7 (5,00–10,00) см.

При сочетанном гемодинамически значимом стено-окклюзирующем поражении подвздошных артерий на стороне оперируемой конечности в рамках гибридной операции выполнялась эндоваскулярная реконструкция общей и/или наружной подвздошной артерии. Таким образом, среди операций на подвздошном сегменте, 49 пациентам (49,5%) выполнили стентирование подвздошных артерий. У 1 пациента (1,0%) вмешательство на подвздошных артериях имело вторичный характер – ранее ему было проведено стентирование НПА, и на момент лечения имелся гемодинамически значимый рестеноз в стенке – ему была выполнена баллонная ангиопластика НПА катетером с лекарственным покрытием. Локализация реконструкции зависела от топике поражения и продемонстрирована на рисунке 16.



Рисунок 16. Распределение эндоваскулярных операций на подвздошном сегменте в зависимости от локализации проводимой реконструкции (n=50).

Эндоваскулярная реконструкция ГАБ во всех случаях была проведена в изолированном виде. У всех пациентов операция проводилась под местной анестезией. Среди эндоваскулярных методов реваскуляризации ГАБ у 3 пациентов была выполнена БАП ГАБ и у 1 пациента проведено стентирование ГАБ. БАП ГАБ выполнялась пациентам, которым ранее первично уже выполнялась ФПП, и был выявлен гемодинамически значимый рестеноз в области пластики. При этом в 2 случаях применялся комплаентный баллонный катетер без лекарственного покрытия и в 1 случае – баллонный катетер с лекарственным покрытием. Стентирование ГАБ было выполнено 1 пациенту, так как проведение ФПП было связано с высоким риском развития сердечно-сосудистых осложнений в периоперационном периоде.

2.4. Послеоперационная реабилитация и наблюдение

В раннем послеоперационном периоде пациент находился в общей палате отделения, где продолжалось проведение курса консервативной терапии, лечение трофических язв, контроль основных показателей гемодинамики, клинического анализа крови, общего анализа мочи и ЭКГ. При наличии у пациента сахарного диабета проводился контроль глюкозы крови по точкам в первые несколько суток после операции под наблюдением эндокринолога. На 5–7 сутки послеоперационного периода проводился контроль измерения ЛПИ. Средняя длительность госпитализации в послеоперационном периоде составила 7 (6,00–8,00) суток.

После выписки на амбулаторный этап всем пациентам были даны лечебные рекомендации, включающие отказ от курения, соблюдение гипохолестериновой диеты, ежедневный контроль артериального давления, ежедневные занятия физическими упражнениями, а именно тренировочной ходьбой на расстояние не менее 2 км в сутки с постепенным увеличением дистанции безболевой ходьбы. При ограничении возможности заниматься тренировочной ходьбой на фоне трофических нарушений в качестве альтернативы были рекомендованы занятия на педальных тренажерах, велотренажерах или беговой дорожке. Рекомендации по медикаментозной терапии включали статинотерапию (Розувастатин, Аторвастатин и др.) под контролем липидограммы крови, антиагрегантную терапию. Стандартная антиагрегантная терапия состояла из препаратов группы аспирина (Кардиомагнил, Аспирин кардио и др.). В случае проведенного стентирования назначалась двойная антиагрегантная терапия с добавлением препарата из группы клопидогрела (Плавикс, Клопидогрел и др.) в течение трех месяцев после стентирования подвздошного сегмента и шести месяцев после стентирования ГАБ. С 2019 года пациентам с повышенным риском сердечно-сосудистых осложнений и низким риском геморрагических осложнений рекомендовался в дополнение к аспирину прием ривароксабана в дозировке 2,5 мг 2 раза в день. Постоянная антикоагулянтная терапия в лечебной дозировке рекомендовалась по назначению

кардиолога, если у пациента имелась фибрилляция предсердий. В таком случае решение о дополнительном назначении антиагрегантной терапии принималась в зависимости от соотношения рисков сердечно-сосудистых и геморрагических осложнений.

Для лечения трофических язв на амбулаторном этапе было рекомендовано продолжение выполнения перевязок, в ряде случаев рекомендовалось продолжение приема антибактериальной терапии, что зависело от результатов бактериального посева. В случае положительной динамики в заживлении трофической язвы контроль бактериального посева не назначался. При отсутствии положительной динамики в течение 3–4 недель после выписки, рекомендовался контроль бактериального посева из отделяемого трофической язвы с определением чувствительности к антибиотикам. У одного пациента с наличием глубоких некротических изменений фаланг пальцев стопы, распространяющихся на костно-суставной аппарат, после успешного реваскуляризационного этапа в отсроченном послеоперационном периоде была выполнена малая ампутация.

В отдаленном послеоперационном периоде пациентам было рекомендовано проводить контроль УЗДАС артерий нижних конечностей с измерением ЛПИ через 1, 3, 6 и 12 месяцев в первый год, а затем – 1 раз в 12 месяцев. При этом оперированный сегмент оценивался на предмет наличия и степени рестеноза, а также аневризматической трансформации. Проходимость подвздошного сегмента в послеоперационном периоде также оценивалась на основании результатов контрольного УЗДАС. Всем пациентам рекомендовалось наблюдение сосудистого хирурга в амбулаторном порядке с контрольными визитами через 1, 3, 6 месяцев после перенесённого оперативного вмешательства и каждые полгода в последующем.

С целью профилактики развития трофических язв и гангрены, профилактики развития сердечно-сосудистых осложнений, увеличения дистанции безболевого ходьбы рекомендовалась каждые 6 месяцев повторная госпитализация, в течение которой пациенту проводилась инфузионная вазоактивная терапия в сочетании с физическими упражнениями. Также выполнялся динамический контроль

липидограммы крови и УЗДАС, проводилось наблюдение кардиолога и ангионевролога.

Оценка и анализ послеоперационных результатов проводилась по таким критериям как клиническое улучшение, величина и динамика дистанции безболевой ходьбы и ЛПИ, заживление трофических нарушений, первичная проходимость оперированного сегмента, сохранность оперированной конечности от ампутации, выживаемость. Первичная проходимость определялась как проходимость оперированного сегмента без признаков гемодинамически значимого рестеноза или необходимости повторного вмешательства. Осложнения в раннем послеоперационном периоде и смертность были определены как любое осложнение или смерть в течение 30 дней после операции. Сохранение конечности оценивалось в зависимости от выполнения большой ампутации (на уровне бедра или голени). Результаты лечения больных анализировались во время госпитализации, в раннем послеоперационном периоде (1 месяц после операции) и в позднем послеоперационном периоде (от 6 месяцев до 5 лет). Максимальный период наблюдения после эндоваскулярной реконструкции ГАБ составил 24 месяца. Оценка отдаленных результатов проводилась при обследовании пациентов в стационарных или амбулаторных условиях, часть пациентов была опрошена по телефону.

Сбор и оценка отдаленных результатов проводились посредством визитов больных в послеоперационном периоде, а также часть была опрошена по телефону. Анализ отдаленной проходимости реконструированного артериального сегмента, а также сохранности конечности и выживаемости осуществлялся с помощью метода Каплан-Мейера.

2.5. Статистическая обработка полученных результатов

Описательная статистика для количественных величин представлена в виде среднего значения и стандартного отклонения $M(SD)$, если соответствующее выборочное распределение согласовано с нормальным. В случае негауссовского распределение указывались медиана и межквартильный размах $Me (Q1-Q3)$. Качественные величины представлены в виде частоты и доли в процентах от размера выборки для соответствующего значения $n(m\%)$. Выживаемость изображалась при помощи кривой Каплана-Мейера.

Проверка гипотез для количественных величин для независимых осуществлялась при помощи t -критерия для нормальных и критерия Манна-Уитни для негауссовских распределений. Для зависимых выборок — при помощи парный t -критерий в случае нормальных и критерий Вилкоксона в случае негауссовских распределений. Нормальность проверялась при помощи критерия Шапиро-Уилка.

Для качественных независимых выборок использовались критерии хи-квадрат и точный критерий Фишера (для небольших выборок). Для качественных зависимых выборок применялся критерий МакНемара для таблиц 2×2 и критерий Стюарта-Маквелла для таблиц больших размерностей.

Во всех случаях порогом статистической значимости считалось значение $p=0,05$. Статистические расчеты проводились в программе R 4.1.2.

ГЛАВА 3. ТЕХНИКА ХИРУРГИЧЕСКОГО ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ ИШЕМИЕЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

3.1. Характеристика классической изолированной феморопрофундопластики и предложение по ее модификации

В настоящее время «золотым стандартом» выполнения ФПП является метод, предложенный Р. Martin и соавторами в 1968 году [112]. Выполняется артериотомия ОБА с переходом на ГАБ до уровня окончания атеросклеротического поражения в проксимальном отделе ствола, после чего выполняется прямая эндартерэктомия, а затем на место артериотомии вшивается аутовенозная заплата [28, 112] (рисунок 17).

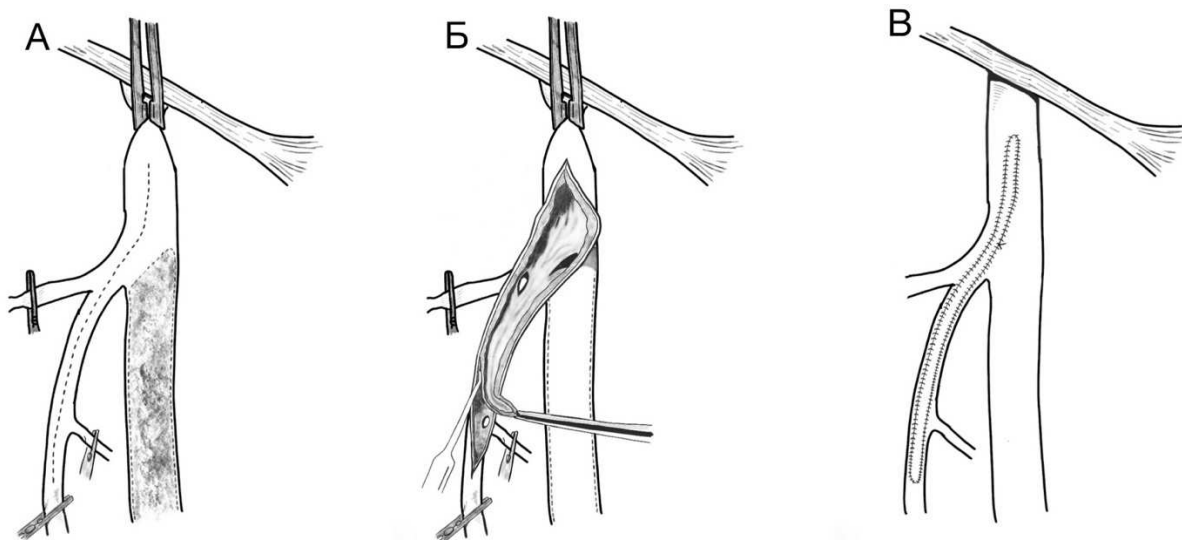


Рисунок 17 (А, Б, В). Классическая техника феморопрофундопластики по Р. Martin (1968 г.).

Для ГАБ чаще всего характерно поражение устья и проксимальных отделов. Однако в некоторых случаях стенотическое поражение имеет распространенный характер вплоть до перфорантных ветвей ГАБ. Для такого типа поражения была предложена модификация классической техники – расширенная или протяженная профундопластика, первоначально предложенной R. Berguer и L. Cotton в 1973 году, а затем модифицированной L. Cotton и V. Roberts в 1975 году. Авторы

предлагают проводить эндартерэктомию и пластику ГАБ до того участка, где стенки ГАБ мягкие и податливые, что составляет примерно от 5 до 15 см от устья [47].

Несмотря на предложенные модификации, результаты профундопластики в купировании симптомов ишемии по-прежнему остаются неоднозначными. Это связано в том числе с тем, что устранение атеросклеротического поражения самого по себе, не во всех случаях приводит к достаточному гемодинамическому улучшению.

Коллатерали геникулярной области, где, как правило, происходит сообщение с подколенно-берцовым сегментом («реципиентная зона») представляют область с высоким сопротивлением для кровотока из ГАБ [30]. В условиях подобного сопротивления возможно перераспределение кровотока в крупные огибающие ветки ГАБ, за счет чего происходит обкрадывание потока крови основного ствола артерии (рисунок 18).

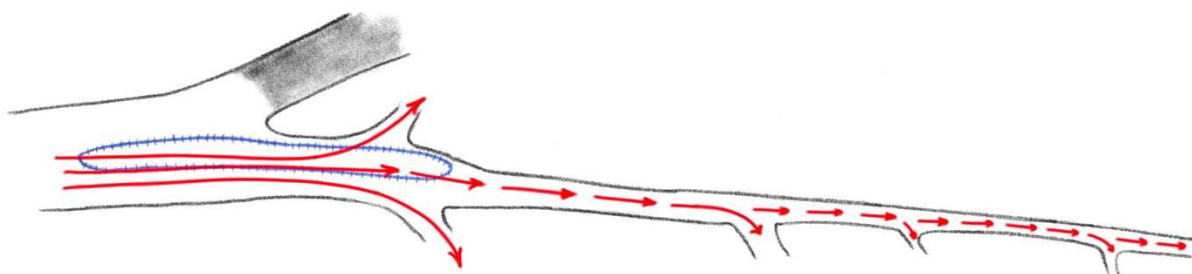


Рисунок 18. Схематическое изображение механизма обкрадывания кровотока ветвями глубокой артерии бедра при выполнении классической феморопрофундопластики.

Феномен обкрадывания ветвями основного ствола артерии описан при «коронарном обкрадывании» («coronary branch steal»). В случае стенозирования основного ствола коронарной артерии, происходит обкрадывание его дистального отдела за счет не стенозированных ветвей. Данный феномен подтвержден на основании как теоретических, так и экспериментальных моделей [30, 89]. При этом имеются наблюдения, когда после стентирования основного ствола коронарной

артерии, напротив, происходит обкрадывание его ветвей [74]. Данный механизм обкрадывания универсален для всех артериальных бассейнов. Так как ветви ствола глубокой артерии бедра преимущественно участвуют в кровоснабжении мышц бедра, подобным образом возможно обкрадывание дистального отдела ствола глубокой артерии бедра, участвующего в сообщении с реципиентной зоной, за счет проксимально расположенных его ветвей.

Для устранения подобного обкрадывания нами предложено выполнять профундопластику с такой протяженностью, чтобы диаметр ствола ГАБ превышал диаметр всех отходящих крупных веток ГАБ (латеральная и медиальная артерии, огибающие бедренную кость, первая перфорантная ветвь). Таким образом, протяженность профундопластики, по нашему мнению, для устранения возникающего гемодинамического сопротивления в основном стволе ГАБ и коллатералей реципиентной зоны и, как следствие, обкрадывания через проксимальные ветви ГАБ, должна быть выполнена дистальнее первой перфорантной ветви, независимо от распространенности атеросклеротического процесса в ней. Такая хирургическая техника была нами названа «поток-направляющая феморопрофундопластика» (ПНФПП) (рисунок 19) [30].

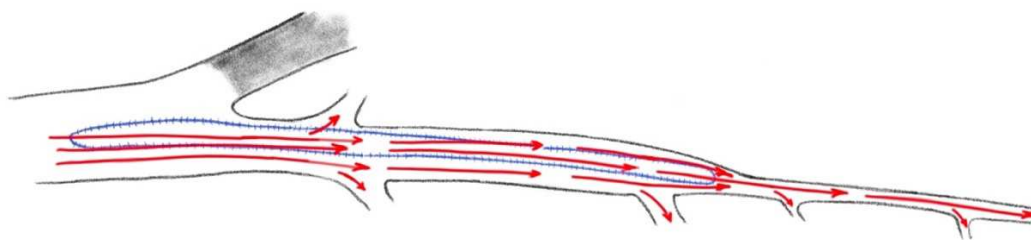


Рисунок 19. Схематическое изображение механизма нивелирования обкрадывания кровотока при выполнении поток-направляющей феморопрофундопластики.

3.2. Поток-направляющая феморопрофундопластика

Основным отличием ПНФПП от расширенной ФПП является то, что расширенная профундопластика выполняется только при наличии значимого атеросклеротического поражения ствола ГАБ, распространяющегося до перфорантных ветвей. Таким образом, нет показаний для выполнения расширенной профундопластики в отсутствие распространенного поражения ГАБ. Так как выполнение ПНФПП обусловлено необходимостью формирования потока крови по стволу ГАБ с целью избегания обкрадывания кровотока по его ветвям, показанием для использования этой методики будет являться гемодинамически значимое поражение ГАБ на любом из ее уровней, в том числе и только при приустьевом поражении [30]. Таким образом, наличие гемодинамически значимого стеноза ГАБ по одному из критериев по данным УЗДАС или ангиографии являлось показанием к проведению ПНФПП.

Операция выполнялась с применением регионарной анестезии. Перед операцией при помощи УЗДАС исследовалась БПВ с оценкой ее диаметра, клапанной состоятельности и варикозной трансформации. Предпочтение отдавалось БПВ в нижней трети голени на стороне оперируемой конечности, так как, как правило, в данной области вена имеет прочный фасциальный футляр, что снижает риски формирования аневризматического расширения в области пластики и разрыва заплаты в послеоперационном периоде. Кроме того, остается сохраненный проксимальный отдел ствола БПВ для возможных последующих шунтирующих вмешательств. Противопоказанием для выделения аутовенозного материала из дистального отдела голени являлась КИНК, ввиду длительного заживления раны в послеоперационном периоде и риском инфицирования. В таком случае проводилась оценка и забор аутовенозного материала с контрлатеральной конечности. В случае варикозной трансформации дистального отдела БПВ в качестве аутовенозного материала использовался один из проксимальных притоков БПВ (передняя или задняя добавочная БПВ). Критериями адекватного аутовенозного материала являлись диаметр не менее 4 мм и не более 6 мм,

отсутствие признаков варикозной трансформации, текущего или перенесенного тромбофлебита, клапанной несостоятельности в планируемом для резекции сегменте. У всех пациентов был найден адекватный аутовенозный материал согласно указанным критериям.

На операционном столе пациент находится в положении лежа на спине. Протяженности операционного поля должно быть достаточно для возможности сгибания конечности в колене и ротации бедра кнаружи. Для выделения ствола ГАБ выполнялся переднемедиальный доступ к стволу ГАБ на всем протяжении, который впервые описан F. Hershey и A. Auer в 1974 году и в настоящее время является стандартом для большинства реконструкций на ГАБ, в том числе и для ФПП [118]. При этом линия кожного разреза начинается на несколько сантиметров латеральнее линии Кена, чтобы избежать повреждения лимфатических узлов. Таким образом ГАБ может быть без особого труда выделена от устья на уровне бифуркации ОБА вплоть до ее дистальных ветвей. Кожный разрез проводится по линии, которая начинается на расстоянии двух пальцевых промежутков от передней верхней ости подвздошной кости и продолжается дистально к медиальной границе надколенника.

Сначала выделяются бедренные артерии в области бифуркации. Глубокая фасция рассекается, за которой определяется медиальный край портняжной мышцы, который отделяется от жировых тканей. Портняжная мышца отводится латерально, а жировые ткани – медиально. Таким образом, паховые лимфатические узлы не пересекаются и отсепааровываются кнутри, что уменьшается риск послеоперационной лимфорреи. Вскрывается сосудистый футляр, и выделяется ОБА от паховой связки до бифуркации. Важно не повредить боковые ветви, которые могут играть значительную роль в коллатеральном кровоснабжении, особенно латеральная артерия, огибающая бедренную кость. Бифуркация ОБА, как правило, лоцируется на 3–5 см ниже паховой связки. Дискретное уменьшение диаметра ствола может быть признаком начала ПБА. Устье ГАБ обычно располагается по заднелатеральной стороне ОБА. Его достаточно легко распознать, если ОБА и ПБА мягко отведены медиально и кпереди на резиновых держалках.

Глубокая фасция рассечена, после чего начинается выделение ГАБ. Первые 2 см она проходит кзади и латерально. На этом уровне одна или две сопутствующие вены, а также латеральная вена, огибающая бедренную кость, пересекают ствол ГАБ. Они перевязываются и пересекаются. Примерно в 3% случаях они проходят позади артерии и, если повреждаются, то могут вызвать проблемное кровотечение [118]. Устья медиальной и латеральной артерий, огибающих бедренную кость, обычно также располагаются на этом уровне ГАБ. Их следует выделять с осторожностью, так как мелкие артериальные ветви могут перекидываться через них. При продолжении выделения ГАБ дистальнее, прямая мышца бедра и портняжная мышца отводятся латерально. После первых 2 см, ГАБ изгибается медиально и продолжается дистальнее, слегка кзади и латеральнее от ПБА по передней поверхности гребенчатой и приводящих мышц. Глубокая бедренная вена пролегает перед ГАБ до ее соединения с бедренной веной. На этом этапе двигательные нервы портняжной мышцы и прямой мышцы бедра идентифицируются и отводятся вместе с мышцами. Двигательный нерв медиальной широкой мышцы проходит латеральнее вдоль ГАБ на протяжении первых 10 см. Дистальнее он лежит ближе к артерии, но по-прежнему может быть отведён латерально. Первая перфорантная ветвь отходит на 8–10 см ниже устья ГАБ, а вторая перфорантная ветвь легко идентифицируется на 2 см дистальнее. Примерно в 12–15 см от устья, ГАБ располагается позади длинной приводящей мышцы. Она может быть частично или полностью отведена кверху для дальнейшего выделения ГАБ. Третья перфорантная ветвь изолированно находится на этом уровне. Наиболее дистальная порция ствола ГАБ, в месте отхождения четвертой перфорантной ветви, находится вблизи шероховатой линии бедренной кости, позади большой приводящей мышцы, и не досягаема для передней-медиального доступа.

Параллельно с выполнением этапа доступа, ассистент выделяет участок БПВ на голени, что позволяет сэкономить время. После того как ОБА, ГАБ и ПБА выделены, они фиксируются на резиновые турникеты. Проводится системная гепаринизация, после чего производится пережатие сосудистыми зажимами ОБА и

ГАБ в месте наименьшего атеросклеротического поражения и кальциноза. При этом ветви артерий пережимаются зажимами типа «бульдог», что минимизирует риск их травмирования и посттравматической диссекции и окклюзии, которой они подвержены при использовании и затягивании резиновых турникетов (рисунок 20).



Рисунок 20. Выделение глубокой артерии бедра до второй перфорантной ветви, пережатие артерий.

После пережатия артерий проводится продольная артериотомия ОБА на несколько сантиметров проксимальнее бифуркации по верхнелатеральной стенке с переходом на ГАБ по середине верхней стенки на всем протяжении планируемой пластики, так, что дистальный край артериотомии должен заканчиваться дистальнее отхождения первой перфорантной ветви ГАБ. Как правило, она является последней наиболее крупной ветвью, которая может играть роль для обкрадывания кровотока основного ствола ГАБ.

При проведении стандартной феморопрофундопластики по классической методике, артериотомия выполнялась до уровня дистального края распространения атеросклеротического процесса, при этом зажим накладывался на участок артерии

с мягкими стенками. Как правило, в большинстве случаев протяженность атеросклеротического процесса ограничивалась устьем или проксимальным отделом ГАБ до уровня отхождения огибающих ветвей.

После артериотомии проводится ревизия просвета, лопаточкой производится эндартерэктомия выраженных атеросклеротических и кальцинированных дефектов с фиксацией не измененных стенок интимы отдельными узловыми швами (рисунки 21, 22).

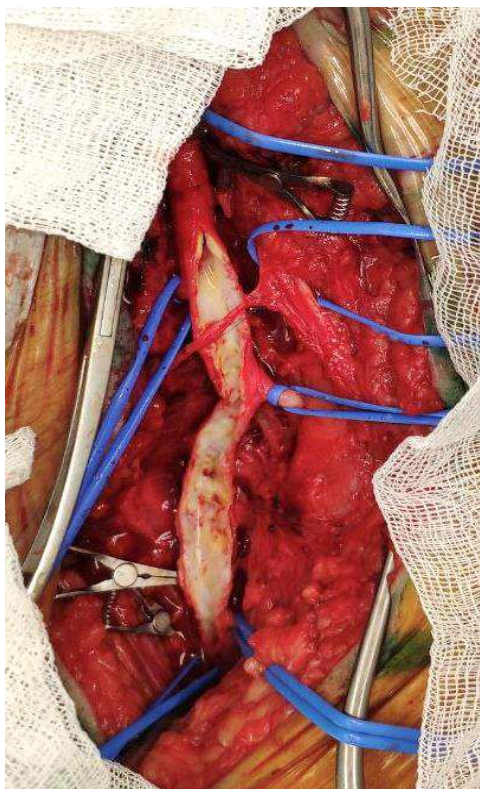


Рисунок 21. Вид артерий после эндартерэктомии.



Рисунок 22. Удаленный фрагмент атеросклеротической бляшки после выполненной эндартерэктомии.

При этом следует избегать выполнения тотальной эндартерэктомии. Приоритетным является сохранение среднего слоя артерии, во избежание оставления голой адвентиции, которая является наиболее слабой стенкой артерии и подвержена повышенному риску травматизации и разрыву как в раннем, так и в отсроченном периоде после пластики. У 3 пациентов этап эндартерэктомии не

выполнялся в связи с диффузным распространением атеросклеротического процесса, который не создавал гемодинамических препятствий для кровотока после выполнения пластики.

Выделенный участок аутовены реверсируется, рассекается продольно. Выполняется резекция имеющихся клапанов, иссечение углов и продольное иссечение так, чтобы исключить чрезмерного расширения участка пластики, а также зауживания в месте перехода ОБА в ГАБ. Аутовенозная пластика выполняется непрерывным швом атравматичной нитью Prolene 6\0, начиная с одного из краев артериотомии по парашютной методике (рисунок 23).



Рисунок 23. Вид артерий после выполненной поток-направляющей феморопрофундопластики.

После пуска кровотока проводится интраоперационная ангиография с оценкой проходимости зоны пластики в двух проекциях (прямая и косо-

латеральная), коллатералей ГАБ, дистального русла, а также подвздошного сегмента на стороне поражения (рисунки 24, 25, 26).



Рисунок 24. Ангиографический снимок после выполненной поток-направляющей феморопрофундопластики.

При этом, как это продемонстрировано на рисунках 25 и 26, особое внимание уделяется коллатералям ГАБ на бедре. Оценивается состоятельность «реципиентной зоны», а именно русла, способного воспринимать коллатеральный кровоток из бассейна ГАБ, включающего подколенную артерию, тibiоперонеальный ствол и проксимальные отделы берцовых артерий. Также проводилась ангиографическая оценка проходимости магистральных артерий на голени и стопе.

При удовлетворительном ангиографическом результате основной этап операции считается завершенным, проводится дренирование и зашивание ран.

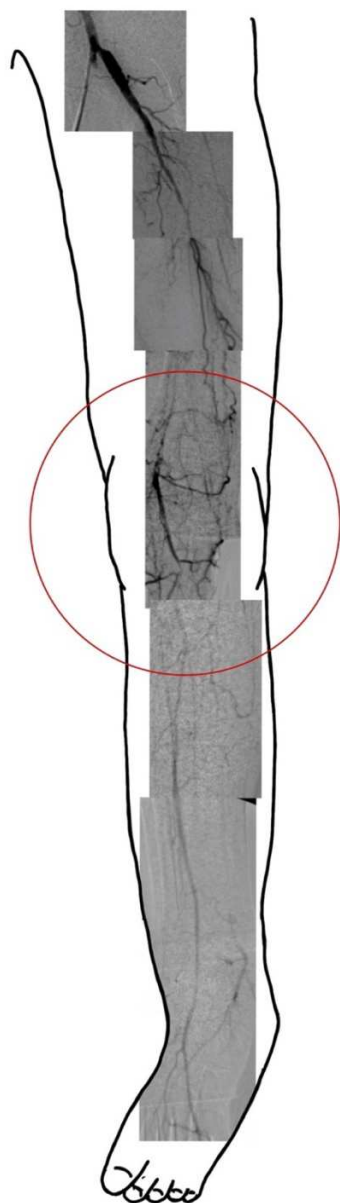


Рисунок 25. Ангиографический снимок нижней конечности демонстрирует сохраненную реципиентную зону (отмечена красным), которая представлена проходимой подколенной артерией, проксимальным отделом передней большеберцовой артерии, которая на стопе продолжается в виде артерии тыла стопы.



Рисунок 26. Ангиографический снимок нижней конечности демонстрирует отсутствие реципиентной зоны (отмечено красным). На голени имеется проходимая малоберцовая артерия, контрастирование которой начинается дистальнее границы реципиентной зоны.

Таким образом, техническое различие поток-направляющей феморопрофундопластики от классической заключается в протяженности аутовенозной пластики, другие этапы операции являются идентичными и поэтому не описываются отдельно для классической ФПП (рисунки 27, 28).

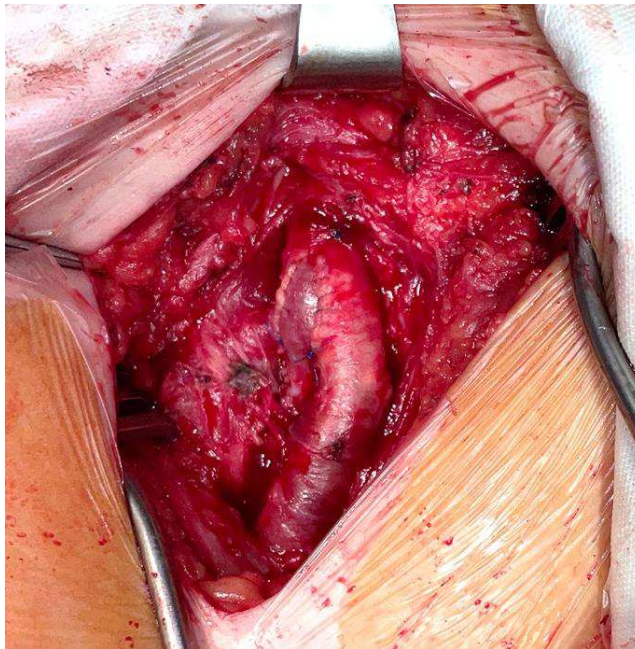


Рисунок 27. Вид артерий после выполненной классической феморопрофундопластики.



Рисунок 28. Ангиографическое изображение артерий после выполненной классической феморопрофундопластики.

3.3. Комбинированная феморопрофундопластика в рамках гибридной операции

В последнее десятилетие эндоваскулярное лечение при большинстве поражений подвздошного сегмента является методом выбора согласно последним рекомендациям Трансатлантического консенсуса (TASC II) [49, 90, 132, 188]. В рекомендациях Европейского общества кардиологов (ESC) в коллаборации с Европейским обществом сосудистых хирургов (ESVS) от 2017 года применение эндоваскулярных методов лечения является стратегией первой линии при любых стено-окклюзивных поражениях аорто-подвздошного сегмента, если операция выполняется опытной командой [32]. Это обосновано низким риском периоперационных осложнений и летальности, быстрым восстановительным периодом после операции и высокими результатами долгосрочной проходимости, сравнимыми с хирургическими методами лечения [49].

При сочетанном поражении подвздошных артерий на стороне пораженной конечности, в нашей работе ФПП выполнялась с проведением одномоментной эндоваскулярной реконструкцией на подвздошном сегменте в рамках одной операции.

Проходимость аорто-подвздошного сегмента оценивалась перед операцией по данным предоперационной ангиографии. При этом учитывался стеноз подвздошных артерий по диаметру. Если он составлял 70% и более, либо если имела место окклюзия, то это являлось показанием для интервенции.

Оценка по данным МСКТ-ангиографии иногда может быть затруднительна ввиду выраженного кальциноза стенок. В этом случае для уточнения степени поражения выполнялась интраоперационная ангиография в нескольких проекциях (как правило, в прямой и косо-медиальной) и принималось окончательное решение о необходимости вмешательства на подвздошном сегменте.

Операция выполнялась с применением регионарной анестезии в условиях гибридной операционной с использованием С-дуги «ОЕС Brivo 785» фирмы «General Electric» (США).

Этапы доступа, артериотомии, эндартерэктомии и аутовенозной пластики выполнялись по методикам, описанным ранее. При окклюзионном поражении подвздошных артерий всем пациентам на этапе аутовенозной пластики, не завершая ее на несколько сантиметров, выполнялась попытка тромбэктомии. Доступ для тромбэктомии использовался в месте артериотомии. Тромбэктомия выполнялась под рентген-контролем с использованием катетеров Фогарти. Для уменьшения риска повреждения интимы в подвздошных артериях и последующей диссекции, в ряде случаев перед тромбэктомией проводился проводник через зону окклюзии и выполнялась тромбэктомия по проводнику.

В случае если имело место поражение дистального отдела НПА, выполнялось расширение доступа проксимально, продление артериотомии с эндартерэктомией из дистального отдела НПА.

После попытки тромбэктомии завершался этап аутовенозной пластики, осуществлялся пуск кровотока.

По методике Сельдингера, как правило в области аутовенозной заплаты, неизменной стенки ОБА или проксимального отдела ПБА, ретроградно катетеризировалась ОБА с установкой интродьюсера (рисунок 29).

Выполнялась интраоперационная ангиография с окончательной оценкой проходимости подвздошного сегмента. Учитывались гемодинамически значимые стено-окклюзирующие участки и места диссекции интимы.

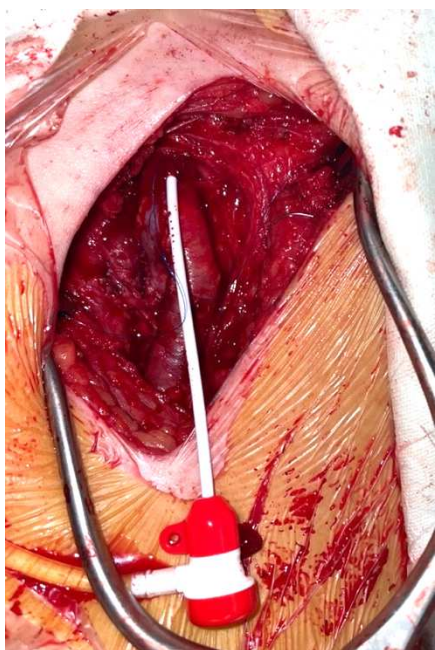


Рисунок 29. В область аутовенозной заплаты установлен интродьюсер для выполнения эндоваскулярного этапа операции на подвздошном сегменте.

После того, как установлен интродьюсер и выполнена ангиография, под рентген-контролем заводится проводник, и его кончик позиционируется в брюшной аорте. При неокклюзивном поражении подвздошного сегмента используются 0,035 негидрофильные проводники умеренной жесткости с модифицированным непрямым кончиком, для избегания субинтимального прохождения или прохождения через страты ранее имплантированного стента. Для прохождения окклюзированного участка предпочтительно использование гидрофильных 0,018 или 0,035 проводников различной жесткости, с использованием в качестве дополнительной поддержки диагностических катетеров. После прохождения проводником участка окклюзии, кончик диагностического катетера по проводнику заводится проксимальнее зоны окклюзии и выполняется ангиография, чтобы удостовериться в интралюминальном расположении кончика проводника и более четко визуализировать проксимальную границу окклюзии.

После того, как проводник проведен через зону поражения, выполняется основной этап эндоваскулярной части операции. При поражениях 70% и более, выполнялось стентирование пораженного участка (рисунок 30).

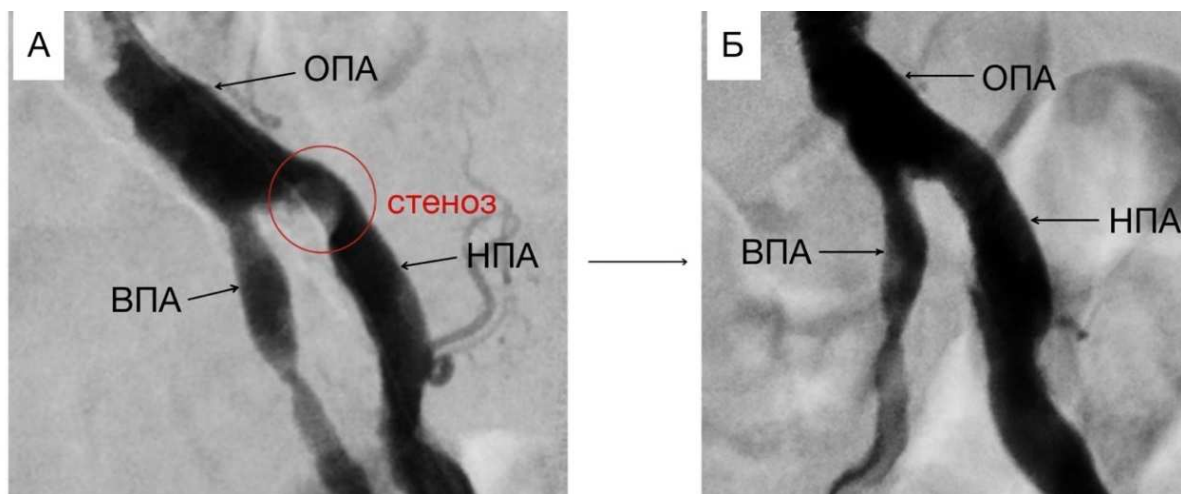


Рисунок 30 (А, Б). Ангиографические снимки до и после стентирования наружной подвздошной артерии.

В одном случае вмешательство на подвздошных артериях имело вторичный характер – ранее было выполнено стентирование НПА, и на момент лечения имелся

гемодинамически значимый рестеноз в стенке – была выполнена баллонная ангиопластика НПА катетером с лекарственным покрытием с соотношением диаметра с нативным просветом артерии 1:1. При окклюзирующем или субокклюзирующем поражении с целью безопасного проведения системы доставки со стентом производилась предварительно баллонная преддилатация участка с применением комплаентных баллонных катетеров с соотношением диаметра с нативным просветом артерии 0,5:1.

Стентирование осуществлялось с использованием нитиноловых баллонорасширяемых и самораскрывающихся стентов. При стентировании общей подвздошной артерии (ОПА) предпочтение отдавалось баллонорасширяемым стентам как стентам с более устойчивой радиальной силой. При этом если участок поражения располагался в области бифуркации аорты, то процедура проводилась с защитой контрлатеральной стороны. Через пункционный паховый доступ с противоположной стороны устанавливался интродьюсер, и в контрлатеральную ОПА заводился баллонный катетер диаметром в соотношении с нативной артерией 1:1, который раскрывался параллельно со стентом (методика «kissing»).

Как правило, диаметр стента соответствовал диаметру нативного просвета артерии, за исключением выраженного кальциноза стенок артерий, когда диаметр стента подбирался на 1–0,5 мм меньше нативного диаметра артерии, во избежание разрыва стенки, экстравазации и развития кровотечения с забрюшинной гематомой. Длина стента должна быть достаточной и подобрана с учетом захвата неизмененных участков проксимальнее и дистальнее зоны поражения. В отличие от ОПА, НПА зачастую имеет извитую анатомию, поэтому при поражении этой артерии, как правило, использовались самораскрывающиеся стенты, как обладающие большей гибкостью, и которые возможно имплантировать в условиях извитой анатомии. Критерии подбора размера стента те же, что и при использовании баллонорасширяемого стента. После имплантации самораскрывающегося стента обязательно выполнялась его постдилатация баллонным катетером диаметром 1:1.

При контрольной ангиографии после имплантации стента оценивалась его проходимость на предмет фиксации проксимальной и дистальной корон стента, наличия рестенозов и диссекции интимы, а также проходимость бифуркации ОБА, ГАБ и ее ветвей. При удовлетворительном ангиографическом результате удалялись поочередно проводник и интродьюсер с ушиванием пункционного отверстия нитью Prolene 6/0, после чего выполнялись завершающие этапы операции.

3.4. Эндovasкулярные операции на глубокой артерии бедра

Эндovasкулярные вмешательства на ГАБ выполнялись в условиях гибридной операционной как с использованием С-дуги «ОЕС Brivo 785» фирмы «General Electric» (США), так и при работе с гибридной ангиографической системой «INFX-8000С» фирмы Toshiba (Япония).

Все эндovasкулярные операции выполнялись с применением местной анестезии в области доступа. В качестве доступа, как правило, использовалась левая плечевая артерия, реже контрлатеральная ОБА. Под УЗ-контролем выполнялся пункционный доступ по методу Сельдингера и после того, как установлен интродьюсер и осуществлена системная гепаринизация, под рентген-контролем с поддержкой диагностического катетера проводник заводился в ствол ГАБ, при этом кончик проводника позиционировался дистальнее первой перфорантной ветви.

Перед ангиопластикой выполнялся контрольный ангиографический снимок в двукратном увеличении в прямой и косо-латеральной проекциях, после которой окончательно оценивалась протяженность поражения ствола ГАБ. При этом оценивалось поражение на всем протяжении ствола вплоть до четвертой перфорантной ветви. Для БАП использовались как некомплаентные, так и комплаентные баллонные катетеры, а также баллонные катетеры с лекарственным покрытием Паклитаксел. Предпочтение отдавалось использованию некомплаентных баллонов, так как они менее способны провоцировать диссекцию интимы, которой предрасположены артерии бедренного сегмента. Диаметр

баллонного катетера подбирался в соответствии среднему диаметру ствола ГАБ 1:1, учитывая, что он несколько уменьшается дистальнее от устья. При значительной разнице в диаметрах областей ствола ГАБ, на которых планировалось вмешательство, в некоторых случаях использовались баллонные катетеры нескольких размеров, так как недопустимо применение баллонных катетеров со значительным превышением диаметра нативного просвета артерии (более 1 мм), чтобы не спровоцировать диссекцию интимы. Длина баллонного катетера подбиралась в соответствии с длиной поражения ствола ГАБ, при этом процедура технически позволяла выполнение интервенции на всех уровнях ствола ГАБ. БАП выполнялась с экспозицией раскрытого баллона полторы минуты и три минуты при использовании баллона с лекарственным покрытием. При выполнении БАП с БКЛП предварительно проводится преддилатация области стеноза простым непокрытым баллонным катетером. После БАП выполнялась контрольная ангиография с возможной повторной БАП при недостаточно удовлетворительном ангиографическом результате, сохранении стенозов или появлении признаков диссекции интимы (рисунок 31).

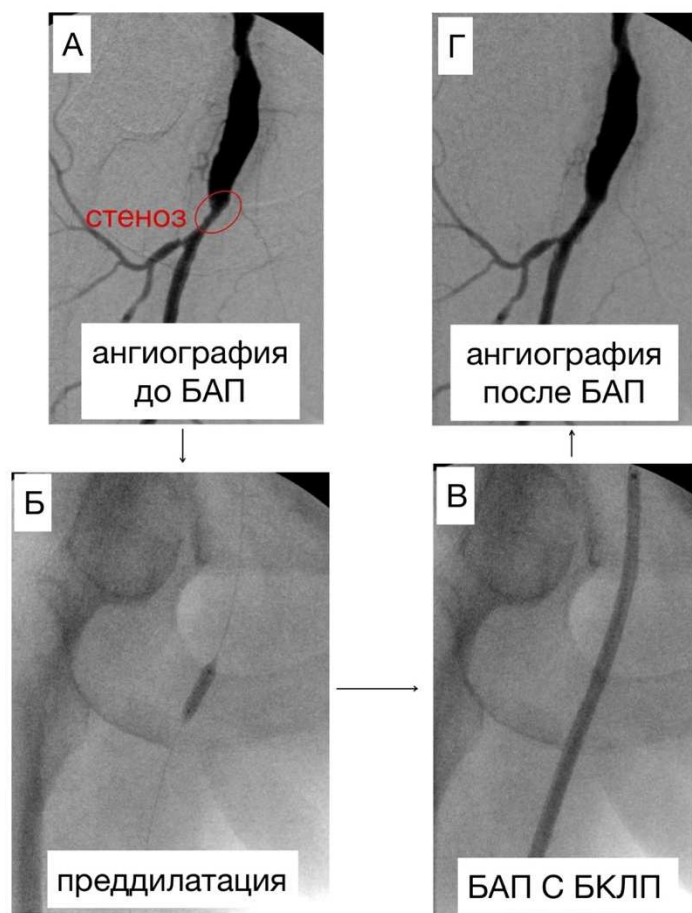


Рисунок 31 (А, Б, В, Г). Ангиографические снимки баллонной ангиопластики (БАП) глубокой артерии бедра с баллонным катетером с лекарственным покрытием (БКЛП).

В одном случае было выполнено стентирование приустьевого отдела, устья ствола ГАБ и дистального отдела ОБА. При этом поражение локализовалось исключительно в приустьевом участке ГАБ. Начальные этапы интервенции аналогичные, как при БАП. Интервенция проводилась под ангиографическим контролем в косо-латеральной проекции, так, чтобы была полностью визуализирована бифуркация ОБА и приустьевой отдел ГАБ, без наложения изображений ПБА и ГАБ друг на друга. Для стентирования использовался саморасправляющийся нитиноловый стент, так как зона бифуркации ОБА является мобильной и постоянно участвует в движениях со стороны бедренной области, что при использовании баллонорасширяемого стента может спровоцировать его деформацию и деструкцию. Диаметр стента подбирался исходя из максимального диаметра приустьевого отдела ГАБ 1:1. После установки стента выполнялась баллонная постдилатация области стентирования баллонным катетером с диаметром 1:1. При контрольной ангиографии оценивалась проходимость стента, наличие рестенозов и признаков диссекции интимы, и при удовлетворительном ангиографическом результате операция считалась завершённой, проводилось извлечение инструментов, интродьюсера и мануальный гемостаз (рисунок 32).

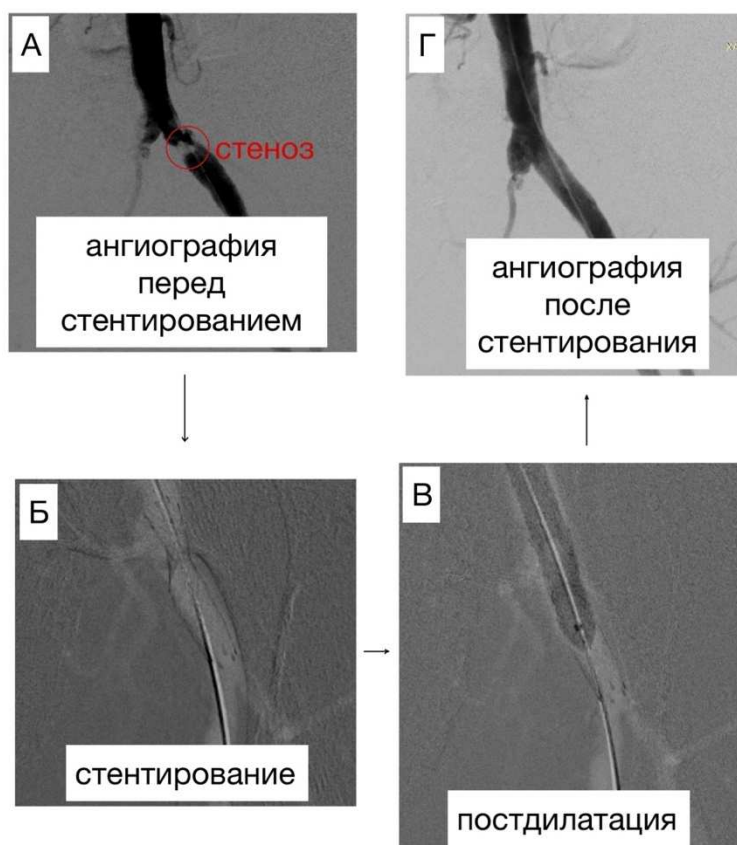


Рисунок 32 (А, Б, В, Г).
 Ангиографические снимки
 стентирования глубокой артерии
 бедра саморасправляющимся
 нитиноловым стентом.

Так как плечевая артерия более подвержена развитию пульсирующих гематом в месте пункции, непосредственно после гемостаза в области плечевой артерии проводился УЗ-контроль места пункции с оценкой наличия гематомы и кровотока в ней, экстравазации из места пункции, характера кривой кровотока на плечевой артерии и артериях предплечья в области запястья. На сутки накладывалась давящая повязка, после снятия которой повторно проводилась оценка места пункции по УЗДАС.

ГЛАВА 4. НОВЫЙ СПОСОБ ЛЕЧЕНИЯ ПОСКАТЕТЕРИЗАЦИОННОЙ ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ ГЕМАТОМЫ МЕТОДОМ ВРЕМЕННОЙ ЧРЕСКОЖНОЙ ЭМБОЛИЗАЦИИ ПРОВОДНИКОМ

4.1. Актуальность, эпидемиология, существующие современные методы лечения посткатетеризационной пульсирующей гематомы

Посткатетеризационная пульсирующая гематома (ПГ) возникает в случае неадекватного закрытия постпункционного дефекта в стенке артерии [160]. Через образовавшийся дефект кровь распространяется в окружающие ткани, формируется полость без отграничивающих ее стенок и капсулы, вследствие чего она имеет тенденцию к быстрому прогрессированию. ПГ состоит из перфузируемой полости, соединяющейся с питающей артерией посредством «шейки», и ее стенки представлены гематомой и окружающими тканями (рисунок 33) [84, 150, 160].

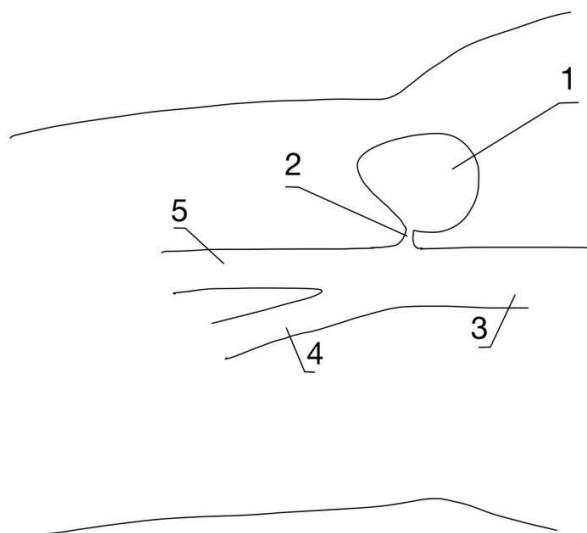


Рисунок 33. Схематическое изображение посткатетеризационной пульсирующей гематомы общей бедренной артерии – общий вид, где: 1 – полость пульсирующей гематомы; 2 – «шейка» пульсирующей гематомы; 3 – общая бедренная артерия; 4 – глубокая артерия бедра; 5 – поверхностная бедренная артерия.

В медицинской литературе нет общепринятого термина для данного вида осложнений. Так, в русскоязычной литературе термин «пульсирующая гематома» употребляется, если идет речь о раннем послеоперационном периоде, когда у ПГ не сформирована капсула. Примерно через 10–14 суток из окружающих полость тканей начинает формироваться соединительно-тканная капсула. В случае образования капсулы данное образование определяется как «ложная аневризма», так как отграничивающие стенки не имеют истинных слоев артерии. Отсутствие четких временных рамок для формирования ложной аневризмы часто приводит к разному трактованию диагноза и трудностям в правильном выборе тактики лечения [5]. В то же время в англоязычной литературе нет разделения данных терминов в зависимости от сроков формирования, они объединены одним термином «ложная аневризма» или «псевдоаневризма».

ПГ является одним из наиболее частых осложнений эндоваскулярного доступа и встречается в 0,2–4,9% случаев [82, 95, 101, 102, 163]. С увеличением частоты выполнения эндоваскулярных операций и использованием интродьюсеров большего диаметра, частота данного осложнения может достигать 6–8% [46, 84, 119]. ПГ бедренной артерии составляют от 0,6% до 6% [35, 81, 101, 109], при этом факторами риска являются антикоагулянтная терапия, большой размер интродьюсера (7 Fr и более), артериальная гипертензия, ожирение, неправильная техника пункции, неадекватная мануальная компрессия после удаления интродьюсера, кальциноз стенки артерии, одновременная артериальная и венозная пункция, женский пол [35, 95, 109, 124].

Различные варианты поверхности плечевой кости, а также подвижность плечевой артерии могут осложнить выполнение ее мануальной компрессии [84, 158], что по некоторым данным увеличивает частоту возникновения ПГ плечевой артерии до 11% [35, 76, 78, 183]. Также в качестве факторов риска упоминаются женский пол и большая длина интродьюсера (более 10 см). Вероятно, это связано с более тонкой и ранимой стенкой артерии, а также большее усилие, которое необходимо прилагать для проведения длинного интродьюсера через артерию [35].

УЗДАС является методом выбора в диагностике ПГ. Чувствительность УЗДАС в диагностике периферических ложных аневризм составляет между 94% и 97% [48, 84, 124].

Несмотря на то, что большинство малых ПГ (менее 2-3 см в диаметре) склонны тромбироваться самостоятельно в течение 4 недель, их спонтанное разрешение остается непредсказуемым, и выбор наблюдательной тактики может ограничивать пациента в активности и продлить сроки госпитализации [84, 97, 120, 173]. Разрыв ПГ может привести к фатальному кровотечению, если оно разовьется ретроперитонеально [33, 84]. Другими осложнениями ПГ являются боль, прогрессирующий рост, инфицирование, кожный некроз, компрессионная нейропатия, ишемия дистального отдела конечности [67, 77, 84, 108].

Хирургическое лечение ПГ долгое время являлось «золотым стандартом». Несмотря на то, что данный метод представляет собой высокоэффективным и надежным (достигает 100%), но он также является относительно дорогим и связан с периоперационными рисками, особенно для коморбидных пациентов. Риск послеоперационных осложнений составляет около 20% и включает развитие кровотечения (7,4%), невралгию (5,2%), смерть (2,1%), осложнения местного характера [84, 109, 122, 144]. Из-за гематомы хирургическое выделение ПГ зачастую является затруднительным, требуется выполнение сосудистого шва в области дефекта стенки артерии или пластика заплатой. Учитывая ограничения хирургического лечения, показанием для хирургии, как правило, служит развитие гемодинамически значимого кровотечения или шока с быстро прогрессирующей гематомой, риск некроза кожи вследствие давления гематомы или присоединение инфекции [122, 155, 172].

В настоящее время малоинвазивные методы лечения являются основным выбором при осложнениях эндоваскулярного сосудистого доступа [122]. В. Felmeth и соавторы впервые описали в 1991 году технику компрессии шейки ПГ ультразвуковым датчиком (КУД), которая у большинства пациентов позволяет избежать оперативного лечения и является наиболее простым и доступным неинвазивным способом [70, 93]. Однако данная техника имеет ряд недостатков,

таких как длительность, болезненность, неудовлетворительные результаты у пациентов, получающих антикоагулянтную терапию, а также у пациентов с некомпенсируемой датчиком шейкой ПГ [93]. При этом частота неэффективности составляет от 10 до 35% [66, 70, 84, 116, 135, 136, 156, 176]. Хотя КУД признана безопасным методом, сообщается о возникновении осложнений в 3,6% по данным L. Eisenberg и соавторов, среди которых описывают острое расширение ПГ, разрыв, вазовагальная реакция, флеботромбоз, острая артериальная гипертензия, стенокардия [66, 84]. Также описан единичный случай тромбоза общей бедренной артерии [70, 84].

В 1996 году был разработан новый метод лечения посткатетеризационной ПГ общей бедренной артерии, который заключается в инъекции тромбина (ИТ) в полость ПГ [92, 93]. В последующем данная методика была описана для ПГ других локализаций, в том числе для плечевой, подключичной, лучевой, поверхностной бедренной, задней большеберцовой артерий. Данный метод показал высокую эффективность (86–97%), не требует компрессии датчиком, отмены антитромботической терапии, анальгезии, седации и эффективен при широкой шейке ПГ [93]. Несмотря на то, что метод ИТ признан безопасным, описан ряд осложнений, кроме того, описаны редкие случаи дистальной эмболии тромбином и тромбоз дистального артериального сегмента (0,01%). Данные случаи относились к тромбозу плечевой артерии, что связывали со сравнительно небольшим диаметром артерии. В связи с этим в литературе ставится под сомнение применение данной методики для ПГ артерий малого диаметра, в частности для плечевой артерии [93]. Описан единичный случай тромбоза ОБА после ИТ [70]. Среди других осложнений ИТ отмечают гипотензию и брадикардию, кровотечение (вследствие приобретенного ингибирования XI фактора антикоагуляции как проявление вторичной аутоиммунной перекрестной реактивности к бычьему протромбину) [122, 140]. Из-за указанных рисков предпочтение отдается человеческому тромбину, который отличается существенной дороговизной [122, 180]. Кроме того, ИТ по-прежнему остается методикой off-label, так как тромбин

рекомендован только для местного гемостатического лечения, но не для инъекций [102].

Эндоваскулярное лечение ПГ заключается в транскатетерной эмболизации полости спиралями, что может иметь потенциальные ограничения в виде чрезмерного давления на окружающие ткани, что может привести к некрозу и инфицированию [84, 107, 116]. Также возможно эндопротезирование питающей артерии стент-графтом, таким образом, перекрывая шейку и провоцируя тромбоз ПГ [84, 150]. Для исключения возможной дистальной эмболизации при ИТ описан метод инфляции баллонного катетера в просвете питающей артерии во время инъекции [88]. Ограничения эндоваскулярного лечения ПГ связаны с дороговизной и необходимостью использования контрастного вещества, воздействием ионизирующего излучения, неблагоприятной анатомией, риском деформации стент-графта, в особенности, если он расположен в месте сгиба бедра, а также, в некоторых случаях, невозможность использовать артерию в качестве эндоваскулярного доступа в последующем [33, 84].

В литературе описаны также и другие способы лечения ПГ, такие как чрескожная инъекция коллагена под ультразвуковым контролем, компрессия за счет создания тумесцента из физиологического раствора вокруг шейки ПГ, чрескожное введение n-бутил цианоакрилата под флюороскопическим контролем, окклюзия шейки ПГ за счет использования чрескожных зашивающих устройств [54, 85, 88, 131, 139, 165]. Однако они в настоящий момент не нашли широкого применения в связи с риском возникновения осложнений и низкой доступностью.

В связи с этим, предложен новый способ лечения ПГ методом временной чрескожной эмболизации проводником (ЧЭП).

4.2. Техника временной чрескожной эмболизации проводником посткатетеризационной пульсирующей гематомы

Проведение ЧЭП возможно в условиях перевязочной или палаты. Область ПГ обрабатывается раствором антисептика, поле вмешательства обкладывается стерильным материалом. На ультразвуковой линейный датчик одевается стерильная перчатка или стерильный чехол. Во время УЗДАС поле вмешательства поливается раствором хлоргексидина или другого антисептика или стерильным физиологическим раствором.

Проводится УЗДАС области ПГ, питающей артерии и ее ветвей, осматриваются окружающие ткани, другие близлежащие сосуды и нервы, в том числе на предмет наличия артериовенозной фистулы. Оценивается размер ПГ по наибольшему диаметру, наличие дополнительных полостей, лоцируется шейка ПГ с оценкой ее длины и ширины. В режиме цветного и волнового доплера оценивается характер кровотока в полости, дополнительных камерах и шейке, а также в питающей артерии и ее дистальных ветвях.

При ультразвуковом сканировании ПГ выводится в поперечном сечении в проекции середины ее полости. Для чрескожной пункции применяется игла 21G или игла большего размера. Кожная пункция иглой проводится без использования местной анестезии, при этом выраженных болезненных ощущений во время проведения процедуры, требующих обезболивания, у пациентов не отмечается. После кожной пункции под УЗ-контролем в В-режиме лоцируется кончик иглы, который затем располагается над серединой верхней стенки полости ПГ, после чего выполняется ее пункция (рисунок 34).

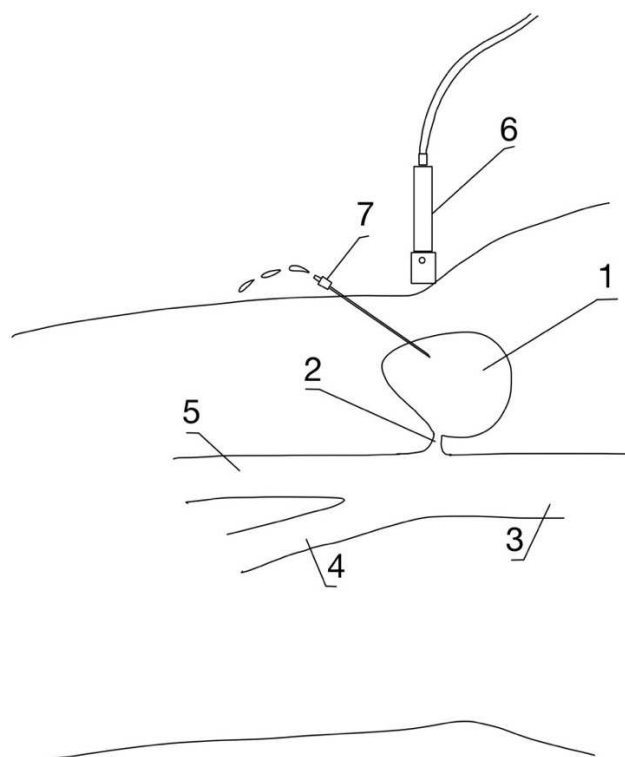


Рисунок 34. Схематическое изображение пункции полости пульсирующей гематомы под УЗ-контролем, где: 1 – полость пульсирующей гематомы; 2 – «шейка» пульсирующей гематомы; 3 – общая бедренная артерия; 4 – глубокая артерия бедра; 5 – поверхностная бедренная артерия; 6 – ультразвуковой линейный датчик; 7 – пункционная игла.

Из канюли иглы появляется пульсирующий кровоток, в неё заводится нитиноловый 0,018 проводник без гидрофильного покрытия с гибким кончиком на протяжении от 5 до 10 см, в зависимости от размера полости. Предпочтительно выбрать направление иглы, не совпадающее с направлением канала шейки ПГ, чтобы избежать риск попадания проводника в питающую артерию. Под УЗ-контролем наблюдается сворачивание проводника в полости, после чего игла удаляется без проводника (рисунок 35).

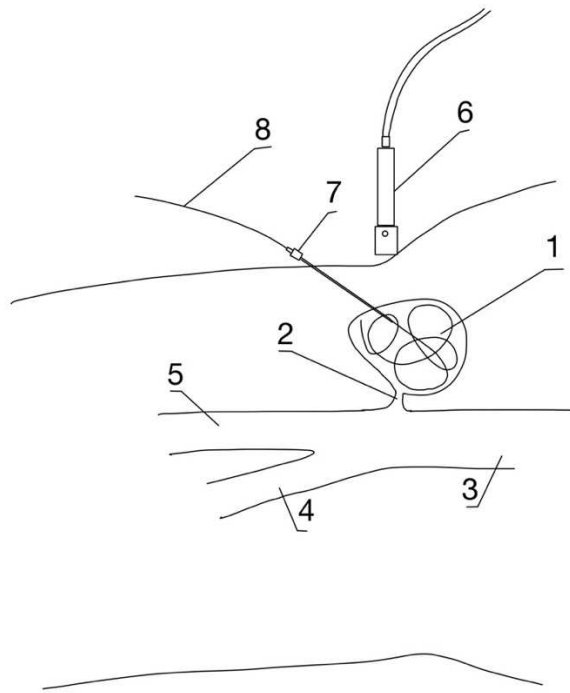


Рисунок 35. Схематическое изображение заведения проводника в полость пульсирующей гематомы через пункционную иглу, сворачивание проводника в полости, где: 1 – полость пульсирующей гематомы; 2 – «шейка» пульсирующей гематомы; 3 – общая бедренная артерия; 4 – глубокая артерия бедра; 5 – поверхностная бедренная артерия; 6 – ультразвуковой линейный датчик; 7 – пункционная игла; 8 – проводник.

В таком состоянии в полости ПГ повышается тромбогенность за счёт уменьшения перфузируемого объема, снижения скорости кровотока, тромбогенной поверхности проводника. ПГ находится под постоянным УЗ-наблюдением, компрессия датчиком полости и шейки ПГ возможна для ускорения тромбообразования, но не обязательна. В случае, если компрессия датчиком сопровождается выраженным болевым синдромом, возможно создание умеренного давления датчиком с неполным перекрытием шейки. Получение пациентом антитромботической терапии не ограничивает проведение процедуры. Как правило, в среднем необходимо от 5 до 15 минут для полного тромбоза полости, шейки и добавочных камер ПГ, после чего проводник удаляется (рисунок 36).

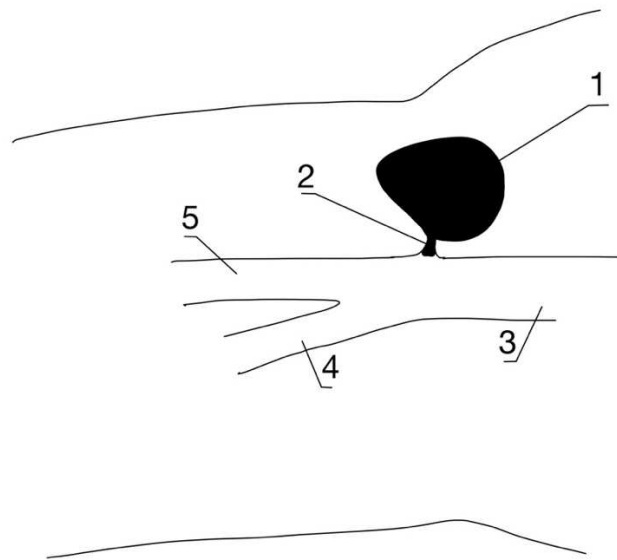


Рисунок 36. Схематическое изображение тромбоза полости и шейки пульсирующей гематомы после проведенной временной чрескожной эмболизации проводником, проводник удален: 1 – полость пульсирующей гематомы; 2 – «шейка» пульсирующей гематомы; 3 – общая бедренная артерия; 4 – глубокая артерия бедра; 5 – поверхностная бедренная артерия.

Пациенту не отменяется и не сокращается антитромботическая терапия, на первые сутки после процедуры на область гематомы накладывается давящая повязка с умеренным давлением, пациенту рекомендуется сохранять покой. На 1-е и 7-е сутки выполнялся ультразвуковой контроль области ПГ, питающей артерии и ее дистальной ветвей.

4.3. Результаты клинического исследования

В период с января 2020 года по декабрь 2021 года в отделении сосудистой хирургии ФГБУ СЗОНКЦ им. Л.Г. Соколова ФМБА было выполнено 272 чрескожных эндоваскулярных доступа у 260 пациентов (178 мужчин (68%) и 82 женщины (32%)). Средний возраст составил 63,14 года (53 - 79 лет). 256 доступов (94%) выполнено через общую бедренную артерию и 18 (6%) - через плечевую артерию. Среди них 221 случай (81%) оперативного лечения и 51 (19%) диагностических ангиографий. Для доступа применялись интродьюсеры размером

от 4 до 8 Fr. ПГ была диагностирована в 7 случаях (2,6%) у 7 пациентов (2 мужчин (29%) и 5 женщин (71%)), 3 ПГ ОБА (43%) и 4 ПГ плечевой артерии (ПЛА) (57%). Во всех случаях ПГ возникла после оперативного лечения. В одном случае - после тромболитической терапии, которая проводилась в течение 24 часов, при этом интродьюсер 4 Fr был удалён через 3 часа после окончания тромболитической терапии. Всем пациентам после удаления интродьюсера гемостаз выполнялся методом мануальной компрессии с последующим наложением давящей повязки на сутки с рекомендацией соблюдения постельного режима. Все пациенты в послеоперационном периоде получали антикоагулянтную терапию в профилактическом, промежуточном или лечебном режиме, а также моноантиагрегантную терапию, при этом часть из них получала двойную антиагрегантную терапию, в частности 2 пациентов с ПГ. Всем пациентам после удаления интродьюсера из ПЛА выполнялся контроль УЗДАС непосредственно после мануальной компрессии (перед наложением давящей повязки), на следующие сутки после вмешательства (после удаления давящей повязки) и далее в зависимости от объективных клинических данных (наличие болезненного плотного, пульсирующего образования) и жалоб пациента (сохранение болевого синдрома в области пункции). УЗ-контроль после бедренного доступа выполнялся по клиническим показаниям (объективные данные и жалобы пациента). Динамический УЗ-контроль после проведения ЧЭП осуществлялся на 1 и 7 сутки. У 5 пациентов ПГ была обнаружена на 1 сутки после вмешательства после удаления давящей повязки. В 1 случае была выявлена ПГ ПЛА на 4 сутки после операции, и 1 ПГ ОБА возникла на 6 сутки после операции. Размер ПГ оценивался по максимальному диаметру основной полости и составлял от 20 мм до 85 мм. Размеры шейки учитывались по ее ширине, которая составила от 2 мм до 5 мм. ПГ были разделены на однокамерные (с одной основной полостью) (6 случаев) и многокамерные (с наличием дополнительных полостей, сообщающихся с основной полостью) (1 случай). В 1 случае на 6 сутки послеоперационного периода диагностирована ПГ ОБА с распространением выше паховой связки на подвздошную область, с наличием обширного нарастающего экхимоза подкожно-

жировой клетчатки, сопровождающаяся значимым падением гемоглобина и развитием постгеморрагической анемии тяжёлой степени тяжести. В то же время этот пациент имел дебют новой коронавирусной инфекции с положительным ПЦР тестом в день выявления ПГ и с развитием в последующем двухсторонней вирусной пневмонии. За исключением остальных пациентов с ПГ, данному пациенту была отменена антикоагулянтная терапия на 2 суток с последующим ее продолжением в профилактическом режиме.

ЧЭП ПГ выполнена первично в 5 случаях и в 2 случаях после неэффективной КУД. При этом в 1 случае после КУД наблюдалось прогрессирование размера ПГ ПЛА с 30 мм до 52 мм. Во всех случаях был достигнут тромбоз основной и добавочных полостей ПГ во время ЧЭП. Не было выявлено ни одного случая рецидива ПГ за период динамического наблюдения. Время, которое требовалось для тромбоза ПГ от заведения до удаления проводника, составило от 5 до 40 минут (среднее время 15 минут). Среднее время всей процедуры составило 30 минут (от 8 до 39 минут). В одном случае имело место образование дополнительной полости ПГ ПЛА, возникшее после заведения проводника в основную полость. Образовалась дополнительная полость в подкожно-жировой клетчатке с максимальным диаметром 43 мм (при максимальном диаметре основной полости 20 мм) с шейкой в месте пункции иглой. Было решено удалить иглу с проводником и повторно выполнить пункцию основной полости рядом с местом предыдущей. Время, которое потребовалось для тромбоза ПГ было значительно больше, чем при выполнении ЧЭП неосложненной ПГ и составило 40 минут. Кроме того, удлинению времени тромбообразования могла способствовать широкая шейка основной полости ПГ (5 мм). В этом же случае по окончании ЧЭП наблюдался остаточный кровоток в шейке (неполный тромбоз шейки), который на 7 сутки тромбировался самостоятельно. Один пациент умер вследствие возникшей острой сердечно-сосудистой недостаточности в период госпитализации через 10 суток после выполнения ЧЭП, однако летальный исход не был связан с ПГ и ЧЭП.

Предложенный новый метод лечения ПГ в виде чрескожного временного введения под УЗ-контролем проводника в полость ПГ имеет преимущества перед

существующими методами. Он не требует проведения анестезии, отмены антикоагулянтной терапии, дополнительная компрессия датчиком не обязательна, при этом, как правило, тромбоз полости наступает за значительно меньшее время, чем при других методах (за исключением метода ИТ). Расходный материал (игла и проводник) относительно не дорогие, кроме того, проводник возможно использовать повторно после адекватной стерилизационной обработки. В нашем исследовании эффективность метода составила 100%, при этом в него включены случаи ПГ большого размера (более 5 см в диаметре), с широкой шейкой (4 мм и более в ширину), многокамерные ПГ, а также учитывались ПГ после применения больших интродьюсеров (7 Fr и более). Среди осложнений и побочных эффектов ЧЭП было выявлено в одном случае прогрессирование ПГ в виде формирования добавочной полости (купировано повторной ЧЭП основной полости ПГ), также в одном случае был отмечен неполный тромбоз шейки ПГ (самостоятельное разрешение в течение периода наблюдения). Не было выявлено случаев рецидива ПГ за период наблюдения. За счёт инвазивности метода возможным ограничением для его применения может быть близлежащая локализация синтетического шунта, что является риском инфицирования. В настоящей работе не изучалось применение ЧЭП у пациентов с синтетическими шунтами.

Данное исследование имеет ограничения в виде небольшого количества наблюдений, и отчасти оно несёт ретроспективный характер.

ГЛАВА 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ ИШЕМИЕЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

Оценка результатов комплексного лечения больных проводилась во время госпитализации, в раннем послеоперационном периоде (1 месяц после операции) и в позднем послеоперационном периоде. Всего было выполнено 99 реконструктивных хирургических вмешательств на артериях подвздошно-бедренного и бедренного сегментов с реваскуляризацией конечности через ГАБ. Оценка отдаленных результатов проводилась при обследовании пациентов в стационарных или амбулаторных условиях, часть пациентов была опрошена по телефону.

Во время проведения операции учитывались следующие параметры: длительность операции, длина аутовенозной пластики, общий объем кровопотери. Средняя длительность операции составила 210 (195–225) минут. Средний объем интраоперационной кровопотери был 180 (165–195) мл. При этом следует отметить то, что эндоваскулярные вмешательства сопровождались минимальной кровопотерей, не превышающей 20 мл за операцию. Средняя протяженность аутовенозной пластики составила 7 (5,00–10,00) см. При выполнении поток-направляющей феморопрофундопластики во всех случаях протяженность пластики была более 10 см, а наибольшая длина пластики была 15 см.

Средняя продолжительность госпитализации в послеоперационном периоде составила 7 (6,00–8,00) суток. В 30-дневный период от момента операции осложнения развились у 8 пациентов (8,1%), 2 из которых потребовали повторных экстренных операций ввиду развившегося кровотечения из области аутовенозной пластики ГАБ. После повторных операций у одного пациента развился острый инфаркт миокарда, и один пациент скончался вследствие острой сердечно-сосудистой недостаточности (табл. 2).

Таблица 2 – Осложнения в раннем послеоперационном периоде

Осложнение	Пациенты (n=99)
Лимфостаз оперированной конечности	2 (2,0%)
Лимфоррея области послеоперационной раны	1 (1,0%)
Пульсирующая гематома на стороне эндоваскулярного доступа	1 (1,0%)
Кровотечение из области аутовенозной пластики	2 (2,0%)
Острый инфаркт миокарда	1 (1,0%)
Летальный исход	1 (1,0%)

Из всех осложнений лимфостаз и лимфоррея развились у 3 пациентов среди общего числа (3,03%). Небольшая частота послеоперационных осложнений такого рода, на наш взгляд, обусловлена рядом факторов: 1) вид хирургического доступа к бедренным артериям является малотравматичным по отношению к лимфатическим сосудам паховой области; 2) использование монополярной коагуляции вместо сосудистых ножниц на этапе выполнения доступа; 3) применение ранорасширителя с атравматичными (тупыми) зубьями.

В случае развития лимфостаза нижней конечности придерживались консервативной тактики (флеботоники, компрессионная терапия). Все случаи лимфостаза купировались в течение 12 месяцев наблюдения.

Пульсирующая гематома развилась у одного пациента после эндоваскулярного доступа через плечевую артерию и была выявлена во время УЗИ-контроля на первые сутки послеоперационного периода после удаления давящей повязки. В условиях перевязочной этому пациенту выполнили чрескожную временную эмболизацию проводником пульсирующей гематомы. Во время проведения процедуры полость гематомы полностью тромбировалась, без признаков рецидива за период динамического наблюдения в течение последующих 18 месяцев.

Кровотечение из области аутовенозной пластики развилось у 2 пациентов в раннем послеоперационном периоде в течение госпитализации, что потребовало

экстренной операции с ревизией операционной раны и ушиванием дефекта в области пластики. В обоих случаях источником кровотечения служила линия шва пластики, когда выполнялась поток-направляющая феморопрофундопластика. У одного пациента кровотечение возникло на 8 сутки послеоперационного периода с развитием обширной гематомы бедра и анемии тяжелой степени, при этом источник локализовался в области дистального отдела пластики. На следующие сутки после операции у пациента в условиях палаты интенсивной терапии развился острый инфаркт миокарда. В этом случае была выбрана консервативная тактика, ввиду распространенного многососудистого поражения коронарных артерий. Пациент был выписан на 30 день послеоперационного периода в удовлетворительном состоянии. У второго пациента эпизод кровотечения развился на 5 сутки послеоперационного периода, была выполнена в экстренном порядке аутовенозная пластика дефекта в области общей бедренной артерии. Выраженный кальциноз стенок артерии, диффузная кровоточивость тканей не позволяли выполнить надёжный гемостаз, ввиду чего пациенту за текущие сутки еще дважды выполнялась экстренная ревизия послеоперационной раны, остановка кровотечения и ушивание дефекта ОБА. Несмотря на проводимые лечебные мероприятия в палате интенсивной терапии, в том числе переливание компонентов крови, в те же сутки после проведённой последней повторной операции (6 сутки после первичной операции) пациент скончался от острой сердечно-сосудистой недостаточности вследствие острого инфаркта миокарда и ТЭЛА.

Другие осложнения, в том числе, такие как тромбоз или нарушение проходимости зоны реконструкции, забрюшинная гематома, инфекция послеоперационной раны, нарушение мозгового кровообращения в раннем послеоперационном периоде не наблюдались.

Основными критериями клинического улучшения после проведенного лечения явились объективные (увеличение цифр ЛПИ, регресс трофических нарушений) и субъективные (купирование болевого синдрома, увеличение дистанции безболевого ходьбы) показатели изменения клинического статуса пациента. При статистической оценке критериев, влияющих на развитие

клинического улучшения и его показателей, анализу подверглись такие критерии как количество проходимых берцовых артерий, наличие проходимой подколенной артерии, наличие реципиентной зоны, проведение вмешательства на подвздошном сегменте, проведение изолированной поток-направляющей феморопрофундопластики или в комбинации с вмешательством на подвздошных артериях.

Согласно проведенному анализу, у 90 пациентов (90,9%) отмечалось клиническое улучшение в послеоперационном периоде (таблица 3).

Таблица 3 – Распределение пациентов с клиническим улучшением в послеоперационном периоде в зависимости от стадии хронической артериальной недостаточности нижних конечностей по А.В. Покровскому

Стадия ХАН	Количество пациентов (n=90)	
	абс.	%
II-A	2	100,0
II-B	54	98,2
III	8	80,0
IV	26	83,9

Таким образом, у всех пациентов (за исключением одного возникшего летального случая) с ХАН II ст. отмечено улучшение в послеоперационном периоде, в то время как у пациентов с КИНК (III и IV стадии по А.В. Покровскому) клиническое улучшение достигнуто у 34 человек (82,9%).

Статистически достоверными критериями клинического улучшения в послеоперационном периоде явились проведение поток-направляющей феморопрофундопластики в комбинации с вмешательством на подвздошных артериях ($p=0,013$), наличие реципиентной зоны ($p<0,001$) и проходимой подколенной артерии ($p=0,022$). У всех 4 больных (4,0%) с отсутствующей реципиентной зоной не было клинического улучшения, в то время как у 79 больных (79,8%) с реципиентной зоной послеоперационный период сопровождался

регрессом ишемии. У всех 45 больных (45,5%) с проходимой подколенной артерией имело место клиническое улучшение в послеоперационном периоде.

В раннем послеоперационном периоде у оперированных пациентов выявлено статистически достоверное увеличение дистанции безболевого ходьбы по сравнению с дооперационным периодом (таблица 4). При этом у 23 пациентов (23,7%) явления перемежающейся хромоты были полностью купированы или возникали более, чем через 1 км.

Таблица 4 – Соотношение пациентов с увеличением дистанции безболевого ходьбы в раннем послеоперационном периоде по сравнению с дооперационным периодом

Дистанция безболевого ходьбы	До операции	Ранний п/о период
более 1 км	0 (0,0%)	20 (20,4%)
200–1000 м	2 (2,0%)	37 (37,8%)
25–200 м	69 (69,7%)	36 (36,7%)
до 25 м	27 (27,6%)	5 (5,1%)

Примечание: изменения по дистанции безболевого ходьбы между поступлением и ранним п/о периодом статистически значимы, $p=0,002$.

Наличие сохраненной реципиентной зоны ($p=0,017$) и проходимой подколенной артерии ($p<0,001$) также определены как независимые статистически значимые факторы эскалации дистанции безболевого ходьбы в раннем послеоперационном периоде.

Средний ЛПИ в раннем послеоперационном периоде, измеренный на 7 сутки после операции, составил 0,50 (0,38–0,57). При этом соотношение увеличения ЛПИ в раннем послеоперационном периоде, по сравнению с ЛПИ до операции, было 0,1

(0,0–0,2), что демонстрирует общую тенденцию к увеличению ЛПИ после лечения. Увеличение ЛПИ в раннем послеоперационном периоде у пациентов с вмешательством на подвздошных артериях в среднем составило 0,05 (0,04–0,06), что статистически значимо больше, чем у пациентов без вмешательства, у которых среднее увеличение ЛПИ было 0,02 (0–0,05), $p=0,004$.

Регресс трофических нарушений оценивался по следующим признакам: купирование воспаления (регресс гиперемии, болезненности, экссудативного процесса), появление участков грануляционной ткани, уменьшение в размерах, появление демаркационной линии. В раннем послеоперационном периоде регресс трофических нарушений отмечался у 26 из 31 пациента. При этом полное заживление трофической язвы в течение первых 4 недель послеоперационного периода было отмечено у 21 пациента. Средний срок заживления трофической язвы в послеоперационном периоде составил 3 (3,00–4,00) недели. Распределение пациентов в зависимости от динамики заживления трофических нарушений в раннем послеоперационном периоде представлено на рисунке 37.



Рисунок 37. Распределение пациентов в зависимости от динамики заживления трофических нарушений в раннем послеоперационном периоде (n=31).

Распределение динамики заживления трофических нарушений в раннем послеоперационном периоде в зависимости от категории хронической ишемии по R. Rutherford (1997 г.) представлено в таблице 5. При этом «малые» трофические

изменения (5 категория ишемии по R. Rutherford) имели статистически достоверно большую склонность к заживлению, по сравнению с «большими» (6 категория по R. Rutherford).

Таблица 5 – Структура заживления трофических нарушений в раннем послеоперационном периоде в зависимости от категории хронической ишемии по R. Rutherford

Категория ишемии по R. Rutherford	Заживление	Регресс	Отсутствие регресса
5	9 (31,0%)	4 (13,8%)*	1 (3,4%)*
6	10 (34,5%)	1 (3,4%)*	4 (13,8%)*

Примечание: * – статистически значимое ($p < 0,05$) различие по признаку между категориями.

Статистически достоверными предикторами заживления трофических язв явились проведение поток-направляющей феморопрофундопластики в комбинации с вмешательством на подвздошных артериях ($p = 0,020$) и наличие проходимой подколенной артерии ($p = 0,035$).

Отсутствие тенденции к регрессу трофических язв расценивалось как неэффективность проведенного лечения и сохранение КИНК. Таким образом, у 2 пациентов (2,0%) с III стадией ХАН и 5 пациентов (5,1%) с IV стадией ХАН по А.В. Покровскому сохранялись явления КИНК в раннем послеоперационном периоде. Во всех случаях отсутствия купирования ишемии было выполнено аутовенозное шунтирование – у 2 пациентов бедренно-подколенное шунтирование и у 5 пациентов бедренно-берцовое шунтирование (рисунок 38).



Рисунок 38. Структура повторных вмешательств в раннем послеоперационном периоде (n=12).

У всех пациентов после проведенных шунтирующих операций послеоперационный период протекал гладко, без осложнений и повторных вмешательств; определялось купирование явлений КИНК в виде стихания болевого синдрома, регресса и заживления трофических изменений, увеличения дистанции безболевого ходьбы. В раннем послеоперационном периоде случаев ампутаций конечности не было, у всех пациентов была сохранена проходимость зоны реконструкции.

Отдаленные результаты лечения больных прослежены от 6 месяцев до 5 лет. Оценка и анализ отдаленных результатов проводилась по таким критериям как величина и динамика дистанции безболевого ходьбы и ЛПИ, заживление трофических изменений, проходимость оперированного сегмента, сохранность

оперированной конечности от ампутации, выживаемость. В первый год наблюдения пациенты обследовались каждые 6 месяцев, а в последующем 1 раз в 12 месяцев. К 5 годам отдаленные результаты прослежены у 52 (52,5%) из 99 больных.

В отдаленном послеоперационном периоде у пациентов определялось статистически значимое увеличение дистанции безболевого ходьбы, по сравнению с ранним послеоперационным периодом (таблица 6).

Таблица 6 – Соотношение пациентов в зависимости от увеличения дистанции безболевого ходьбы в отдаленном послеоперационном периоде по сравнению с дооперационным периодом

Дистанция безболевого ходьбы	Ранний п/о период	Поздний п/о период
более 1 км	20 (20,4%)	66 (67,3%)
200–1000 м	37 (37,8%)	21 (21,4%)
25–200 м	36 (36,7%)	11 (11,2%)
до 25 м	5 (5,1%)	0 (0%)

Примечание: изменения по дистанции безболевого ходьбы между поступлением и ранним п/о периодом статистически значимы, $p < 0,001$.

Согласно полученным данным, более чем у половины больных – у 66 пациентов (67,3%), явления перемежающейся хромоты отсутствовали или ее симптомы возникали при ходьбе на расстояние более 1 км. Этот результат на 46,9% больше, по сравнению с ранним послеоперационным периодом. Наличие реципиентной зоны было определено как статистически значимый предиктор увеличения дистанции безболевого ходьбы в отдаленном послеоперационном периоде ($p=0,008$).

Среднее значение ЛПИ в отдаленном послеоперационном периоде составило 0,60 (0,50–0,70), что на 0,10 больше по сравнению с ранним послеоперационным периодом. Тенденция к увеличению ЛПИ наблюдается только у пациентов с реципиентной зоной. У двух пациентов без реципиентной зоны значение ЛПИ в отдаленном послеоперационном периоде осталось прежним.

В течение раннего послеоперационного периода у 5 пациентов (5,1%) отмечались признаки регресса трофических нарушений без их полного заживления. В отдаленном послеоперационном периоде у 2 из 5 пациентов произошло заживление трофических язв – на 5 и 12 неделях послеоперационного периода. У одного из пациентов без заживления имелись глубокие некротические изменения фаланг III и IV пальцев стопы, распространяющихся на костно-суставной аппарат. На 5 неделе послеоперационного периода ему была выполнена ампутация на уровне проксимальных фаланг пальцев стопы. Послеоперационный период протекал без осложнений с удовлетворительным заживлением послеоперационных ран культей пальцев. У 2 пациентов отсутствовало заживление трофических язв в течение всего наблюдения (12 и 24 месяца), однако наблюдался их регресс с уменьшением в размерах. Среди пациентов с полным заживлением трофических нарушений не было случаев рецидивов трофических язв.

В таблице 7 приведены критерии и их статистическая значимость относительно влияния на купирование ХАН нижних конечностей в раннем и отдаленном послеоперационном периоде.

Таблица 7 – Статистическая значимость исследуемых критериев на купирование хронической ишемии нижних конечностей в послеоперационном периоде

	Клиническое улучшение	Заживление трофических изменений	Увеличение дистанции ходьбы в раннем п/о периоде	Увеличение дистанции ходьбы в позднем п/о периоде	Увеличение ЛПИ в раннем п/о периоде	Увеличение ЛПИ в позднем п/о периоде
Вмешательство на подвздошных артериях	p=0,11	p=0,09	p=0,48	p=0,64	p=0,004*	p=0,40
Поток-направляющая феморопрофундо-пластика	p=0,19	p=0,80	p=0,60	p=0,64	p=0,37	p=0,93
Вмешательство на подвздошных артериях в комбинации с поток-направляющей профундо-пластикой	p=0,013*	p=0,020*	p=0,68	p=0,68	-	-
Наличие реципиентной зоны	p<0,001*	p=0,07	p=0,017*	p=0,008*	-	-
Проходимая подколенная артерия	p=0,022*	p=0,035*	p<0,001*	p=0,068	p=0,65	p=0,94

Примечание: * - зависимость статистически значимая (p<0,05)

Пятилетняя проходимость оперированного сегмента составила 97%. У двух пациентов был выявлен гемодинамически значимый рестеноз ГАБ через 6 месяцев после выполненной классической феморопрофундопластики, у одного пациента – критический рестеноз ОБА через 12 месяцев после поток-направляющей профундопластики. Пациентам в плановом порядке была проведена БАП с БКЛП. За последующий период наблюдения (до 18 месяцев) у пациентов не было признаков рестеноза ГАБ и рецидива симптомов ХАН. Не было признаков гемодинамически значимых рестенозов у пациентов после вмешательств на подвздошном сегменте. Не было случаев тромбоза подвздошно-бедренного сегмента.

Среди пациентов, которым было выполнено бедренно-подколенное и бедренно-берцовое шунтирование в раннем послеоперационном периоде, было 2 случая тромбоза бедренно-берцового шунта (40% от общего числа выполненных шунтирований) через 6 и 12 месяцев после операции. У одного пациента наблюдался рецидив явлений КИНК, ему в плановом порядке выполнили тромбэктомия и баллонную ангиопластику аутовенозного бедренно-берцового шунта. Второму пациенту с тромбозом подобного шунта тромбэктомия не выполнялась ввиду отсутствия рецидива клинической картины КИНК.

Пятилетняя сохранность оперированной нижней конечности от большой ампутации составила 100% (из 52 прослеженных пациентов). Средняя выживаемость 53,8 месяцев, 95% ДИ [50,4;57,2]. Процент выживших за 5 лет 76,9%, посчитано по 52 пациентам (12 умерших, 40 наблюдаемых 5 и более лет). Функция выживаемости отражена в таблице Каплана-Мейера (рисунок 39).

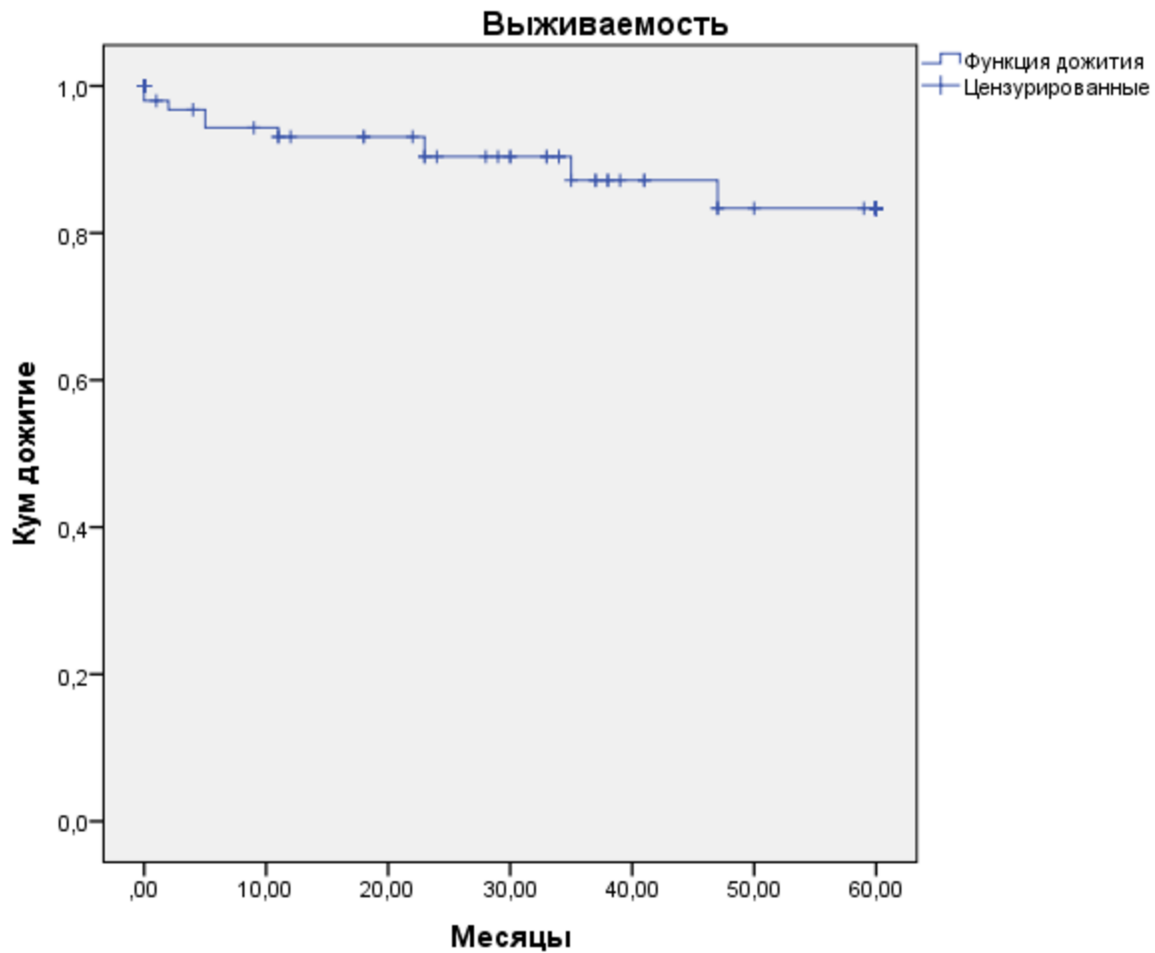


Рисунок 39. Функция выживаемости прооперированных пациентов по методу Каплана-Мейера.

Летальность пациентов в отдаленном послеоперационном периоде обусловлена коморбидностью, распространенным характером атеросклероза, развитием онкологических заболеваний. Прогрессирующее течение атеросклеротического поражения различных сосудистых бассейнов, несмотря на проводимую фармакологическую терапию и контроль факторов риска атеросклероза, привело к развитию кардиальных и церебральных осложнений, что обусловило общую тенденцию к снижению выживаемости пациентов в течение 5 лет наблюдения.

Таким образом, совершенствование и оптимизация хирургической тактики по выполнению профундопластики, позволило избежать большой ампутации

конечности за все время послеоперационного наблюдения больных, низкого процента таких послеоперационных осложнений, как лимфорей, лимфостаз, кровотечение и тромбоз области реконструкции и тем самым улучшить непосредственные результаты лечения пациентов с атеросклеротическим поражением артерий подвздошно-бедренно-подколенно-берцового сегмента, в том числе пациентов с трофическими язвами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Атеросклероз артерий нижних конечностей является наиболее частой причиной развития хронической ишемии нижних конечностей [63]. Это заболевание характеризуется неуклонно прогрессирующим течением и без постоянного адекватного лечебного пособия и наблюдения связано с высокими рисками развития сердечно-сосудистых осложнений и смертности [15]. Критическая ишемия нижних конечностей соответствует терминальной стадии хронической ишемии, для которой характерно формирование трофических язв, сопровождающихся выраженной болью, существенное снижение качества жизни, высокие риски ампутации конечности и летальности [12]. Последние десятилетия национальные сообщества сосудистой хирургии рассматривают КИНК приоритетным направлением при составлении рекомендаций по лечению сосудистых заболеваний. Несмотря на значительный прогресс сосудистой хирургии, обусловленный развитием новых методов реваскуляризации, проблема лечения и профилактики КИНК остается не менее актуальной, частота ампутаций конечностей в мире и в России остается по-прежнему на высоком уровне.

Восстановление прямого кровотока в конечности ставится в приоритет, когда речь идет о лечении КИНК с образованием трофических язв. Однако выраженное многососудистое поражение, в том числе дистального русла, зачастую приводят к неудовлетворительным результатам лечения [21]. Более того, протяженное поражение бедренно-подколенно-берцового сегмента в ряде случаев может оказаться бесперспективным для попытки хирургической реваскуляризации [137]. Операции на глубокой артерии бедра с восстановлением коллатерального кровотока часто имеют непрогнозируемый клинический эффект, так как до сих пор нет достоверных методов оценки коллатерального и микроциркуляторного русла в конечности [14]. Несмотря на неоднозначный клинический результат, проходимость реконструированной ГАБ в отдаленном послеоперационном периоде в несколько раз выше, чем проходимость дистального шунта [1, 19]. Эндоваскулярное лечение связано с более низкими периоперационными рисками,

но результаты в отношении долгосрочной проходимости уступают хирургическому лечению, требуя повторных вмешательств и ставя под угрозу сохранение конечности [19, 53]. Постоянное совершенствование и прогрессирование методов эндоваскулярного лечения приводит к появлению осложнений, требующих поиска малоинвазивных способов их устранения.

Кроме того, помимо адекватного хирургического лечения, важна также организация диагностических и реабилитационных мероприятий, позволяющих оптимизировать долгосрочные результаты лечения и предотвратить рецидив КИНК.

В данной работе обобщен опыт диагностики и лечения больных с сочетанными поражениями артерий подвздошно-бедренно-подколенно-берцового сегмента и тяжелой хронической ишемией конечности с формированием трофических язв. Целью настоящего исследования являлась оптимизация результатов лечения пациентов с хронической ишемией нижних конечностей, в том числе у пациентов с трофическими язвами, путем комплексного подхода, включающего хирургические и консервативные методы лечения, послеоперационное наблюдение и реабилитацию.

В основу работы положены результаты обследования и лечения 99 пациентов, страдающих хронической артериальной недостаточностью нижних конечностей, оперированных по поводу стено-окклюзирующего поражения артерий подвздошно-бедренно-подколенно-берцового сегмента в центре сосудистой хирургии Северо-Западного окружного научно-клинического центра имени Л.Г. Соколова (г. Санкт-Петербург). Средний возраст пациентов составил 67,36 (8,48) лет; 89 мужчин (89,9%) и 10 женщин (10,1%). Показанием для оперативного лечения служила ХАН нижних конечностей II, III и IV стадии по классификации А.В. Покровского. Во всех случаях причиной ХАН был атеросклероз, при этом у всех больных имели место окклюзия ПБА и гемодинамически значимый стеноз ГАБ на стороне оперируемой конечности. Одной из основных задач нашей работы являлся анализ факторов, способствующих развитию положительного клинического эффекта после операций по

восстановлению непрямого кровотока через ГАБ в условиях окклюзированной ПБА, в том числе у пациентов с критической ишемией и с трофическими язвами. Больные были распределены по типу поражения подвздошного и подколенно-берцового сегментов. Особое внимание уделялось состоянию магистрального русла, способного воспринимать коллатеральный кровоток из ГАБ. В литературе при оценке качества воспринимающего русла приводится анализ проходимости подколенной артерии и магистральных берцовых артерий как независимых факторов по отдельности. Мы ввели новое понятие «реципиентная зона», которое включает в себя наличие проходимой одной или нескольких в совокупности следующих зон: нижняя 1/3 ПБА, ПкА (частично или на всем протяжении), тибіоперонеальный ствол (частично или на всем протяжении) или проксимальный отдел как минимум одной из магистральных берцовых артерий. По нашему мнению, наличие сохраненной реципиентной зоны имеет одно из ключевых значений в развитии клинического эффекта после ревазуляризирующих операций через ГАБ, в особенности у пациентов с трофическими нарушениями. Для хирургической пластики ГАБ нами была предложена новая техническая модификация – «поток-направляющая феморопрофундопластика», что было обусловлено необходимостью формирования потока крови по стволу ГАБ, при этом избегая обкрадывания кровотока по его ветвям.

Среди местных послеоперационных осложнений, возникших в раннем послеоперационном периоде, имели место лимфостаз оперированной нижней конечности (n=2, 2,0%), лимфорей области операционной раны (n=1, 1,0%), пульсирующая гематома на стороне эндоваскулярного доступа (n=1, 1,0%), кровотечение из области аутовенозной пластики (n=2, 2,0%). Небольшая частота лимфатических осложнений, по нашему мнению, преимущественно обусловлена малотравматичным хирургическим доступом по отношению к лимфатическим сосудам паховой области. Среди системных осложнений из 99 пациентов имел место один случай острого инфаркта миокарда (1,0%) и один случай летального исхода (1,0%). Низкий уровень системных осложнений в раннем послеоперационном периоде обусловлен тщательным предоперационным

обследованием всех пациентов с оценкой сердечной функции, а также других органов и систем. Мультифоральный характер атеросклероза и полиморбидность пациентов, обусловленная полиорганным поражением на фоне распространенного атеросклероза и декомпенсированной ишемии конечности, не позволяют полностью избежать осложнений в послеоперационном периоде.

Нами был разработан новый способ лечения пульсирующих гематом – временная чрескожная эмболизация полости пульсирующей гематомы проводником (заявка на патент на полезное изобретение №2022105091 от 25.02.2022).

В нашем клиническом исследовании данный метод зарекомендовал себя как высокоэффективный (100%), малоинвазивный, безопасный и надежный.

При реваскуляризации конечности через ГАБ и ее ветви, компенсация ишемии напрямую зависит от состояния коллатеральных путей на уровне подколенно-берцового сегмента и от состояния «принимающего русла» - реципиентной зоны. Так как на данный момент нет достоверных и надежных инструментальных методов, позволяющих оценить качество коллатерального кровообращения в конечности и, таким образом, спрогнозировать исход реваскуляризации через коллатеральные пути, нами был определен ряд критериев, статистическая достоверность которых позволяла оценить их значимость в купировании ишемии. Такими критериями явились проведение вмешательства на подвздошном сегменте, проведение изолированной поток-направляющей феморопрофундопластики или в комбинации с вмешательством на подвздошных артериях, наличие проходимой подколенной артерии, наличие реципиентной зоны, количество проходимых берцовых артерий.

Статистически достоверными критериями клинического улучшения в послеоперационном периоде явились проведение поток-направляющей феморопрофундопластики в комбинации с вмешательством на подвздошных артериях ($p=0,013$), наличие реципиентной зоны ($p<0,001$) и проходимой подколенной артерии ($p=0,022$). При этом наличие реципиентной зоны оказалось

более статистически достоверным признаком, чем наличие проходимой подколенной артерии.

В раннем и отдаленном послеоперационном периоде у оперированных пациентов выявлено статистически достоверное увеличение дистанции безболевого ходьбы. В отдаленном послеоперационном периоде более, чем у половины больных – у 66 пациентов (67,3%), явления перемежающейся хромоты отсутствовали или ее симптомы возникали при ходьбе на расстояние более 1 км. Полученные данные свидетельствуют о развитии коллатерального кровообращения с течением времени. Поэтому всем пациентам необходимо поддерживать программу послеоперационной реабилитации с проведением регулярной вазоактивной терапии и физическими упражнениями с целью стимуляции развития коллатерального кровообращения в нижних конечностях. Статистически достоверными критериями увеличения дистанции безболевого ходьбы в раннем и позднем послеоперационном периоде явилось наличие сохраненной реципиентной зоны. Наличие проходимой подколенной артерии послужило статистически значимым предиктором увеличения дистанции ходьбы в раннем послеоперационном периоде. Оценивая общую популяцию пациентов, в отдаленном послеоперационном периоде не осталось ни одного пациента (из 27 до операции) с дистанцией безболевого ходьбы менее 25 м. Таким образом, непрямая реваскуляризация конечности через ГАБ оказалась эффективна при перемежающейся хромоте, независимо от выполнения вмешательства в комбинации с восстановлением подвздошного сегмента, а также от модифицированной пластики.

Так как выполнялось не прямое восстановление кровотока через бедренно-подколенный сегмент, значительного увеличения ЛПИ в раннем послеоперационном периоде у пациентов, как правило, не отмечалось. Тем не менее, имеется общая тенденция к увеличению ЛПИ после лечения. Отсутствие статистической значимости выполнения вмешательства на подвздошных артериях, как и количества проходимых берцовых артерий до стопы, в развитии клинического улучшения в послеоперационном периоде вероятно косвенно

подтверждает, что сохранность дистального магистрального русла не гарантирует купирование ишемии при не прямой реваскуляризации. По-видимому, этого недостаточно при выраженном поражении микроциркуляторного русла, которое особенно подвергается негативному влиянию на фоне КИНК и формирования трофических язв.

Регресс трофических нарушений в течение послеоперационного наблюдения был достигнут у 26 из 31 пациентов (в 83,9% случаев). При этом у 2 пациентов отсутствовало заживление трофических язв в течение всего наблюдения (12 и 24 месяца), однако наблюдался их регресс с уменьшением в размерах. Отсутствие заживления трофических язв в течение длительного срока наблюдения нельзя считать неудовлетворительным результатом, так как у этих пациентов сохраняется тенденция к уменьшению в размерах трофических язв, было полное купирование болевого синдрома в состоянии покоя, а дистанция безболевого ходьбы была достаточной, что не нарушает их трудоспособность. Длительный процесс заживления вероятно связан с поражением дистального микроциркуляторного русла. Среди пациентов с полным заживлением трофических изменений не было случаев рецидивов трофических язв. «Малые» трофические изменения (5 категория ишемии по R. Rutherford) имели статистически достоверно большую склонность к заживлению, по сравнению с «большими» (6 категория по R. Rutherford). Статистически достоверными предикторами заживления трофических язв явились проведение поток-направляющей феморопрофундопластики в комбинации с вмешательством на подвздошных артериях ($p=0,020$) и наличие проходимой подколенной артерии ($p=0,035$). Наличие сохраненной реципиентной зоны не показало статистическую значимость в заживлении трофических язв в послеоперационном периоде ($p=0,07$), что вероятно связано с тем, что у части пациентов не произошло полного заживления язв в течение наблюдения, несмотря на купирование КИНК.

На основании анализа всех в совокупности полученных результатов лечения больных с КИНК, в том числе с формированием трофических язв, нами предложены алгоритмы по тактике лечения (рисунки 40, 41).

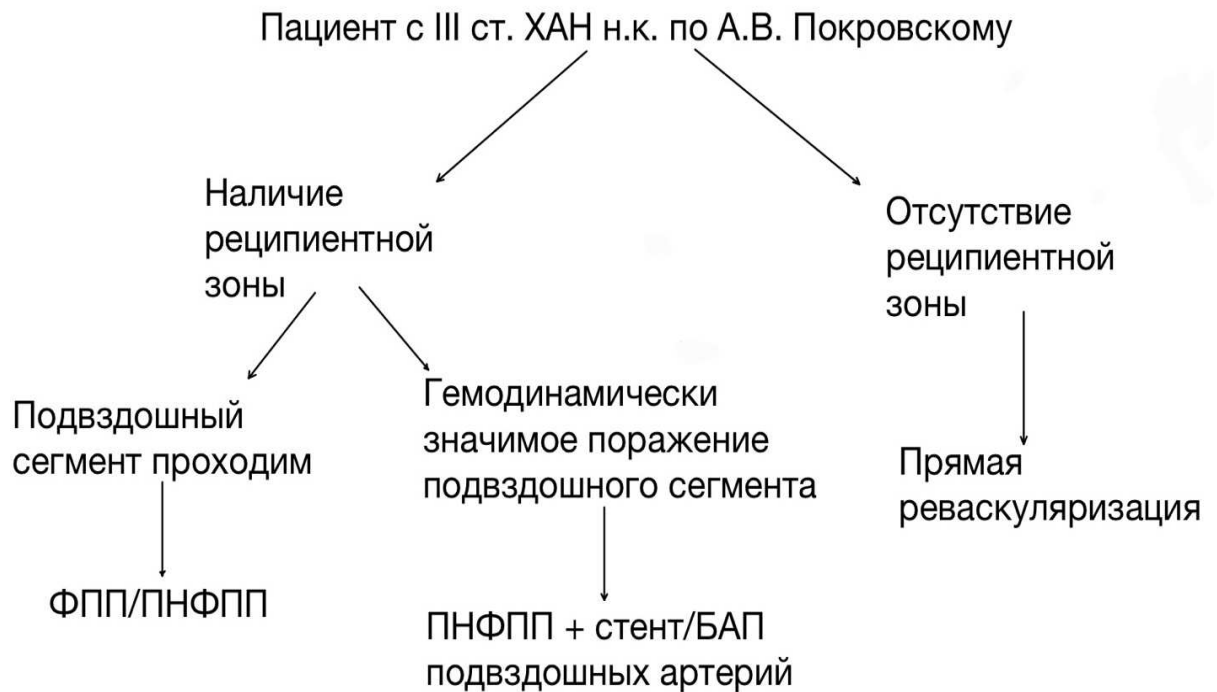


Рисунок 40. Алгоритм по тактике лечения хронической ишемии нижних конечностей III ст. по А.В. Покровскому у пациентов с гемодинамически значимым поражением глубокой артерии бедра и окклюзией поверхностной бедренной артерии.

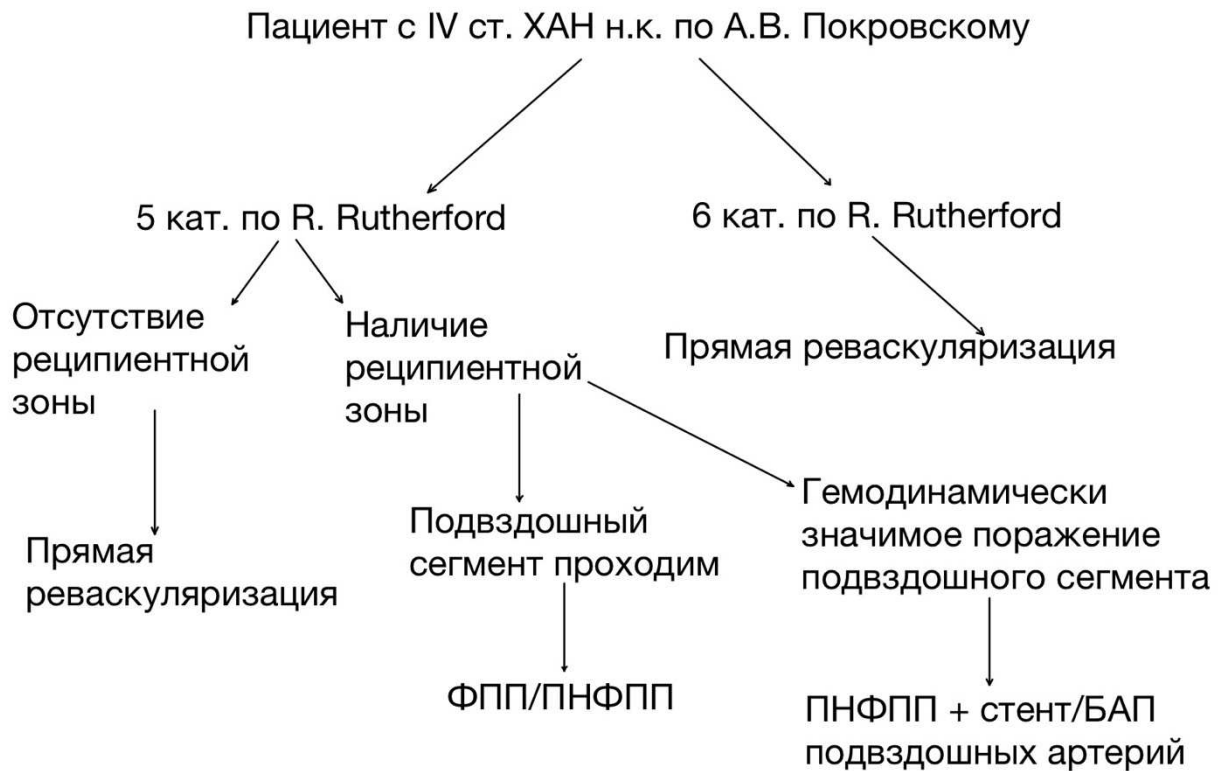


Рисунок 41. Алгоритм по тактике лечения хронической ишемии нижних конечностей IV ст. по А.В. Покровскому у пациентов с гемодинамически значимым поражением глубокой артерии бедра и окклюзией поверхностной бедренной артерии.

Таким образом, наиболее статистически достоверным предиктором прогнозирования эффективности не прямой реваскуляризации нижней конечности при КИНК является наличие реципиентной зоны. В случае отсутствия реципиентной зоны нами рекомендуется выполнение операции с одномоментным восстановлением прямого кровотока в конечности. Для пациентов с трофическими язвами рекомендуется классификация трофических изменений по категориям ХАН, предложенным R. Rutherford (1997 г.). При наличии у пациента трофических нарушений, соответствующих 6 категории («большие» трофические нарушения, распространяющиеся проксимальнее трансметатарзальной области с поражением подкожных и костных тканей и нарушением двигательной функции стопы), также рекомендуется выполнение прямой реваскуляризации конечности. Поток-направляющая феморопрофундопластика в комбинации с вмешательством на

подвздошном сегменте оказалась статистически достоверным предиктором эффективности не прямой реваскуляризации, в том числе у пациентов с КИНК и трофическими язвами. Тем не менее, выполнение изолированной ПНФПП не показало статистической значимости для купирования ишемии. Это может быть связано с тем, что у пациентов с поражением подвздошного сегмента, а именно с проксимальным типом сосудистого поражения, имеется склонность к сохранению дистального магистрального и коллатерального русла на уровне подколенно-берцового сегмента. Косвенно данное предположение подтверждает тот факт, что у всех пациентов, у которых отсутствовала реципиентная зона, подвздошный сегмент был полностью проходим. Вероятно, для пациентов с перемежающейся хромотой без явлений КИНК достаточно выполнения изолированной классической ФПП, так как ПНФПП требует большего времени, выделение ГАБ на большем протяжении, что связано с увеличением рисков послеоперационных осложнений, в том числе раневых. Требуется дополнительное исследование с большим количеством пациентов, чтобы рекомендовать выполнение изолированной ПНФПП для пациентов с явлениями КИНК и наличием трофических язв.

При сочетанном поражении подвздошного сегмента рекомендуется выполнение гибридного вмешательства с эндоваскулярной реваскуляризацией подвздошных артерий. В нашей работе в раннем и отдаленном послеоперационном периоде не было осложнений, связанных с эндоваскулярным восстановлением подвздошного сегмента, в том числе забрюшинного кровотечения и гематомы, нарушения проходимости оперированного сегмента.

Пятилетняя проходимость оперированного сегмента составила 97%. У двух пациентов через 6 месяцев после первичной ФПП выявлен гемодинамически значимый рестеноз, которым в плановом порядке проведена БАП ГАБ с применением БКЛП. Всего в работе было выполнено 6 эндоваскулярных вмешательств (4 первичных, 2 повторно при рестенозе после ФПП). Максимальный период наблюдения после выполненного эндоваскулярного вмешательства составил 24 месяца. За все наблюдение не выявлено случаев нарушения проходимости или тромбоза ГАБ после эндоваскулярного вмешательства.

Ограниченные сроки наблюдения позволяют рекомендовать выполнение БАП или стентирование ГАБ у коморбидных пациентов с высокими хирургическими рисками.

У двоих пациентов, которым было выполнено аутовенозное подколенное или дистальное шунтирование после неэффективной первичной реваскуляризации через ГАБ, в отдаленном послеоперационном периоде возник тромбоз шунта. У одного из пациентов на фоне тромбоза шунта был рецидив явлений КИНК, требующий повторного реконструктивного вмешательства. У второго пациента с тромбозом шунта не отмечалось симптомов острой ишемии и рецидива КИНК, при этом первично у него была выполнена поток-направляющая феморопрофундопластика. Таким образом, первичная реваскуляризация конечности с протяженной реконструкцией ГАБ позволила сформироваться коллатералям, достаточных для компенсации кровообращения в конечности после возникшего тромбоза дистального шунта.

Пятилетняя сохранность оперированной нижней конечности от большой ампутации составила 100% (из 52 прослеженных пациентов). Средняя выживаемость 53,8 месяцев, 95% ДИ [50,4;57,2]. Таким образом, среди пациентов, которые остались под наблюдением до 5 лет, не было случаев ампутации и тромбоза подвздошно-бедренного сегмента. Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности реваскуляризации конечности через ГАБ; хирургические, эндоваскулярные реконструктивные операции на ГАБ, а также гибридные операции на ГАБ в комбинации с эндоваскулярным восстановлением подвздошного сегмента сопряжены с низким риском летальности и осложнений как в ближайшем, так и в отдаленном послеоперационном периоде, позволяющие в большинстве случаев купировать симптомы ишемии, в том числе у пациентов с КИНК и трофическими язвами, и сохранить нижнюю конечность. Несмотря на то, что при реваскуляризации конечности через ГАБ в условиях окклюзированной ПБА не всегда достигается купирование симптомов КИНК, в особенности у пациентов с трофическими нарушениями, в подобных случаях необходимо вторым этапом в плановом порядке пытаться восстанавливать прямой

кровотоков в конечности с магистральной реваскуляризацией бедренно-подколенно-берцового сегмента. Нами разработан алгоритм для пациентов с КИНК, в том числе с трофическими язвами, направленный на повышение эффективности операций с непрямой реваскуляризацией конечности через ГАБ и снижение частоты повторных операций, таким образом снижая риски ампутации, послеоперационных осложнений и летальности.

ВЫВОДЫ

1. Выполнение профундопластики в большинстве случаев (90,9%) приводит к регрессу симптомов хронической ишемии нижних конечностей при распространенном атеросклерозе;
2. Новая модификация хирургической техники феморопрофундопластики, поток-направляющая феморопрофундопластика, в комбинации с эндоваскулярным восстановлением подвздошного сегмента в рамках гибридной операции является достоверно эффективным методом лечения пациентов с хронической ишемией нижних конечностей при распространенном атеросклерозе;
3. Разработанные лечебные алгоритмы по тактике выполнения профундопластики у пациентов с критической ишемией при распространенном атеросклерозе достоверно позволяют сохранить конечность в раннем и отдаленном послеоперационном периоде;
4. Новый метод миниинвазивного лечения посткатетеризационных пульсирующих гематом, временная эмболизация полости пульсирующей гематомы проводником, является эффективным, надежным и безопасным.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Пациентам с хронической ишемией нижних конечностей при гемодинамически значимом поражении глубокой артерии бедра в сочетании с окклюзией поверхностной бедренной артерии целесообразно выполнение изолированной феморопрофундопластики или, при высоком хирургическом риске, баллонной ангиопластики глубокой артерии бедра;
2. Пациентам с хронической ишемией нижних конечностей при гемодинамически значимом поражении глубокой артерии бедра и артерий подвздошного сегмента в сочетании с окклюзией поверхностной бедренной артерии целесообразно выполнение поток-направляющей феморопрофундопластики в комбинации с эндоваскулярным восстановлением подвздошного сегмента в рамках гибридной операции;
3. Пациентам с критической ишемией нижних конечностей с отсутствующей реципиентной зоной, а также с трофическими нарушениями 6 категории по R. Rutherford, выполнение профундопластики в условиях окклюзированной поверхностной бедренной артерии не рекомендуется;
4. Пациентам с критической ишемией нижних конечностей, у которых отсутствуют признаки регресса ишемии в раннем послеоперационном периоде после профундопластики в условиях окклюзированной поверхностной бедренной артерии, вторым этапом следует выполнять попытку прямой реваскуляризации через бедренно-подколенно-берцовый сегмент;
5. Пациентам с посткатетеризационной пульсирующей гематомой рекомендовано выполнение временной эмболизации полости пульсирующей гематомы проводником.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АТС – артерия тыла стопы
- БАП – баллонная ангиопластика
- БКЛП – баллонный катетер с лекарственным покрытием
- БГ – индекс берцового градиента
- БПВ – большая подкожная вена
- ВПА – внутренняя подвздошная артерия
- ВК – давление выше колена
- ГАБ – глубокая артерия бедра
- ГБПКИ – глубокобедренно-подколенный коллатеральный индекс
- ЗБА – задняя большеберцовая артерия
- ЗПА – заболевания периферических артерий
- ИТ – инъекция тромбина
- КГ - индекс комбинированного градиента
- КИНК – критическая ишемия нижних конечностей
- КУД – компрессия ультразвуковым датчиком
- ЛАОБК – латеральная артерия, огибающая бедренную кость
- ЛД – лодыжечное давление
- ЛПИ – лодыжечно-плечевой индекс
- МАОБК – медиальная артерия, огибающая бедренную кость
- НК – давление ниже колена
- НПА – наружная подвздошная артерия
- ОБА – общая бедренная артерия
- ОПА – общая подвздошная артерия
- ПБА – поверхностная бедренная артерия
- ПГ – пульсирующая гематома
- ПкА – подколенная артерия
- ПлА – плечевая артерия
- ПНФПП – поток-направляющая феморопрофундопластика
- ПХ – перемежающаяся хромота

УЗДАС – ультразвуковое дуплексное ангиосканирование

ФГДС - фиброгастродуоденоскопия

ФПП – феморопрофундопластика

ХАН – хроническая артериальная недостаточность

ЦДК – цветное доплеровское картирование

ЧЭП – чрескожная эмболизация проводником

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бокерия, Л.А. Результаты изолированной профундопластики в сравнении с дистальным шунтированием у больных с сахарным диабетом и трофическими язвами / Л.А. Бокерия, В.С. Аракелян, В.Г. Папиташвили, [и др.] // Кубанский научный медицинский вестник. – 2020. – Т. 27, № 2. – С.38–48.
2. Бурлева, Е.П. Значение клинико-эпидемиологического и экономического анализа для организации помощи пациентам с хронической артериальной недостаточностью нижних конечностей / Е.П. Бурлева // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2002. – Т.4. – С.15-19.
3. Гавриленко, А.В. Оценка качества жизни у пациентов с критической ишемией нижних конечностей / А.В. Гавриленко, С.И. Скрылев, А.Е. Кузубова // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2001. - № 1.1(3). – С.8-14.
4. Гавриленко, А.В. Опыт хирургического лечения больных с критической ишемией нижних конечностей / А.В. Гавриленко, С.И. Скрылев, Е.А. Кузубова // В сб. «Восьмой всероссийский съезд сердечно-сосудистых хирургов». М. – 2002. – С.119.
5. Гавриленко, А.В. Лечение ложных ятрогенных артериальных аневризм / А.В. Гавриленко, В.Г. Синявин // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2005. – № 3. – С.135–138.
6. Гавриленко, А.В. Результаты профундопластики у пациентов с критической ишемией нижних конечностей / А.В. Гавриленко, А.Е. Котов, М.К. Лепшоков // Хирургия. – 2017. – № 9. – С.17-22.
7. Гавриленко, А.В. Роль пластики глубокой артерии бедра в лечении хронической критической ишемии нижних конечностей / А.В. Гавриленко, А.Е. Котов, М.К. Лепшоков // Анналы хирургии. – 2017. – Т. 22, № 6. – С.321-328.
8. Гавриленко, А.В. Значение глубокой артерии бедра при повторных реконструкциях / А.В. Гавриленко, А.Е. Котов, М.К. Лепшоков, [и др.] // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2020. – Т. 26, № 4. – С.98-107.

9. Гавриленко, А.В. Преимущества профундопластики у больных с критической ишемией нижних конечностей при повторных операциях / А.В. Гавриленко, А.Е. Котов, Н.М. Мамедова, [и др.] // *Ангиология и сосудистая хирургия*. – 2021. – Т. 27, № 1. – С.113-119.
10. Гамзатов, Т.Х. Современные принципы лечения перемежающейся хромоты / Т.Х. Гамзатов, А.В. Светликов // *Хирургия. Журнал имени Н. И. Пирогова*. – 2016. – № 12. – С. 77–87.
11. Гвенетадзе, Н.С. Значение глубокой артерии бедра в хирургическом лечении ишемии конечности / Н.С. Гвенетадзе // *Дис. ... канд. мед. наук. М.* - 1971.
12. Говорунов, Г.В. Выбор способов и результаты хирургического лечения больных с критической ишемией нижних конечностей / Г.В. Говорунов, А.В. Троицкий, П.В. Паршин // *Ангиология и сосудистая хирургия*. – 1995. – № 1. – С.24–27.
13. Жане, А.К. Реваскуляризация глубокой артерии бедра при атеросклеротических бедренно-подколенных окклюзиях / А.К. Жане, М.А. Хагуров // *Хирургия*. – 1993. – № 9. – С.41–46.
14. Жане, А.К. Реконструкция глубокой бедренной артерии в хирургическом лечении больных с хронической артериальной недостаточностью нижних конечностей / А.К. Жане, А.К. Пичугин, Х.Р. Напсо, Д.А. Жане // *Кубанский научный медицинский вестник*. – 2013. - № 4. – С.51–54.
15. Затевахин, И.И. Реконструктивная хирургия поздней реокклюзии аорты и периферических артерий / И.И. Затевахин, Г.В. Говорунов, И.И. Сухарев // *М.* – 1993.
16. Каримов, Э.А. Результаты реконструктивных операций в бедренноподколенной зоне при выраженной ишемии нижних конечностей / Э.А. Каримов // В сб. «Актуальные вопросы хирургии. Вопросы хирургии сосудов». Ташкент. – 1978. – С.57.
17. Каримов, Э.А. Влияние симпатэктомии на кровообращение в конечности при облитерирующих заболеваниях артерий / Э.А. Каримов // *Тезисы научной*

- конференции «Хирургическая патология периферических сосудов». Баку. - 1979.
18. Кащенко, В.А. Гематомы различных локализаций у пациентов с COVID-19 / В.А. Кащенко, В.А. Ратников, Е.Л. Васюкова, [и др.] // Эндоскопическая хирургия. – 2021. – Т.27, № 6. – С.5–13.
 19. Кебряков, А.В. Изолированная пластика глубокой бедренной артерии в лечении больных с хронической ишемией нижних конечностей атеросклеротического генеза / А.В. Кебряков, А.В. Светликов, Т.Х. Гамзатов, [и др.] // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2022. – Т.21, № 3. – С.12-19.
 20. Князев, М.Д. Хирургические вмешательства на глубокой бедренной артерии при распространенных атеросклеротических поражениях бифуркации аорты и артерий нижних конечностей / М.Д. Князев, О.С. Белорусов // Вестник хирургии. – 1971. - № 7. – С.61–67.
 21. Кохан, Е.П. Избранные лекции по ангиологии / Е.П. Кохан, И.К. Заварина // М.: Наука. – 2000.
 22. Лесков, В.П. Роль иммунной системы в патогенезе атеросклероза / В.П. Лесков, И.И. Затевахин // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2005. – Т.11, № 2. – С.9–11.
 23. Покровский, А.В. Хирургическое лечение больных с критической ишемией нижних конечностей / А.В. Покровский, В.Н. Дан, А.В. Чупин, А.Ф. Харазов // Критическая ишемия. Итоги XX века. Материалы III Международного Конгресса Северных стран и регионов. Петрозаводск – Париж. – 1999. – С.120.
 24. Покровский, А.В. «АЛ- ПРОСТАН» в лечении больных с критической ишемией нижних конечностей / А.В. Покровский, В.Н. Дан, А.В. Чупин, А.А. Калинин // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2005. – Т.11, № 1. – С.7-9.
 25. Покровский, А.В. Состояние сосудистой хирургии в Российской Федерации в 2018 году / А.В. Покровский, А.Л. Головюк // Приложение. Ангиология и сосудистая хирургия. – 2019. – Т. 25, № 2. – С.29–33.

26. Саидов, С.С. Роль магнитнорезонансной томографии в лучевой диагностике аневризмы брюшного отдела аорты / С.С. Саидов, С.К. Скульский, Н.П. Морозова, [и др.] // Вестн. мед. ин-та «РЕАВИЗ». Реабилитация, Врач и Здоровье. – 2022. – Т.12, № 4. – С.22–35.
27. Светликов, А.В. Современная стратегия улучшения отдаленных результатов хирургического лечения заболеваний периферических артерий / А.В. Светликов, Л.Э. Ишпулаева // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2020. – Т.26, № 4. – С.23–31.
28. Светликов, А.В. Пластика глубокой артерии бедра в лечении атеросклероза нижних конечностей / А.В. Светликов, Т.Х. Гамзатов, А.В. Кебряков // Клиническая больница. – 2021. – Т.31, № 3. – С.9–13.
29. Светликов, А.В. Инновационные методы лечения атеросклероза нижних конечностей: все новое – хорошо забытое старое / А.В. Светликов, Т.Х. Гамзатов, А.В. Кебряков, В.А. Кащенко // Клиническая больница. – 2022. – Т.34, № 2. – С.75–78.
30. Светликов, А.В. Хирургическая тактика лечения хронической ишемии у больных с атеросклеротическим поражением глубокой артерии бедра и окклюзией поверхностной бедренной артерии / А.В. Светликов, Т.Х. Гамзатов, А.В. Кебряков, А.В. Тишков, Н.Б. Маргарянц, И.Е. Хардинов, П.А. Галкин, А.С. Шаповалов, С.В. Лукин, В.М. Мельников, Г.Г. Хубулава, В.А. Кащенко, В.А. Ратников, В.С. Гуревич // Ангиология и сосудистая хирургия. – 2023. – Т.29, №2. – С.61–72.
31. Шаповалов, А.С. Применение локального катетерного тромболиза в комплексном лечении артериального ковид-ассоциированного тромбоза / А.С. Шаповалов, А.В. Кебряков, Т.Х. Гамзатов, [и др.] // Регионарное кровообращение и микроциркуляция. – 2022. – Т.21, № 2. – С.80–85.
32. Aboyans, V. 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS): Document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteries Endorsed by: the

- European Stroke Organization (ESO) The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases of the European Society of Cardiology (ESC) and of the European Society for Vascular Surgery (ESVS) / V. Aboyans, J.B. Ricco, M.E.L. Bartelink, [et al.] // *Eur Heart J.* – 2018. – Vol.39. – P.763–816.
33. Ahmad, F. Iatrogenic femoral artery pseudoaneurysms: review of current methods of diagnosis and treatment / F. Ahmad, S.A. Turner, P. Torrie, [et al.] // *Clin Radiol.* – 2008. – Vol.63. – P.1310–1316.
 34. Allenberg, J.R. Profundaplastik / J.R. Allenberg, U.L. Burger // *Gefaesschirurgie.* – 2001. – Vol.6. – P.9–13.
 35. Alvarez-Tostado, J.A. The brachial artery: a critical access for endovascular procedures / J.A. Alvarez-Tostado, M.A. Moise, J.F. Bena, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 2009. – Vol.49(2). – P.378-385
 36. Anderson, C.A. Limb salvage by extended profunda femoris revascularization / C.A. Anderson, N.M. Rich, G.J. Collins, [et al.] // *Am. Surg.* – 1978. – Vol.100. – P.44.
 37. Bachman, D.M. Percutaneous ileofemoral angioplasty via the contralateral femoral artery / D.M. Bachman, M.D. Casarella, T.A. Sos, // *Radiology.* – 1979. – Vol.130. – P.617-621.
 38. Balasundaram, N. Importance of the profunda femoris upon patency following aortoiliac procedures / N. Balasundaram, J.N. Whitrock, D.J. Braet, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 2022. – Vol.76(1). – P.180–187.
 39. Baptist, M. The origin of profunda femoris artery, its branches and diameter of the femoral artery / M. Baptist, F. Sultana, T. Hussain, // *Professional Med J.* – 2007. – Vol.14. P.523-527.
 40. Bath, J. A pooled analysis of common femoral and profunda femoris endovascular interventions / J. Bath, E. Avgerinos // *Vascular.* – 2016. – Vol.24(4). – P.404–413.
 41. Beales, J.S.M. The radiological assessment of disease of the profunda femoris artery / J.S.M. Beales, F.A. Adcock, J.S. Frawley, [et al.] // *Br. J. Radiol.* – 1971. – Vol.44. – P.854-858.
 42. Berguer, R. Extended Deep Femoral Angioplasty / R. Berguer, L.T. Cotton, S. Sabri // *British Medical J.* – 1973. – Vol.1. – P.469–471.

43. Berguer, R. Geometry, blood flow, and reconstruction of the deep femoral artery / R. Berguer, R.F. Higgins, L.T. Colton // *Am. J. Surg.* – 1975. – Vol.130. – P.68.
44. Boren, C.H. Profundapopliteal collateral index. A guide to successful profundaplasty / C.H. Boren, J.B. Towne, V.M. Bernhard, [et al.] // *Arch. Surg.* - 1980. – Vol.11. – P.1366-1372.
45. Chand, I. Arteria profunda femoris and its variations / I. Chand, B. Singh // *The Indian Medical Gazette.* – 1951. – P.248-250.
46. Coley, B.D. Postangiographic femoral artery pseudoaneurysms: further experience with US-guided compression repair / B.D. Coley, A.C. Roberts, B.D. Fellmeth, [et al.] // *Radiology.* – 1995. – Vol.194 – P.307–311.
47. Cotton, L.T. Extended deep femoral angioplasty: an alternative to femoropopliteal bypass / L.T. Cotton, V.C. Roberts // *Br. J. Surg.* – 1975. - Vol.62. – P.340-343.
48. Coughlin, B.F. Peripheral pseudoaneurysms: evaluation with duplex US / B.F. Coughlin, D.M. Paushter // *Radiology.* – 1988. – Vol.168. – P.339–342.
49. Cvetic, V. Endovascular treatment of different types of iliac occlusions-Results from an observational study / V. Cvetic, D. Sagic, I. Koncar, [et al.] // *PLoS One.* – 2019. – Vol.14(10) . – P:e0222893.
50. Dacie, J.E. The value of percutaneous transluminal angioplasty of the profunda femoris artery in threatened limb loss and intermittent claudication / J.E. Dacie, S.J. Daniell // *Clin. Radiol.* – 1991. – Vol.44. – P.311-316.
51. David, T.E. Extended profundaplasty for limb salvage / T.E. David, A.D. Drezner // *Surgery.* – 1978. – Vol.84. – P.758.
52. De Bakey, M.E. Surgical Considerations of Occlusive Disease of the Abdominal Aorta and Iliac and Femoral Arteries: Analysis of 803 Cases / M.E. De Bakey, E.S. Crawford, D.A. Cooley, [et al.] // *Jr. Ann. Surg.* – 1958. – Vol.148. – P.306.
53. DeCarlo, C. Operative Complexity and Prior Endovascular Intervention Negatively Impact Morbidity after Aortobifemoral Bypass in the Modern Era / C. DeCarlo, L.T. Boitano, S.I. Schwartz, [et al.] // *Ann Vasc Surg.* –2020. – Vol.62. – P.21-29.

54. Del Corso, A. Percutaneous treatment of iatrogenic pseudoaneurysms by cyanoacrylate-based wall-gluing / A. Del Corso, G. Vergaro // *Cardiovasc Intervent Radiol.* – 2013. – Vol.36. – P.669–675.
55. Denck, H. Verbesserung der Durchblutung der unteren Extremitat durch Profundaplastik / H. Denck // *Acta Chir.* – 1966. – Vol.1. – P.293-298.
56. Denzel, C. Critical limb ischemia / C. Denzel, W. Lang // *J. Der Chirurg.* – 2008. – Vol.79(5). – P.495-508.
57. Dick, P. Outcome after endovascular treatment of deep femoral artery stenosis: results in a consecutive patient series and systematic review of the literature / P. Dick, W. Mlekusch, S. Sabeti, [et al.] // *J. Endovasc. Ther.* – 2006. – Vol.13. – P.221-228.
58. Diehm, C. High prevalence of peripheral arterial disease and co-morbidity in 6880 primary care patients: a cross-sectional study / C. Diehm, A. Schuster, J.A. Allenberg, [et al.] // *Atherosclerosis.* – 2004. – Vol.172 (1). – P.195–205.
59. Dimri, P. Bilateral high origin of profunda femoris artery - case report and embreological review / P. Dimri, A.K. Deshwal // *Int J. of scien. research.* – 2014. – Vol.3(1). – P.375-376.
60. Dixit, D. A Study Of Variations In The Origin Of Profunda Femoris Artery And Its Circumflex Branches / D. Dixit, D.M. Kubavat, S.P. Rathod, [et al.] // *Int. J. Biol. Med. Res.* – 2011. – Vol.2(4). – P.1084–1089.
61. Donas, K.P. Endovascular Treatment of Profunda Femoris Artery Obstructive Disease: Nonsense or Useful Tool in Selected Cases? / K.P. Donas, G.A. Pitoulias, A. Schwindt, [et al.] // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* – 2010. – Vol.39. – P.308-313.
62. Dormandy, J. Fate of the patient with chronic leg ischemia: a review article / J. Dormandy, M. Mahir, G. Ascady, [et al.] // *J. Cardiovasc. Surg.* - 1989. – Vol.30 (1). – P.50–57.
63. Dormandy J.A. Natural history of patients with peripheral occlusive arterial disease / J.A. Dormandy // *Ann. Chir. Gynaecol.* – 1992. Vol.81(2). – P.86–88.

64. Dorweiler, B. Value of the deep femoral artery as alternative inflow source in infrainguinal bypass surgery / B. Dorweiler, T. Friess, F. Duenschede, [et al.] // *Ann Vasc Surg.* – 2014. – Vol.28(3). – P.633-639.
65. Earnshaw, J. Surgical options for treatment of profunda stenosis / J. Earnshaw // Greenhalgh RM (ed) *Towards Vascular and Endo-vascular Consensus*, London, BIBA. – 2005. – P.431–438.
66. Eisenberg, L. Sonographically guided compression repair of pseudoaneurysms: further experience from a single institution / L. Eisenberg, E.K. Paulson, M.A. Kliewer, [et al.] // *AJR.* – 1999. – Vol.173. – P.1567–1573.
67. El-Kayali, A. Ultrasound guided compression repair of post- catheterization femoral pseudoaneurysm / A. El-Kayali // *Kuwait Med J.* – 2003. – Vol.35. – P.192–195.
68. Elsharkawi, M. Clinical outcomes from profundoplasty performed as a sole procedure for revascularization in critically ischaemic limbs / M. Elsharkawi, M. Elkassaby, N. McVeigh, [et al.] // *Vascular.* – 2021. – Vol. 29 (3). – P.396-403.
69. Feldhaus, R.J. A technique for profunda femoris artery reconstruction. Hemodynamic assessment and functional results / R.J. Feldhaus, A.V. Sterpetti, R.D. Schultz, [et al.] // *Ann. Surg.* – 1986. – Vol.203. – P.390–398.
70. Fellmeth, B.D. Postangiographic femoral artery injuries: nonsurgical repair with US-guided compression / B.D. Fellmeth, A.C. Roberts, J.J. Bookstein, [et al.] // *Radiology.* – 1991. – Vol.178. – P.671–675.
71. Fernandes, J.F. An objective assessment of common femoral endarterectomy and profundaplasty in patients with superficial femoral occlusion / J.F. Fernandes, A.N. Nicolaides, N.A. Angelides, [et al.] // *Surgery.* – 1978. – Vol.83. – P.313.
72. Fugger, R. The Place of Profundaplasty in the Surgical Treatment of Superficial Femoral Artery Occlusion / R. Fugger, G. Kretschmer, M. Schremper, [et al.] // *Eur. J. Vasc. Surg.* – 1987. – Vol.1. – P.187-191.
73. Goldstone, J. Importance of the profunda femoris artery in primary and secondary arterial operations for lower extremity ischemia / J. Goldstone, J.M. Malone, W.S. Moore // *Am. J. Surg.* – 1978. – Vol.136. – P.215.

74. Gould, K.L. Coronary branch steal: experimental validation and clinical implications of interacting stenosis in branching coronary arteries / K.L. Gould, R. Kirkeeide, N.P. Johnson // *Circ Cardiovasc Imaging*. – 2010. – Vol.3(6). – P.701–709.
75. Graziano, J.L. Significance of the Profunda Femoris Artery in Extremities with Marked Ischemia / J.L. Graziano, G.A. Olander, R.B. Lai // *Amer. Surg.* – 1989. – Vol.35(4). – P.229-232.
76. Grollman, J.H. Transbrachial arteriography: techniques and complications / J.H. Grollman, R. Marcus // *Cardiovasc Intervent Radiol.* – 1988. – Vol.11. – P.32–35.
77. Hebrang, A. Successful closure of large pseudoaneurysm of peroneal artery using transluminal temporary occlusion of the neck with the catheter / A. Hbrang, A. Grga, B. Brkljadic, [et al.] // *Eur Radiol.* – 2001. – Vol.11. – P.1206–1209.
78. Heenan, S.D., Grubnic S., Buckenham T.M. Transbrachial arteriography: indications and complications / S.D. Heenan, S. Grubnic, T.M. Buckenham // *Clin Radiol.* – 1996. – Vol.51. – P.205-209.
79. Hepp, W. Gefaesschirurgie / W. Hepp, H. Kogel, [et al.] // Urban Fischer: Munich. – 2001.
80. Hershey, F.B. Extended surgical approach to the profunda femoris artery / F.B. Hershey, A.I. Auer // *Surg. Gynecol. Obstet.* – 1974. – Vol.138. – P.88.
81. Hessel, S.J. Complications of angiography / S.J. Hessel, D.F. Adams, H.L Abrams // *Radiology*. – 1981. – Vol.138. – P.273-281.
82. Hirano, Y. Diagnosis of vascular complications at the puncture site after cardiac catheterization / Y. Hirano, S. Ikuta, H. Uehara, [et al.] // *J. Cardiol.* – 2004. – Vol.43. – P.259–265.
83. Hollinshead, H.W. Buttock, Hip joint and thigh, Profunda femoris artery / H.W. Hollinshead // *Anatomy for surgeons: Vol. 3. The back and limbs. 2nd ed.* Hoeber Medical Division, Happer & Row Publishers, New York, Evanston and London. – 1969. – P.725-730.

84. Huang, T.L. Ultrasound-guided compression repair of peripheral artery pseudoaneurysm: 8 years' experience of a single institute / T.L. Huang, H.L. Liang, J.S. Huang, [et al.] // *J. Chin Med Assoc.* – 2012. – Vol.75(9). – P.468-473.
85. Ibrahim, K. A novel interventional method for treating femoral pseudoaneurysms: Results from a monocentric experience / K. Ibrahim, M. Christoph, C. Wunderlich, [et al.] // *EuroIntervention.* – 2017. – Vol.13. – P.366–370.
86. Imran, H.M. Efficacy and safety of adjunctive drug-coated balloon therapy in endovascular treatment of common femoral artery disease / H.M. Imran, O.N. Hyder, P.A. Soukas // *Cardiovasc Revasc Med.* – 2019. – Vol.20 (3). – P.210–214.
87. International Diabetes Federation / *IDF DIABETES ATLAS* // Eighth edition – [Internet] - 2017.
88. Jargiełło, T. Ultrasound-guided thrombin injection in the management of pseudoaneurysm after percutaneous arterial access / T. Jargiełło, J. Sobstyl, Ł. Światłowski, [et al.] // *J. Ultrason.* – 2018. – Vol.18(73). – P.85–89.
89. Johnson, N.P. Coronary Steal: Mechanisms of a Misnomer / N.P. Johnson, R.L. Kirkeeide, K.L. Gould // *J. Am Heart Assoc.* – 2021 –Vol.10(13) . – P.e021000.
90. Jongkind, V. A systematic review of endovascular treatment of extensive aortoiliac occlusive disease / V. Jongkind, G.J. Akkersdijk, K.K. Yeung, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 2010. – Vol.52. – P.1376–1383.
91. Kalman, P.G. The current role of isolated profundaplasty / P.G. Kalman, K.W. Johnston, P.M. Walker // *J. Cardiovasc. Surg.* – 1990. – Vol.31. – P.107-111.
92. Kang, S.S. Percutaneous ultrasound guided thrombin injection: a new method for treating postcatheterization femoral pseudoaneurysms / S.S. Kang, N. Labropoulos, M.A. Mansour, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 1998. – Vol.27. – P.1032–1038.
93. Kang, S.S. Expanded indications for ultrasound-guided thrombin injection of pseudoaneurysms / S.S. Kang, N. Labropoulos, M.A. Mansour, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 2000. – Vol.31(2). – P.289–298.
94. Kaplan, J.L. A cost-based comparison between perforator flaps and TRAM flaps / J.L. Kaplan, R.J. Allen // *Plast. Reconstr. Surg.* – 2000. – Vol.105(3). - P.943-948.

95. Katzenschlager, R. Incidence of pseudoaneurysm after diagnostic and therapeutic angiography / R. Katzenschlager, A. Ugurluoglu, A. Ahmadi, [et al.] // *Radiology*. – 1995. – Vol.195. – P.463 – 466.
96. Keen, J.A. A study of the arterial variations in the limbs with special reference to symmetry of vascular patterns / J.A. Keen // *Am J. Anat.* – 1961. – P.245-261.
97. Kent, K.C. A prospective study of the clinical outcome of femoral pseudoaneurysms and arteriovenous fistulas induced by arterial puncture / K.C. Kent, C.R. McArdle, B. Kennedy, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 1993. – Vol.17. – P.125–31, discussion P.131–133.
98. King, T.A. Diabetes mellitus and atherosclerotic involvement of the profunda femoris artery / T.A. King, R.G. DePalma, R.S. Rhodes // *Surg. Gynecol. Obstet.* – 1984. – Vol.159. – P.553-556.
99. Klaphake, S. Mortality after major amputation in elderly patients with critical limb ischemia / S. Klaphake, K. de Leur, P.G. Mulder, [et al.] // *Clin. Interv. Aging.* – 2017. – Vol.12. – P.1985–1992.
100. Koscielny, A. Case–control comparison of profundaplasty and femoropopliteal supragenicular bypass for peripheral arterial disease / A. Koscielny, U. Puetz, W. Willinek, [et al.] // *Br. J. Surg.* - 2010. – Vol.97. – P.344–348.
101. Kresowik, T.F. A prospective study of the incidence and natural history of femoral vascular complications after percutaneous transluminal coronary angioplasty / T.F. Kresowik, M.D. Khoury, B.V. Miller, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 1991. – Vol.13. – P.328–333.
102. Kuma, S. Ultrasound-guided percutaneous thrombin injection for post-catheterization pseudoaneurysm / S. Kuma, K. Morisaki, A. Kodama, [et al.] // *Circ J.* – 2015. – Vol.79(6). – P.1277-1281.
103. Kuo, T.T. Outcome of drug-eluting balloon angioplasty versus endarterectomy in common femoral artery occlusive disease / T.T. Kuo, P.L. Chen, C.Y. Huang, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 2019. – Vol.69 (1). – P.141–147.

104. Lawson, D.W. Limb salvage by extended profundaplasty of occluded deep femoral arteries / D.W. Lawson, GG Gallico, A.S. Patton // *Am. J. Surg.* 1983. – Vol.145. – P.458-463.
105. Leather, R.P. The use of extended profundaplasty in limb salvage / R.P. Leather, D.M. Shah, A.M. Karmody // *Am. J. Surg.* – 1975. – Vol.136. – P.359.
106. Leeds, F.H. Importance of profunda femoris artery in the revascularization of the ischemic limb / F.H. Leeds, R.S. Gilfillan // *Arch. Surg.* – 1961. – Vol.82. - P.25-31.
107. Lemaire, J.M. Percutaneous coil embolization of iatrogenic femoral arteriovenous fistula or pseudoaneurysm / J.M. Lemaire, R.F. Dondelinger // *Eur J. Radiol.* – 1994. – Vol.18. – P.96–100.
108. Loffroy, R. Packing technique for endovascular coil embolisation of peripheral arterial pseudoaneurysms with preservation of the parent artery: safety, efficacy and outcomes / R. Loffroy, P. Rao, S. Ota, [et al.] // *Eur J. Vasc Endovasc Surg.* – 2010. – Vol.40. – P.209–215.
109. Lumsden, A.B. A prospective evaluation of surgically treated groin complications following percutaneous cardiac procedures / A.B. Lumsden, J.M. Miller, A.S. Kosinski, [et al.] // *Am Surg.* – 1994. – Vol.60. – P.132-137.
110. Malgor, R.D. Common femoral artery endarterectomy for lower-extremity ischemia: evaluating the need for additional distal limb revascularization / R.D. Malgor, J.J. 2nd Ricotta, T.C. Bower, [et al.] // *Ann Vasc Surg.* – 2012. – Vol.26(7). – P.946-956.
111. Margulis, A.R. Arteriographic manifestations of peripheral occlusive vascular disease; with the report of two new signs / A.R. Margulis, C.M. Nice, T.O. Murphy // *Am. J. Roentgenology, Radium Therapy, and Nuclear Medicine.* – 1957. – Vol.78. – P.273.
112. Martin, P. On the Surgery of The Profunda Femoris Artery / P. Martin, S. Renwick, C. Stepherson // *Brit. J. Surg.* – 1968. - Vol.55(7). - P.539-542.
113. Martin, P. On the surgery of atherosclerosis of the profunda femoris artery / P. Martin, J.E. Frawley, A.P. Arabas, [et al.] // *Surgery.* – 1972. – Vol.71: 182-189.

114. Martin, P. The Rationale for and Measurement after Profundaplasty / P. Martin, J. Crawford // *Surg. Clin. North Am.* – 1974. - Vol.54(1). – P.95-109.
115. Martin, P. The medium term results after profundaplasty / P. Martin, J. Bouhoutsos // *Br. J. Surg.* – 1977. – Vol.64. - P.194.
116. McNeil Nancy, L. Sonographically guided percutaneous thrombin injection versus sonographically guided compression for femoral artery pseudoaneurysms / L. McNeil Nancy, W. Timothy, I. Clark, // *AJR.* – 2001. – Vol.176. – P.459–62.
117. Mergu, P. Unique variation in origin and branching pattern of profundafemoris artery: a case report / P. Mergu, V.S. Prasad // *OA Anatomy.* – 2014. – Vol.2(1)5. – P.1-3.
118. Merlini, M.P. Surgery of the Deep Femoral Artery / M.P. Merlini, R.J.A.M. van Dongen, M. Dusmet // *Springer-Verlag.* – 1994.
119. Messina, L.M. Clinical characteristics and surgical management of vascular complications in patients undergoing cardiac catheterization: interventional versus diagnostic procedures / L.M. Messina, T.E. Brothers, T.W. Wakefield, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 1991. – Vol.13. – P.593–600.
120. Middleton, W.D. Diagnosis and treatment of iatrogenic femoral artery pseudoaneurysms / W.D. Middleton, A. Dasyam, S.A. Teefey // *Ultrasound Q.* – 2005. – Vol.21. – P.3–17.
121. Miksic, K. Profunda femoris revascularization in limb salvage / K. Miksic, B. Novak // *J. Cardiovasc. Surg.* – 1986. – Vol.27. P.544–552.
122. Minici, R. Percutaneous treatment of vascular access-site complications: a ten years' experience in two centres / R. Minici, S. Paone, M. Talarico, [et al.] // *CVIR Endovasc.* – 2020. – Vol.3(1). – P.29.
123. Mitchell, R.A. Patient Selection for Isolated Profundaplasty. Arteriographic Correlates of Operative Results / R.A. Mitchell, G.E. Bone, R. Bridges // *Am. J. Surg.* -1980.- Vol.138(6). – P.912-919.
124. Morgan, R. Current treatment methods for postcatheterization pseudoaneurysms / R. Morgan, A.M. Belli // *J. Vasc Interv Radiol.* – 2003. – Vol.14. – P.697-710.

125. Morris, G.C. Jr. Anatomical Studies of the Distal Popliteal Artery and Its Branches / G.C. Morris Jr., A.C. Beall Jr., W.B. Berry, [et al.] // S. Forum. – 1959. – Vol.10. – P.498.
126. Morris, G.C. Jr. Arterial Bypass Below the Knee / G.C. Morris Jr., M.E. De Bakey, D.A. Cooley, [et al.] // Surg. Gynec. & Obst. – 1959. - Vol.108. – P.321.
127. Morris, G.C. Jr. Surgical importance of profunda femoris artery / G.C. Morris Jr., E. Edwards, D.A. Cooley, [et al.] // Arch. Surg. - 1961. – Vol.82. – P.32-37
128. Morris-Jones, W. Profundaplasty in the treatment of femoropopliteal occlusion / W. Morris-Jones, C.D.P. Jones // Am. J. Surg. – 1974. – Vol.127. - P.680-686.
129. Motarjeme, A. Percutaneous transluminal angioplasty of the deep femoral artery / A. Motarjeme, J.W. Keifer, A.J. Zuska // Radiology. – 1980. – Vol.135. – P.613–617.
130. Mouawad, N.J. Is isolated profundoplasty enough in critical limb ischemia? / N.J. Mouawad // Vascular. – 2022. – Vol.30(1). – P.183-184.
131. Nakai, M. Percutaneous fluoroscopically guided n-butyl cyanoacrylate (NBCA) injection for iatrogenic femoral arterial pseudoaneurysm under temporary balloon occlusion of arterial blood flow / M. Nakai, M. Sato, H. Sanda, [et al.] // Jpn J. Radiol. – 2012. – Vol.30. – P.365–369.
132. Norgren, L. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II) / L. Norgren, W.R. Hiatt, J.A. Dormandy, [et al.] TASC II Working Group // J. Vasc Surg. – 2007. – 45 Suppl S:S5-67.
133. Oudot, J. The most frequent site of segmental arteritis: superficial femoral arteritis / J. Oudot, J.M. Cormier // Presse Med. – 1953. – Vol.61. – P.1361.
134. Ouriel, K. Revascularization of the distal profunda femoris artery in the reconstructive treatment of aortoiliac occlusive disease / K. Ouriel, J.A. DeWeese, J.J. Ricotta, [et al.] // J. Vasc. Surg. – 1987. – Vol.6(3). – P.217-220.
135. Paulson, E.K. Ultrasonographically guided manual compression of femoral artery injuries / E.K. Paulson, M.A. Kliever, B.S. Hertzberg, [et al.] // J. Ultrasound Med. – 1995. – Vol.14. – P.653–659.
136. Paulson, E.K. Treatment of iatrogenic femoral arterial pseudoaneurysms: comparison of US-guided thrombin Injection with compression repair / E.K.

- Paulson, D.H. Sheafor, M.A. Kliewer, [et al.] // *Radiology*. – 2000. – Vol.215. – P.403–408.
137. Pearce, W.H. Extended autogenous profundaplasty and aortofemoral grafting: an alternative to synchronous distal bypass / W.H. Pearce, R.F. Kempczinski // *J. Vasc. Surg.* – 1984. – Vol.1. – P.455-458.
138. Pell, J. Association between age and survival following major amputation / J. Pell, P. Stonebridge // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* – 1999. Vol.17(2). – P.166–169.
139. Périard, D. Sealing pseudoaneurysms of the femoral artery with saline injection: A new technique / D. Périard, M.A. Rey Meyer, D. Hayoz, [et al.] // *EuroIntervention*. – 2012. – Vol.7. – P.1206–1209.
140. Pope, M. Anaphylaxis after thrombin injection of a femoral pseudoaneurysm: recommendations for prevention / M. Pope, K.W. Johnston // *J. Vasc Surg.* – 2000. – Vol.32. – P.190–191.
141. Prakash, K.J. Variations in the origins of the profunda femoris and the medial and the lateral femoral circumflex arteries: a cadaver study in the Indian population / K.J. Prakash, B.A. Kumar, B.A. Jose, [et al.] // *Rom. J. Morphol. Embryol.* – 2010. – Vol.51(1). – P.167-170.
142. Rajani, S.J. Cadaveric Study of Profunda Femoris Artery with Some Unique Variations / S.J. Rajani, M.K. Ravat, J.K. Rajani, [et al.] // *J. Clinical and Diagnostic Research*. – 2015. – Vol.9(5). - AC01-AC03.
143. Ravikumar, N. Comparative Analysis of Endovascular Intervention and Endarterectomy in Patients with Femoral Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis / N. Ravikumar, G. Sreejith, S.H.C. Law, [et al.] // *Hematol Rep.* – 2022. – Vol.14 (2). – P.179–202.
144. Ricci, M.A. Vascular complications of cardiac catheterization / M.A. Ricci, G.T. Trevisani, D.B. Pilcher // *Am J. Surg.* – 1994. – Vol.168. – P.375–378.
145. Rimm, A.D. Basic biostatistics in medicine and epidemiology / A.D. Rimm, A.J. Hartz, J.M. Kalbfleisch, [et al.] // New York: Appleton-Century-Crofts. – 1980. – P.311-313.

146. Roberts, V.C. Electromagnetic blood flow measurement during extended deep femoral angioplasty / V.C. Roberts, L.T. Cotton // *Act. Chir. Scand.* – 1977. – Vol.143. – P.413-416.
147. Rollins, D.L. Endarterectomized superficial femoral artery as an arterial patch / D.L. Rollins, J.B. Towne, V.M. Bernhard, [et al.] // *Arch. Surg.* – 1985. – Vol.120. – P.367-369.
148. Rollins, D.L. Isolated profundaplasty for limb salvage / D.L. Rollins, J.B. Towne, V.M. Bernhard, [et al.] // *J. Vasc. Surg.* – 1985. – Vol.2. – P.585–589.
149. Rosenfield, K. Trial of a Paclitaxel-Coated Balloon for Femoropopliteal Artery Disease / K. Rosenfield, M.R. Jaff, C.J. White, [et al.] // *N Engl J. Med.* – 2015. – Vol.373(2). – P.145–53.
150. Saad, N.E. Pseudoaneurysms and the role of minimally invasive techniques in their management / N.E. Saad, W.E. Saad, M.G. Davies, [et al.] // *Radiographics.* – 2005. – Vol.25. – Suppl. 1. – P.173-189.
151. Sabnis, A.S. Anatomical variations of profunda femoris artery / A.S. Sabnis // *J. Clin research letters.* – 2013. – Vol.4(1). – P.54-56.
152. Sahana. Circulatory system, Profunda femoris artery / Sahana // *Human Anatomy* 1st ed. The Central Book Agency, Calcutta, India. – 1964. – P.245-261.
153. Savolainen, H. Small Is Beautiful: Why Profundaplasty Should Not Be Forgotten / H. Savolainen, A. Hansen, N. Diehm, [et al.] // *World J. Surg.* – 2007 – Vol.31. – P.2058–2061.
154. Savolainen, H. Comment on “Endovascular Treatment of Profunda Femoris Artery Obstructive Disease: Nonsense or Useful Tool in Selected Cases?” / H. Savolainen // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* – 2010. – Vol.39. – P.515.
155. Savolainen, H. Femoral Pseudoaneurysm Requiring Surgical Treatment / H. Savolainen, I. Baumgartner, J. Schmidli, [et al.] // *Trauma.* – 2011. – Vol.4. – P.194–197.
156. Schaub, F. New aspects in ultrasound-guided compression repair of postcatheterization femoral artery injuries / F. Schaub, W. Theiss, M. Heinz, [et al.] // *Circulation.* – 1994. – Vol.90. – P.1861–1865.

157. Schroeder, H. A Pilot Study of Femoropopliteal Artery Revascularisation with a Low Dose Paclitaxel Coated Balloon: Is Predilatation Necessary? / H. Schroeder, D.R. Meyer, B. Lux, [et al.] // *Eur J. Vasc Endovasc Surg.* – 2017. – Vol.54 (3). – P.348–355.
158. Sheiman, R.G. Thrombin injection for the repair of brachial artery pseudoaneurysms / R.G. Sheiman, D.P. Brophy, L.J. Perry // *AJR.* – 1999. – Vol.173. – P.1029–1030.
159. Shetty, A.S. An atypical outsized lateral circumflex femoral artery and its clinical implications / A.S. Shetty, S. Shetty, G. Rakesh, [et al.] // *JCDR.* – 2012. – Vol.6(7). – P.1284-1245.
160. Sidawy, A.N. Rutherford's Vascular Surgery and Endovascular Therapy, 2-Volume Set. 9th Ed. Philadelphia, PA / A.N. Sidawy, B.A. Perler // Elsevier. – 2019. – P.2211.
161. Silva, J.A. Percutaneous Profundaplasty in the Treatment of Lower Extremity Ischemia: Results of Longterm Surveillance / J.A. Silva, C.J. White, S.R. Ramee, [et al.] // *J. Endovasc. Ther.* – 2001. – Vol.8. – P.75–82.
162. Spoden, M. Amputation rates of the lower limb by amputation level – observational study using German national hospital discharge data from 2005 to 2015 / M. Spoden, U. Nimptsch, T. Mansky // *BMC HealthServ. Res.* – [Internet] – 2019.
163. Standard for diagnostic arteriography in adults: Standards of Practice Committee of the Society of Cardiovascular and Interventional Radiology. // *J. Vasc Interv Radiol.* – 1993. – Vol.4. – P.385 – 395.
164. Standness, D.E. Functional results after revascularization of the profunda femoris artery / D.E. Strandness // *Am J. Surg.* – 1970. - Vol.119(3). – P.240-245.
165. Stone, P.A. Ten-year experience of vascular surgeon management of iatrogenic pseudoaneurysms: Do anticoagulant and or antiplatelet medications matter? / P.A. Stone, M. Martinez, S.N. Thompson, [et al.] // *Ann Vasc Surg.* – 2016. – Vol.30. – P.45–51.
166. Stoney, R.J. Discussion of David T.E., Dresner A.D.: Extended profundaplasty for limb salvage / R.J. Stoney // *Surgery.* – 1978. – Vol.84. – P.748.

167. Taurino, M. The Role of the Profundoplasty in the Modern Management of Patient with Peripheral Vascular Disease / M. Taurino, F. Persiani, R. Ficarelli, [et al.] // *Ann Vasc Surg.* – 2017. – Vol.45. – P.16-21.
168. Taylor, L.M. Extended profundaplasty. Indications and techniques with results of 46 procedures / L.M. Taylor, G.M. Baur, L.R. Eidemiller, [et al.] // *Am. J. Surg.* – 1981. – Vol.141. – P.539–543.
169. Tepe, G. Local delivery of paclitaxel to inhibit restenosis during angioplasty of the leg / G. Tepe, T. Zeller, T. Albrecht, [et al.] // *N Engl J. Med.* – 2008. – Vol.358(7). – P.689–699.
170. Tepe, G. Drug-coated balloon versus standard percutaneous transluminal angioplasty for the treatment of superficial femoral and popliteal peripheral artery disease: 12-month results from the IN.PACT SFA randomized trial / G. Tepe, J. Laird, P. Schneider, [et al.] // *Circulation.* – 2015. – Vol.131(5). – P.495–502.
171. Thomas, M.H. Doppler ultrasound in the functional assessment of extended deep femoral angioplasty / M.H. Thomas, C.R.G. Quick, L.T. Cotton, // *Br. J. Surg.* – 1977. - Vol. 64. – P.368-370.
172. Tisi, P.V. Surgery versus non-surgical treatment for femoral pseudoaneurysms / P.V. Tisi, M.J. Callam // *Cochrane Database Sys Rev.* – 2006. – Vol.1. – P.CD004981.
173. Toursarkissian, B. Spontaneous closure of selected iatrogenic pseudoaneurysms and arteriovenous fistulae / B. Toursarkissian, B.T. Allen, D. Petrinc, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 1997. – Vol.25. – P.803–808.
174. Trenner, M. EL-COVID collaborators. Vascular education through e-Learning / M. Trenner, N. Patelis, O. Bartos // *Vasa.* – 2022.
175. Tunis, S.R. The Use of Angioplasty Bypass Surgery, and Amputation in the Management of Peripheral Vascular Disease / S.R. Tunis, E.B. Bass, E.P. Steinberg // *N Engl J. Med.* – 1991. – Vol.325. – P.556.
176. Ugurluoglu, A. Ultrasound guided compression therapy in 134 patients with iatrogenic pseudoaneurysms: advantage of routine duplex ultrasound control of the puncture site following transfemoral catheterization / A. Ugurluoglu, R. Katzenschlager, R. Ahmadi, [et al.] // *Vasa.* – 1997. – Vol.26. – P.110–116.

177. van der Plas, J.P.L. Isolated Profundaplasty in Critical Limb Ischaemia--Still of Any Use? / J.P.L. van der Plas, J. van Dijk, J.H.M. Tordoir, [et al.] // *Eur. J. Vasc. Surg.* – 1993. - Vol.7. - P.54-58.
178. van Dongen, R.J.A.M. Die Profundarevascularisation; alte und neue Methoden / R.J.A.M. van Dongen, E.D. Schwilden // *Folia Angiol.* – 1974. – Vol.22. – P.222-230.
179. Varty, K. Percutaneous Angioplasty of the Profunda Femoris Artery: A Safe and Effective Endovascular Technique / K. Varty, N.J.M. London, D.A. Ratliff, [et al.] // *Eur. J. Vasc. Surg.* – 1993. – Vol.7. – P.483-487.
180. Vázquez, V. Human thrombin for treatment of pseudoaneurysms: comparison of bovine and human thrombin sonogram-guided injection / V. Vázquez, M. Reus, A. Piñero, [et al.] // *Am J. Roentgenol.* – 2005. – Vol.184(5). – P.1665–1671.
181. Waibel, P.P. Autogenous reconstruction of the deep femoral artery / P.P. Waibel // *J. Cardiovasc. Surg.* – 1966.- Vol.7. – P.179-181.
182. Waltman, A.C. Percutaneous transluminal angioplasty: iliac and deep femoral arteries / A.C. Waltman // *A.J.R.* 1980. – Vol.135. – P.921-925.
183. Watkinson, A.F. Complications of direct brachial artery puncture for arteriography: a comparison of techniques / A.F. Watkinson, G.G. Hartnell // *Clin Radiol.* – 1991. – Vol.44. – P.189-191.
184. Weber, R. Die Profunda Revascularisation / R. Weber, H.M. Becker, G. Baumann // *Thoraxchir. Vask. Chir.* – 1977. – Vol.25:3. – P.132–138.
185. Werk, M. Inhibition of restenosis in femoropopliteal arteries: paclitaxel-coated versus uncoated balloon: femoral paclitaxel randomized pilot trial / M. Werk, S. Langner, B. Reinkensmeier, [et al.] // *Circulation.* – 2008. – Vol.118(13). – P.1358–1365.
186. Werk, M. Paclitaxel-coated balloons reduce restenosis after femoro-popliteal angioplasty: evidence from the randomized PACIFIER trial / M. Werk, T. Albrecht, D.R. Meyer, [et al.] // *Circ Cardiovasc Interv.* 2012. – Vol.5(6). – P.831–840.
187. Yao, J.S.T. The first operation on the profunda femoris artery / J.S.T. Yao // *J. Vasc. Surg.* – 2010. – Vol.52. – P.1101-1102.

188. Ye, W. Early and late outcomes of percutaneous treatment of TransAtlantic Inter-Society Consensus class C and D aorto-iliac lesions / W. Ye, C.W. Liu, J.B. Ricco, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 2011. – Vol.53. – P.1728–1737.
189. Young, A.H. Abnormal Arrangement of the Branches of the Femoral Artery. Note on the Absence of the Profunda Femoris / A.H. Young // *J. Anatomy.* – 1879. – Vol.13(Pt 2). – P.154-156.
190. Yowmans, C.R. Transinguinal distal profunda femoris revascularization / C.R. Yowmans, J.W. Hopkins, J.R. Denich, // *Am J. Surg.* – 1969. – Vol.198. – P.909.
191. Zeebregts, C.J. Comments regarding ‘Endovascular Treatment of Profunda Femoris Artery Obstructive Disease: Nonsense or Useful Tool in Selected Cases?’ / C.J. Zeebregts, I.F.J. TielliuEur // *J. Vasc. Endovasc. Surg.* – 2010. – Vol.39. – P.314-315.
192. Zou, J. Hybrid endarterectomy and endovascular therapy in multilevel lower extremity arterial disease involving the femoral artery bifurcation / J. Zou, Y. Xia, H. Yang, [et al.] // *Int. Surg.* – 2012. – Vol.97. – P.56–64.

Saint-Petersburg University

As a manuscript

KEBRIAKOV

Aleksei Vladimirovich

WAYS TO OPTIMIZE THE RESULTS OF PROFUNDOPLASTY IN THE
TREATMENT OF CHRONIC LOWER LIMB ISCHEMIA.

Scientific Specialty 3.1.15. Cardiovascular surgery

Thesis for the degree of Candidate of Medical Sciences

Translation from Russian

Scientific advisor:
Doctor of Medical Sciences,
SVETLIKOV Alexey Vladimirovich

Saint Petersburg

2023

TABLE OF CONTENTS

INTRODUCTION	147
CHAPTER 1. LITERATURE OVERVIEW	153
1.1. The role of the deep femoral artery in chronic lower limb ischemia.....	153
1.2. Anatomy and features of atherosclerotic lesions of the deep femoral artery.....	155
1.3. Possibilities of diagnostic methods in chronic lower limb ischemia.....	161
1.4. Surgical treatment of atherosclerotic deep femoral artery lesions	168
1.4.1. Profundoplasty.....	168
1.4.2. Deep femoral artery balloon angioplasty and stenting	176
CHAPTER 2. MATERIALS AND METHODS	180
2.1. Characteristics of patient groups	180
2.2. Preoperative Patient Examination Program	186
2.3. Treatment methods for patients.....	189
2.4. Postoperative rehabilitation and follow-up	193
2.5. Statistical processing of the obtained data	195
CHAPTER 3. SURGICAL TREATMENT TECHNIQUE FOR PATIENTS WITH CHRONIC LOWER LIMB ISCHEMIA	197
3.1. Characteristics of classical isolated profundoplasty and a proposal for its modification.....	197
3.2. Flow-guiding profundoplasty	199
3.3. Combined profundoplasty as part of a hybrid operation.....	207
3.4. Endovascular interventions on the deep femoral artery	211
CHAPTER 4. A NEW WAY FOR THE TREATMENT OF CATHETER-RELATED PULSATILE HEMATOMA BY THE METHOD OF TEMPORARY PERCUTANEOUS EMBOLIZATION WITH A GUIDEWIRE.....	215

4.1. Relevance, epidemiology, existing modern methods of treatment of catheter-related pulsatile hematoma.....	215
4.2. Technique of temporary percutaneous embolization with a guidewire of a catheter-related pulsatile hematoma.....	219
4.3. Clinical Study Results	222
CHAPTER 5. RESULTS OF TREATMENT OF PATIENTS WITH CHRONIC LOWER LIMB ISCHEMIA	226
CONCLUSION.....	237
CONCLUSIONS	246
PRACTICAL RECOMMENDATIONS.....	247
LIST OF ABBREVIATIONS.....	248
BIBLIOGRAPHIC INDEX	250

INTRODUCTION

Relevance of the research topic

Peripheral atherosclerosis is a widespread disease that over time covers an increasing number of people. Over the past decade, the number of patients with peripheral arterial disease (PAD) has increased by approximately 13% in developed countries [16, 87, 162]. According to modern estimates, it affects up to 1.9% of people aged 40 to 49 years, up to 6.9% of people aged 50 to 59 years, and by the age of 70 every 5th person is more or less susceptible to this disease [58, 62, 192]. This is facilitated by an increase in a sedentary lifestyle among the adult population of large cities, as well as a high prevalence of risk factors for atherosclerosis - smoking, arterial hypertension, dyslipidemia, obesity, diabetes mellitus, etc. [3].

Atherosclerosis of the arteries of the lower extremities occupies one of the leading positions in the prevalence among PAD and is currently one of the most pressing problems among surgical methods for the treatment of vascular diseases. In 2018, more than 30000 operations were performed in Russia on the aortoiliac segment and infrainguinal arteries for chronic limb arterial insufficiency (CLAI) of the lower extremities, and this is approximately 30% more than in 2014 [16, 22, 26]. A similar trend is also characteristic of the United States and European countries [162].

However, the results of CLAI treatment cannot be called satisfactory [26, 162]. Tissue loss develop in 42–67% of patients with CAI, which leads to long-term disability, a significant decrease in the quality of life, amputation, and death [8, 19, 20, 21, 56]. Independent studies by authors from Sweden, Denmark and Finland have shown that the frequency of "major" amputations, based on large population or national registries, varies from 120 to 500 per 1,000,000 population per year [138, 175]. In Russia, the average annual number of "major" amputations of vascular origin has reached 300 per 1,000,000 population per year [2]. The mortality rate after amputation increases every year and after 2 years can reach 50% [16, 99, 138]. In persons over 80 years of age, deaths occur in approximately 60% 6 months after amputation at the level of the thigh [99].

Treatment of patients with PAD requires an integrated approach: correction of risk factors, drug therapy, and, if necessary, endovascular/hybrid/open surgery [25]. Due to the relevance of arterial thrombosis in a new coronavirus infection and the somatic severity of patients, methods for restoring blood flow with minimally traumatic and effective methods are extremely relevant [15, 24, 27, 174].

Open and endovascular limb revascularization operations through the deep femoral artery (DFA) are a common treatment for CLAI. The patency after surgical reconstruction of the DFA in the late postoperative period is several times higher than the patency of the distal shunt [1, 7, 28]. Currently, there are no reliable and reliable instrumental methods to assess the quality of collateral circulation in the limb and, thus, to predict the outcome of revascularization. The role of operations on the DFA is not fully defined, there are no recommendations and clear indications for their implementation, especially when it comes to critical lower limb ischemia (CLI) [16, 68, 130, 171].

Surgical plasty of the DFA – profundoplasty, has established as an operation with excellent results in terms of long-term patency, low morbidity and mortality, and a short hospital stay [26, 153]. More than 50 years have passed since the surgical technique for eliminating DFA stenosis with plasty with an autovenous patch was described by P. Martin and co-authors in 1968, but since then practically nothing has changed both in the technique of performing the operation and in relation to indications for surgery [191]. By the end of the 20th century, due to the breakthrough of percutaneous endovascular treatment methods, the attention of the world community of vascular surgery switched to the methods of endovascular and hybrid restoration of in-line flow through the femoropopliteal segment. There is insufficient data in the literature to include atherosclerotic lesions of the DFA and methods for their correction in the recommendations, to determine a clear place for profundoplasty in vascular surgery [16, 100, 153]. In particular, this type of operation is not mentioned at all in the TransAtlantic Inter-Society Consensus [65, 153]. Revascularization of the limb with the restoration of pulsatile inline flow to the arteries of the foot is almost always the preferred tactic in the treatment of CLI, especially in patients with tissue loss [68]. There are insufficient data in the literature regarding the isolated surgical treatment of atherosclerotic lesions of the

DFA in patients with CLI [130]. The choice of direct limb revascularization, especially when it comes to CLI, is logical and intuitive. However, under certain conditions, DFA plasty is no less effective.

It is necessary to optimize treatment tactics and find ways to improve the results of profundoplasty, reducing the risk of amputation and increasing the quality and life expectancy of patients [16, 26].

The study goal: to improve the results of profundoplasty in patients with chronic lower limb ischemia with widespread obliterating atherosclerosis by optimizing the tactics and improving the methods of surgical treatment.

The study objectives

1. To conduct a retrospective analysis of the results of profundoplasty in patients with chronic ischemia of the lower extremities with diffuse atherosclerosis;
2. To modify the surgical technique of profundoplasty;
3. To develop therapeutic algorithms for the tactics of performing profundoplasty for patients with critical limb ischemia with diffuse atherosclerosis;
4. To analyze postoperative complications and develop a new minimally invasive method for the treatment of post-catheterization pulsatile hematomas.

Novelty of the study

For the first time, optimal therapeutic algorithms for the management of critical limb ischemia in patients with hemodynamically significant lesion of the deep femoral artery in combination with occlusion of the superficial femoral artery have been proposed. At the same time, predictors of the effectiveness of profundoplasty in conditions of an occluded superficial femoral artery were identified.

The scientific novelty of the study is the development of indications for profundoplasty in patients with critical limb ischemia, depending on the assessment of the patency of the distal arterial segment and morphological criteria for tissue loss.

A new modification of the profundoplasty technique has been proposed, which, in combination with endovascular restoration of the iliac segment as part of a hybrid operation, can increase the efficiency of profundoplasty in patients with critical limb

ischemia and the formation of tissue loss in conditions of an occluded superficial femoral artery.

A new minimally invasive method for the treatment of post-catheterization pulsatile hematomas has been developed and put into practice - temporary embolization of the cavity of a pulsatile hematoma with a guidewire (application for a patent for a useful invention No. 2022105091 dated 25.02.2022).

Practical significance

The assessment of the distal arterial segment in the lower limb for the presence of a “recipient zone”, as well as the morphological assessment of tissue loss according to the classification of chronic limb ischemia according to R. Rutherford (1997) makes it possible to predict the effectiveness of profundoplasty in patients with critical limb ischemia in conditions of an occluded superficial femoral artery.

The use in clinical practice of the developed modification of the profundoplasty technique in combination with endovascular restoration of the iliac segment as part of a hybrid operation makes it possible to increase the efficiency of profundoplasty in patients with critical limb ischemia and the formation of trophic ulcers in conditions of an occluded superficial femoral artery.

The introduction of a new minimally invasive method for the treatment of post-catheterization pulsatile hematomas makes it possible to treat this complication effectively and safely, which can potentially replace existing methods due to its simplicity, low trauma and accessibility.

Provisions brought for defence

1. Profundoplasty is an effective treatment for chronic limb ischemia with diffuse atherosclerosis and in 90.9% of cases leads to regression of ischemia.
2. A new modification of the surgical technique of profundoplasty, flow-guiding profundoplasty, performed in combination with endovascular restoration of the iliac segment as part of a hybrid operation, is a reliably effective method for the treatment of chronic limb ischemia with a combined atherosclerotic lesion of the deep femoral artery and the iliac segment.

3. The developed algorithms for the treatment of critical limb ischemia improve the immediate results of profundoplasty.
4. A new minimally invasive method for the treatment of post-catheterization pulsatile hematomas, temporary embolization of the cavity of a pulsatile hematoma with a guidewire, is effective and safe.

Personal contribution of the author

The author personally collected material for the study; reviewed medical records, including case histories, operating protocols, anesthesia cards; studied the immediate and long-term results of treatment; on the basis of the received data, formed a single electronic database; carried out statistical processing of the material; performed the analysis and gave a scientific interpretation of the results. He was directly involved in the treatment of patients, including at the stage of performing surgical interventions on the arteries of the aortofemoral segment and the treatment of postoperative complications.

Practical implementation of the work

The main provisions and practical recommendations of the study are implemented in the treatment process of the Vascular surgery Department of the The Federal State Budgetary Institution «North-Western district scientific and clinical center named after L. G. Sokolov Federal Medical and Biological Agency» (St. Petersburg, Kultury Ave, 4).

The results of the study are used in the educational process at the Department of Faculty Surgery, Saint Petersburg State University (St. Petersburg, Universitetskaya nab., 7-9).

Work approbation

The materials of the study were reported and discussed at the 34th International Conference "Prospects for the development of vascular surgery in the country and its regions" of the Russian Society of Angiologists and Vascular Surgeons (Yaroslavl, 2018); at the Second St. Petersburg practical course "Applied aspects of vascular surgery, interventional radiology and phlebology. Difficult case in my practice" (St. Petersburg, 2018); at the 3rd Russian-Finnish conference "Unresolved issues in the treatment of diseases of the aorta, peripheral arteries, veins and stroke prevention - the latest trends, concepts and prospects" (St. Petersburg, 2019); at the International Seminar on the

Treatment of Critical Lower Limb Ischemia (CLIC 2019) (Italy, 2019); at the V Anniversary Scientific and Practical Conference "Limb Salvation - a Multidisciplinary Approach" LISMA 2019 (St. Petersburg, 2019); at the 35th International Conference "Introduction of High Technologies in Vascular Surgery and Phlebology" of the Russian Society of Angiologists and Vascular Surgeons (St. Petersburg, 2019); at the 33rd Annual Meeting of the European Society of Vascular Surgeons (Germany, 2019); at the 36th International Conference "Horizons of Modern Angiology, Vascular Surgery and Phlebology" of the Russian Society of Angiologists and Vascular Surgeons (Kazan, 2021); at the 37th International Conference "Horizons of Modern Angiology, Vascular Surgery and Phlebology" of the Russian Society of Angiologists and Vascular Surgeons (Kislovodsk, 2022); at the 30th Congress of the World Society of Cardiovascular and Thoracic Surgeons (St. Petersburg, 2022).

Publications

On the topic of the dissertation, 4 scientific papers were published, including 2 articles in central journals peer-reviewed by the Higher Attestation Commission of the Russian Federation, and an application for 1 patent for an invention was filed.

Structure and scope of the work

The dissertation is presented on 126 pages of typewritten text; consists of an introduction, 5 chapters, a conclusion, conclusions, practical recommendations and a bibliographic index, which contains 192 sources, 161 of them are works by foreign authors. The dissertation is illustrated with 39 figures and contains 7 tables.

CHAPTER 1. LITERATURE OVERVIEW

1.1. The role of the deep femoral artery in chronic lower limb ischemia

The decision to perform surgical treatment of CLAI is based primarily on the severity of clinical symptoms. The most pronounced clinical picture in the form of the formation of tissue loss is observed with occlusive lesions of the magistral arteries. Depending on the tactics of the surgical approach, occlusive lesions of the arteries supplying the lower extremities can be divided into the following levels in the relation to the inguinal ligament: 1- aortoiliac (proximal; 2- femoropopliteal-tibial (distal); 3- combination of proximal and distal levels [164]. As a rule, with an occlusive lesion of one level, intermittent claudication (IC) of varying severity develops [164]. Combined occlusion usually leads to more severe ischemia, manifested as pain at rest and the appearance of trophic ulcers [164].

However, often occlusion at only one of the levels can provoke CLI. Despite the fact that PAD is inherently prone to segmental development, there are various options for localization and severity of arterial patency disorders [52, 125, 126, 127]. Occlusion of the superficial femoral artery (SFA) occurs in up to 50% of all arterial lesions of other localizations [26, 79, 100]. At the same time, it is often (32-61%) combined with a steno-occlusive lesion of the tibial arteries [4, 5, 8]. Lesion of two or more tibial arteries occurs in half (53.3%) of cases [8, 20].

With an occlusive type of the lesion, the viability of the limb depends on the collateral circulation and the degree of its development [26]. In case of proximal occlusive lesion, the internal iliac artery (IIA) plays the main role in the collateral circulation, while in distal lesion, the DFA plays the main role. According to number of authors, the functional state of the DFA is of key importance in the collateral circulation in the lower limb [34, 100]. Atherosclerotic lesion of the DFA in combination with an occlusive lesion at any of the levels is accompanied by decompensation of circulation, often with the formation of trophic ulcers. On the contrary, the preservation of intact DFA in many cases determines the lower severity of ischemia symptoms and the preservation of limb function

[8, 12, 13, 14, 16, 17, 43, 44, 184]. Despite the fact that DFA and its collaterals may play a crucial role in the preservation of the limb, their evaluation before attempting revascularization in order to predict effectiveness is difficult [27, 38].

The greatest realization of the potential of DFA plasty is achieved when it combined with the restoration of the iliac, femoropopliteal or tibial limb segments. Profundoplasty as a method of limb revascularization in an isolated form is often questioned, especially in the presence of tissue loss [69, 80, 123, 153]. Basically, this operation is preferred in the absence of the possibility of performing endovascular surgery or femoropopliteal-tibial bypass, including in case of unsatisfactory outflow through the popliteal artery or tibial arteries, and the absence of adequate venous material for bypass [69, 121, 153].

The role of isolated profundoplasty in CLI is commonly cited as a way to preserve the upper part of the tibia when choosing the level of amputation [100, 114]. Meanwhile, according to many literature sources, DFA plasty is highly effective and reliable not only in the treatment of IC, but also often able to relieve rest pain, and in certain cases, lead to healing of trophic ulcers and delimitation of necrosis on the foot [30, 42, 44, 47, 61, 134, 148, 168, 179, 191].

Despite the ambiguous clinical result, the patency of the reconstructed DFA in the late postoperative period is several times higher than the patency of the distal bypass, as well as the femoral-popliteal bypass after repeated reconstructions [7, 9, 10]. There are reports of primary patency after endarterectomy of the common femoral artery (CFA) and DFA with autovenous plasty of more than 95% within 5 years [167]. At the same time, mortality in the postoperative period is up to 1% [110]. The primary patency of the distal autovenous bypass, according to the literature, is reduced to 63%, and in some studies to 29% within 5 years [64]. Although the chance of saving a limb with bypass surgery is much higher and can be as high as 97% at 5 years, due to the reoperations that are required for bypass retrombosis, the overall 5-year survival rate is about 50% [64]. Long-term survival after isolated profundoplasty is higher and is about 77% within 5 years [110]. In addition, the surgical risk is comparatively higher after bypass surgery, at more than 2% [110]. Autovenous femoral-popliteal bypass compared with distal bypass has better

patency results, but often in patients with CLI, the femoral-popliteal segment is unsuitable for distal anastomosis. Endovascular treatment is associated with lower perioperative risks, but long-term patency outcomes are inferior to surgical treatment, requiring reoperations and compromising limb preservation [16, 53].

One of the main problems that faces when choosing profundoplasty as a method of limb revascularization is the unpredictable effectiveness of the intervention [26, 148]. At the moment, there are no reliable instrumental methods to assess the quality of collateral circulation in the limb and, thus, to predict the outcome of revascularization [27]. Therefore, it is important to define clear indications for performing profundoplasty, to conduct the correct selection of patients, and to develop new profundoplasty techniques to improve the results of the operation.

1.2. Anatomy and features of atherosclerotic lesions of the deep femoral artery

The main feature of the DFA anatomy is that its branches form a system of collaterals throughout the lower limb, anastomosing not only with each other, but also with the branches of the IIA, SFA, popliteal artery (PA) and tibial arteries.

As a rule, the DFA is the widest and most significant branch of the common femoral artery (CFA), as well as the main vessel through which blood is supplied to the thigh. At the same time, anatomically, DFA can have different variants, even on different limbs in the same person [45].

According to the classical descriptions, the DFA originates in the femoral triangle from the lateral wall of the CFA, on average 3-4 cm below the inguinal ligament, then descends deep and downward and lies on the surface of the iliac, pectineal, short and long adductor muscles. Located in the femoral triangle anterior to the femoral vein, it continues along the lateral wall of the SFA, gradually deviating medially, in the region of the apex of the femoral triangle reaches the inner side of the thigh, where it diverges from the SFA at the upper edge of long adductor muscle of the thigh, going under the muscle. Further, the artery deviates laterally, being in the projection of the rough line of the femur, and ends in the lower third of the thigh in the form of a small branch, perforating the adductor

magnus muscle and anastomosing in the popliteal fossa with the muscular branches of the PA [45].

The medial (MFCA) and lateral (LFCA) femoral circumflex arteries branch off the trunk of the DFA in the femoral triangle, while the LFCA, as a rule, branch off more distal to the MFCA. MFCA goes inward and upward and gives branches to the pectineus muscle, the adductor muscles of the thigh and the hip joint. LFCA goes to the lateral side under the rectus muscle, where it divides into an ascending branch, going up and laterally to the greater trochanter, and a descending branch, branching in the quadriceps muscle.

Perforating arteries branch off the posterior surface of the DFA and, perforating the adductor muscles, pass to the posterior surface of the thigh. With the exception of the first perforating artery, they branch off the trunk of the DFA when it lies under the long adductor muscle. The branches of the perforating arteries anastomose with the muscular branches of the PA, the medial and lateral genicular arteries, one of which, in the region of the vastus medialis muscle of the thigh, has an unusually large diameter in the case of occlusion of the SFA, and therefore was called the «great collateral artery» (Figure 1) [112].

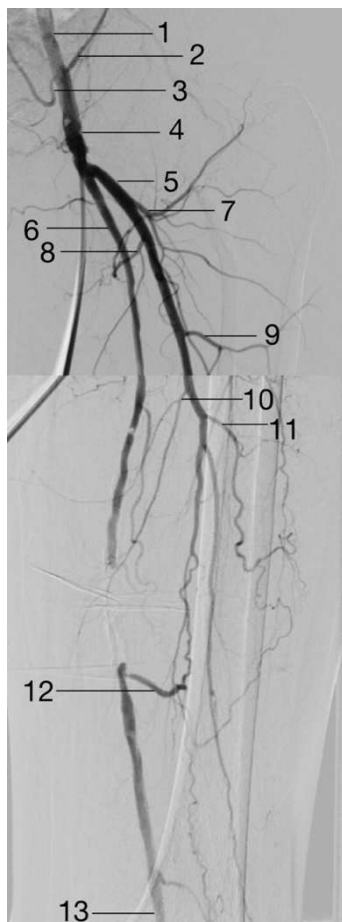


Figure 1. Angiographic image of the arteries of the distal iliac, femoral, proximal popliteal segments of the left lower limb (the superficial femoral artery is occluded in the middle 1/3): 1 – distal external iliac artery; 2 – superficial epigastric artery; 3 – superficial external pudendal artery; 4 – common femoral artery; 5 – deep femoral artery; 6 – superficial femoral artery; 7 – lateral femoral circumflex artery; 8 – medial femoral circumflex artery; 9 – first perforating branch of the deep femoral artery; 10 – second perforating branch of the deep femoral artery; 11 – third perforating branch of the deep femoral artery; 12 – great collateral artery; 13 – proximal popliteal artery.

During embryogenesis, the development of the vascular system of the lower limbs precedes the formation of morphological and molecular changes in the mesenchyme; therefore, variations in the anatomical structure of vessels in this area are the rule rather than the exception [60, 96]. Anomalies in the structure of the DFA and its branches are possible both in the absence of significant general genetic disorders, and in combination with congenital disorders of the genome, for example, in Down syndrome [60].

Accounting for the anatomical features of the DFA is important not only when performing open surgical operations on it, but also when performing percutaneous interventions, which makes it possible to avoid a number of iatrogenic complications associated with CFA puncture, including the formation of arteriovenous fistulas and pseudoaneurysms. Non-standard anatomy of the DFA can make hemostasis difficult to control with the development of severe bleeding [39, 59, 142]. Also, knowledge of the anatomy of the DFA is important to prevent necrosis of the flap, in particular the tensor fascia lata of the thigh, during plastic and reconstructive operations after mastectomy [141, 142, 159]. As an alternative to CFA, DFA can be used for hemodialysis [60, 94].

A number of sectional studies confirm that the posterolateral or lateral side of the outlet from the CFA is most typical for DFA (71.21%) [60, 83, 117, 142, 152]. At the same time, posterolateral outlet was observed in 42.1-53.03% of cases [45, 60, 142]. Posterior-medial and medial outlet of the DFA trunk occurs in 24.24-31.25% of cases [60, 142]. During medial outlet, the DFA trunk descended along the medial wall of the SFA to the apex of the femoral triangle and then along the medial surface of the femoral vein went deep between the pectineus and long adductor muscles [45, 60]. In the study by D. Dixit et al., posterior and medial outlet of the DFA trunk occurred in 89 (39%) cases. At the same time, in 5 of them, it passed superficially along the anterior surface of the femoral vein, forming an arterial ring around the saphenofemoral junction. This anatomical variant is associated with the risk of DFA damage during puncture of the femoral vein for blood sampling, as well as when the great saphenous vein is exposed during crossotomy [60]. In a sectional study by J. Rajani et al., in which anatomy was studied in 66 people, a case of anterior-lateral outlet of the DFA from the CFA, previously not described in the scientific literature, was discovered for the first time [142].

According to the results of the analysis of the anatomy in 430 patients, the distance between the inguinal ligament and the ostium of the DFA can vary from 25 to 51 mm. Only in 28% it was the same in both lower extremities in the same individual [45]. In the study by D. Dixit et al., the average distance of the ostium of the DFA from the inguinal ligament on the right side was 31-40 mm, and on the left – 41-50 mm [60]. Cases of a high discharge of the ostium of the DFA – 0-10 mm from the inguinal ligament are described (1.6-16.6%) [142, 151].

In one of the analyzes performed, only 64% of both circumflex arteries originated from the DFA trunk. In other cases, one or both arteries originated from the CFA trunk and had complete dissociation from the DFA. At the same time, the trunk of the DFA and circumflex arteries, which have a separate ostium in the CFA, may have the form of a trifurcation. In rare cases, the circumflex arteries originated from the external iliac artery (EIA). Examples are described when not only both circumflex arteries originated from the femoral artery, but also one of the perforating arteries also originated from the medial wall of the CFA below the ostium of the MFCA. In another case, the ostium of the first perforating branch was found at MFCA. It was found that the ostium of the MFCA more often originates from the femoral artery (16%) than the ostium of the LFCA (9%). In 13% of cases, both circumflex arteries originated from CFA. In such cases, in 84.6% of the examined limbs, the orifices of the circumflex arteries were located above the orifice of the DFA trunk. At the same time, the pattern remained that the MFCA originates above the LFCA, regardless of where their orifices are located. Not only the branches of the DFA may have an abnormal origin from other magistral arteries, but also the superficial branches of the EIA and CFA can originate from the DFA. This feature was more often observed at a high location of the ostium of the DFA [142]. A case of the complete absence of the DFA trunk on one side was also described, while the circumflex and perforating branches originated from the CFA and SFA [189].

Unlike the SFA, which is an artery of the «conducting» type, the DFA can be attributed to the artery of the «feeding» type, in the likeness of the superior mesenteric, renal or internal carotid arteries. For arteries of this type, lesion of the ostium and proximal parts is more typical, while the distal parts of the DFA and its branches in many

cases manage to avoid significant atherosclerotic changes, which allows them to maintain collateral function [61, 104, 112, 114, 179]. It is noted that the most severe atherosclerotic lesion of the DFA with spread to its distal parts is more common in patients with diabetes mellitus [69, 98].

The «conducting» type arteries, as a rule, have a small number of branches and are prone to the formation of extended occlusions, as, for example, in the case of the SFA, which is often occluded all the way from the ostium to the PA [112].

According to studies based on angiographic data, DFA occlusion is quite rare (3.8-6%), while SFA occlusion observed in 59% of cases, and PA in 29%. Even in the presence of DFA occlusion in the ostium, the patency of the DFA trunk and its branches is usually maintained due to functioning muscular collateral branches and anastomoses with branches of the external and internal iliac and common femoral arteries [112].

DFA stenosis occurs in 10 to 12% [43, 75, 111]. At the same time, J. Beales et al. revealed stenosis at the ostium of the DFA in 59% of patients with SFA occlusion. Of these, in 74% of cases, the lesion was localized in the proximal part of the DFA [41]. In studies that studied only limbs with symptoms of ischemia, stenotic lesion of DFA occurred in up to 59% of cases [41, 42, 69]. Most often, an atherosclerotic lesion of the ostium of the DFA is associated with the spread of an atherosclerotic plaque from the CFA along the posterior wall, which, according to some data, is up to 80% of all cases [42, 113, 133]. According to other data, the DFA lesion was detected before the first perforating branch (74%), after the first perforating branch (12%), and a diffuse lesion of the entire arterial trunk (14%) [179].

However, the authors note that despite the possible presence of a smooth lumen on angiography in several projections, extended atherosclerotic changes can be detected during vessel section, which suggests a high incidence of atherosclerotic changes in the distal parts of the DFA [8, 42].

With occlusion of the SFA, the structure and geometry of the DFA undergo significant changes in the form of alignment of the trunk axis, an increase in diameter, and thickening of the walls [8]. Extended occlusion or occlusion of the distal parts of the SFA leads to the «switching off» of the re-entry collaterals («recipient zone»), which are

mainly associated with the DFA [164]. Tissue ischemia and hydrodynamic pressure gradient in the arteries distal to the occlusion provoke the secretion of humoral factors that stimulate the development of collateral anastomoses and the formation of new collateral vessels, which, in turn, form anastomoses with the PA and tibial arteries [8, 179]. The development of preformed and new collaterals sometimes reaches the stage when there are no symptoms of ischemia, and the pulse is palpable on the arteries of the foot [8, 75, 112]. One study reported the appearance of a palpable pulse on the foot in 20-30% of cases after profundoplasty [148]. The degree of limb ischemia compensation also depends on the ability of the DFA and its branches to dilate [114].

In case of occlusion of the SFA, DFA and the deep-femoral-popliteal system of collaterals take on the role of blood supply to the limb through the femoropopliteal segment [26]. However, the state of the ostium and trunk of the DFA does not allow full use of the potential for blood supply through the collaterals. Four aspects hinder optimal blood flow through the DFA [118].

The ostium of the DFA is the first weak point. Bending of the ostium of the DFA in the posterolateral direction causes a significant loss of kinetic energy and, thus, a decrease in blood flow. This is a hemodynamic aspect [26, 118].

DFA has often a narrowing in the proximal part due to the formation of atheroma or atherosclerotic plaque, especially in the occluded femoropopliteal segment [41, 118]. This is a pathological aspect, or organic stenosis.

The third obstacle is due to the formation of turbulent blood flow in the proximal part of the DFA. Turbulence is caused by a change in the direction of blood flow at the ostium of the DFA, a sharp decrease in diameter during the transition of the CFA to the DFA, stenosis in the proximal part of the DFA (including due to thickening of the intima) and narrowing at the ostium of the SFA. All these sources of turbulence lead to a significant limitation of blood flow, similar to stenosis [26, 118].

The geometric shape of the DFA trunk is the fourth obstacle to full blood flow through it. Geometric analysis by R. Berguer et al. determined the importance of this factor as the reason for the decrease in blood flow through the DFA [43, 118]. In any bifurcation of large-caliber arteries, including the bifurcation of the CFA, the total cross-

sectional area of the branches is greater than in the common trunk. When the SFA is occluded, the vascular tract undergoes a sharp decrease in caliber at the level of the ostium of the DFA. R. Berguer et al. demonstrated that the average value of the area ratio (the ratio of the cross-sectional area of DFA to the cross-sectional area of CFA) is equal to 0.5 [43]. This means that regardless of the presence of a stenosing lesion of the DFA, the proximal part of the DFA itself represents an anatomical stenosis of about 50% [26, 43, 118].

Starting from the level of the orifices of the femoral circumflex arteries, the trunk of the DFA divides many times over a relatively short distance. At each division level, the total cross-sectional area increases. Thus, in accordance with geometric laws, the degree of proximal stenosis will gradually decrease at the level of each division of the artery. Until the most distal branch of the trunk is reached, DFA stenosis will not be eliminated. Thus, the entire trunk of the DFA is a geometric and anatomical stenosis [26, 28, 118].

Atherosclerotic narrowing of the DFA is one of the factors determining the degree of stenosis, certainly having a negative effect on blood flow. However, the elimination of an atherosclerotic lesion alone, according to some authors, will not lead to a significant hemodynamic improvement. Geometric stenosis of the DFA should also be eliminated. This can be achieved by increasing the diameter of the DFA along its entire length. To obtain the maximum effect, the expansion of the artery should be carried out to the most distal perforating branch [26, 118].

1.3. Possibilities of diagnostic methods in chronic lower limb ischemia

Preoperative assessment of the extent of the DFA lesion, the quality of collateral circulation, outflow in the extremity based on angiographic and ultrasound diagnostic methods is of key importance in the choice of surgical tactics. At the present time, there are convincingly no exact reliable criteria by which it would be possible to predict the effectiveness of profundoplasty, especially in patients with CLI.

The importance of assessing angiographic criteria for the prevalence of atherosclerotic lesions of the DFA is emphasized by many authors [69, 123, 148]. R. Mitchell et al. identified the following predictors of successful profundoplasty based on angiographic signs: 1) minimal occlusive lesion of the distal DFA; 2) well-developed collateral circulation in the DFA; 3) minimal occlusive lesion of the tibial arteries [123]. Other authors distinguish the following gradations among the angiographic criteria for assessing the outflow channel of the popliteal segment: 1) good - patent PA and two or three tibial arteries; 2) mediocre - patent PA and one tibial artery; 3) poor - occlusion or stenosis of more than 75% of PA [16, 69].

When assessing the patency of the DFA ostium during digital subtraction angiography (DSA), according to one of the data, it is recommended to perform images in two projections [177]. According to other data, one lateral oblique projection is sufficient [123, 164].

There is a direct association between the degree of stenosis at the ostium of the DFA and clinical improvement after profundoplasty [123, 177]. R. Mitchell et al. found that profundoplasty with less than 50% stenosis at the ostium of the DFA is inappropriate [123]. The presented data do not correlate with the theory that even a minimal stenosing lesion of the DFA ostium is critical under conditions of an occluded SFA [43]. At the same time, with lesions of other localizations in aortoiliac segment and lower extremities, stenosis of less than 50% is not an indication for correction.

Angiographic study of the collateral communication of the DFA and the arteries of the popliteal and infrapopliteal segments has one of the decisive values for predicting the effectiveness of profundoplasty. J. Fernandes et al. found a direct correlation between good collateral communication and a successful clinical outcome [71]. C. Anderson et al. pointed out that successful revascularization requires the presence of a patent large descending branch of the DFA that anastomoses with the genicular branch of the PA [36]. R. Stoney noted that damage to the collateral branches proximal to the level of the patent PA is associated with an unfavourable clinical outcome after profundoplasty [166]. R. Mitchell et al. note that an obliterating lesion of the DFA collateral system at any of the levels (distal part of the DFA, middle part of the thigh, genicular area) has an

unfavourable prognostic value, and the presence of angiographic signs of an unaffected DFA collateral system is associated with a favourable clinical outcome after profundoplasty in 90% of cases [16, 123].

W. Morris-Jones and C. Jones revealed the most significant difference in the quality of DFA collaterals on the thigh between the arteriograms of patients with IC and CLI [128].

According to a number of authors, PA status correlates with the results after profundoplasty [123]. L. Cotton and V. Roberts established a positive clinical effect after the operation in 87% of cases with patent PA, while in the case of occluded or critically stenosed PA, the operation was accompanied by clinical success only in 33% of cases [47, 146]. T. David and A. Drezner revealed a less dramatic significance of patent PA for a positive outcome after profundoplasty, reporting a clinical improvement in 93% of cases with patent PA and 72% with occluded PA [16, 51].

R. Fugger et al. did not find a relationship between patent PA and the effectiveness of profundoplasty, but the number of patent tibial arteries was of prognostic value [72]. W. Morris-Jones and C. Jones obtained directly proportional results depending on the number of patent arteries in the lower leg [128]. K. Miksic and B. Novak revealed a strong relationship between at least one patent tibial artery, as well as the arterial arch of the foot, and a positive clinical effect after profundoplasty [121]. K. Varty et al. determined a scoring system of gradations from 0 to 6 points to assess the outflow on the lower leg, where each tibial artery was assigned the following number of points: completely patent – 2 points; with lesions, but patent – 1 point; occluded – 0 points [179]. The authors concluded that this rating scale is a more sensitive indicator of clinical outcome than the presence of patent PA [179]. According to the results of the study, in all cases of lack of clinical improvement after restoration of the patency of the DFA, the maximum score was 1 [179]. At the same time, in the presence of one healthy tibial artery, clinical improvement was achieved in 77% of cases [179]. In the study of K. Donas et al., healing of tissue loss was achieved in 5 out of 6 patients, while the average number of patent tibial arteries in the study was 1.8 [16, 61].

As is known from the Hagen-Poiseuille law, flow and resistance depend on length and diameter. Thus, the more branches the DFA has, the less resistance to blood flow and the better the outflow. In a study by N. Balasundaram et al., the presence of more than five branches with a diameter of more than 2 mm in DFA was an independent statistically significant predictor of long-term patency after operations on the iliofemoral segment, including after profundoplasty [28, 38]. To assess the patency of the arteries, computed tomography (CT) angiography has now moved digital subtraction angiography (DSA) from the position of the “gold standard”, except in cases where the patient has contraindications for CT-angiography, which include an allergic reaction to iodine-containing drugs, renal failure [16, 23].

R. Malgor et al. presented a multivariate analysis that showed a significant relationship between the R. Rutherford category of CLAI, the TASC II classification, and the clinical outcome after profundoplasty. The most significant predictors of limb loss or reoperation were CLAI category 5 (minor tissue loss) with TASC D lesions and CLAI stage 6 (major tissue loss) regardless of TASC lesion. On the contrary, in patients with CLAI category 5 and TASC lesions from A to C, isolated profundoplasty can be clinically effective [16, 110].

It is estimated that the measurement of the ankle-brachial index (ABI) in the preoperative period has no significant prognostic value for evaluating the effectiveness of profundoplasty, since it reflects the total resistance to blood flow in the limb caused by obstructive lesion, without determining the localization of obstruction [36, 73, 105, 171, 190, 191]. However, there is evidence of a prognostically favourable outcome after profundoplasty with hemodynamic parameters such as ankle systolic pressure above 40 mm Hg and an ABI greater than 0.25 measured at rest [123]. ABI often does not increase in the early postoperative period, which does not always reflect the clinical outcome [61, 91, 164]. According to some reports, the ABI in the early postoperative period increased in 45% of cases [171]. An increase in ABI in the postoperative period strongly correlates with clinical improvement after surgery [164, 171]. As a rule, the ABI increases by 0.10-0.015 in patients with a positive clinical effect after profundoplasty [123, 148]. According to C. Boren et al., an increase in ABI of more than 0.10 in the early postoperative period

was observed in 69% of patients with clinical improvement [16, 44]. Furthermore, the increase in ABI measured at rest has been reported to be more sensitive after bypass surgery, while after DFA surgery, the ABI gradient measured before and after exercise is more indicative [171]. At the same time, physical activity was a standardised walking on a treadmill with an incline of 2-5 degrees and a speed of 4 km/h for up to 5 minutes or until the moment of stopping due to development of IC [171].

The measurement of segmental pressure is one of the predictors of the effectiveness of profundoplasty, since it allows you to determine the location and extent of the obstructive lesion and, thus, gives an idea of the resistance of the collaterals at each of the levels [171]. Segmental pressure is measured at the level of the ankle, above and below the knee joint, and at the proximal femur [16, 148, 164].

C. Boren et al. calculated a number of indices based on the ratios of segmental pressure indicators at each of the levels [44]. The decrease in pressure on each of the segments of the limb, which is reflected by the resistance in this collateral area, was calculated and expressed in the segmental pressure gradient index (Figure 2).

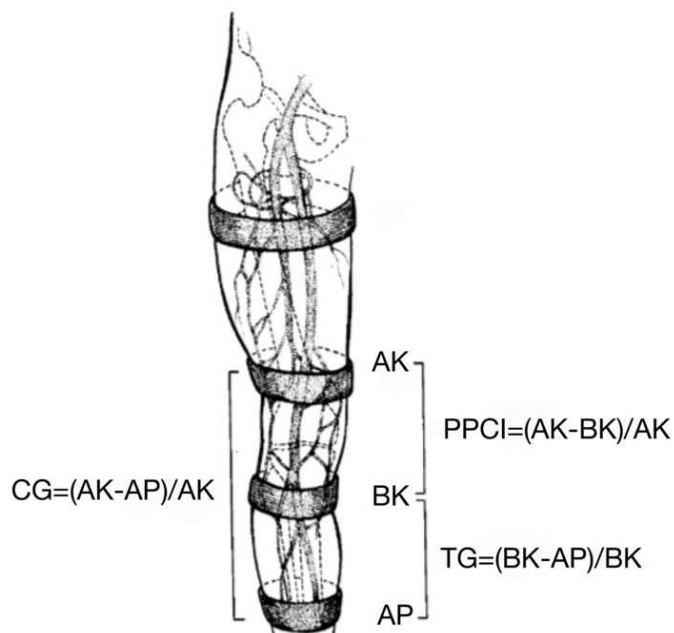


Figure 2. Schematic representation of the location of the cuff when measuring segmental pressure indices on the lower limb (CG – combined gradient index; AK – above-knee pressure; AP – ankle pressure; PPCI – profundapopliteal collateral index; BK – below-knee pressure; TG – tibial gradient index).

The combined gradient index (CG) is equal to the decrease in total fractional pressure from the hip to the ankles and is expressed as the formula: $(AK-AP)/AK$, where AK is the pressure above-knee and AP is the ankle pressure. The popliteal gradient index, later renamed the profundapopliteal collateral index (PPCI), reflects the fractional

pressure drop across the level of the knee joint and is calculated by the formula: $(AK-BK)/AK$, where BK is below-knee pressure. The tibial gradient index (TG) is calculated in a similar way: $(BK-AP)/BK$ [44].

When comparing these indices among patients with IC and CLI, the most significant difference was obtained when measuring PPCI. PPCI turned out to be the most significant predictor of limb preservation in the postoperative period – the higher the index, the less likely the clinical success after profundoplasty. Thus, poorly represented genicular collaterals are associated with high resistance to blood flow, which, as a consequence, is expressed in a strong pressure drop above and below the knee and high values of PPCI [44]. In the group of patients with clinical improvement after profundoplasty, the mean PPCI was 0.18, compared to the group in which the operation failed to save the limb, where the mean PPCI was 0.46. However, it should be noted that in this study, this correlation was statistically significant only in the group with combined iliac segment repair, in contrast to the group where isolated profundoplasty was performed [44]. In a study D. Rollins et al., PPCI predicted limb preservation in 10 out of 11 cases (91%) if its value was less than 0.19 [148]. At the same time, the index value correlated with indications for surgery. Some authors were guided by PPCI when choosing patients for profundoplasty, considering the mean value of 0.3 to be a good predictor of adequate collateral communication of the DFA and the arteries of the lower leg [16, 61]. According to the results of a number of studies, clinical improvement after profundoplasty can be expected if PPCI is less than 0.25, while with an index value above 0.25, the absence of an effect after surgery is most likely [134]. The mean value of PPCI were 0.19 in patients with tissue loss, 0.21 in rest pain, and 0.29 in gangrene [148]. These data are consistent with the concept of a physiological continuum based on the fact that the longer the obstructive lesion, the more pronounced ischemic changes [148]. A study by T. David and D. Drezner confirms this concept, demonstrating that 8 of 11 (72%) limbs with gangrene had angiographic signs of PA occlusion, and in the case of rest pain, only 10 of 39 (26%) limbs [51].

PPCI was proposed almost 40 years ago as a predictor of the effectiveness of profundoplasty but has not been adapted for widespread use [16, 44, 191]. Absolute blood

pressure values or indexes that can be used as cut-offs have not been approved, and there are no data on the reliability of the index in patients with diabetes mellitus [44, 191]. According to some authors, the measurement of pressure on the thigh can give false results in the case of a hemodynamically significant inflow disorder in the proximal parts of the limb, including the DFA. In this case, during the inflation of the cuff on the thigh, the outflow of blood is blocked and peripheral resistance increases, while the weakened inflow can overcome the increased peripheral resistance, which will be reflected in a falsely high result of pressure measurement [44]. When the cuff is inflated in the distal tibia, the peripheral resistance decreases significantly, which does not lead to distorted results [44].

M. Thomas et al. made an attempt as an intraoperative predictor of the effectiveness of profundoplasty to measure the volumetric blood flow velocity in the CFA with intra-arterial administration of papaverine sulfate solution before and after reconstruction [171]. However, no correlation was found between intraoperative volumetric blood flow rates and clinical outcome, as well as postoperative ABI values [171]. V. Roberts and L. Cotton revealed a significant relationship between the blood flow velocity in the CFA, measured by an electromagnetic flowmeter during the operation before and after reconstruction, and the clinical effectiveness of the operation [47]. C. Boren et al. in their study divided patients into 2 groups – with combined restoration of inflow in the iliac segment and with isolated profundoplasty. When conducting intraoperative flowmetry, a statistically significant difference in the increase in indicators was revealed when comparing both groups. At the same time, this difference was not significant after the administration of a solution of papaverine chloride 10-20 mg. In addition, in the group with combined reconstruction, a proportional increase in the volumetric blood flow velocity depending on the degree of ischemia was revealed – in patients with IC, the indicators were higher compared to patients with CLI, including after the administration of papaverine. Such dependence was not observed in the group with isolated profundoplasty. Also, there was no difference in the increase in the rate of volumetric blood flow depending on the length of profundoplasty [44].

D. Strandness claims that in addition to the presence of well-developed collaterals, it is important to assess their functional potential, how much they can expand and accept increased blood flow [164]. According to the author, it is most reliably determined by measuring the ABI after a stress test [164]. However, this diagnostic method is only applicable to patients with IC. J. Van De Water intraoperatively performed a direct measurement of blood pressure after intra-arterial administration of 30 mg of papaverine chloride [44]. A decrease in pressure in the DFA by more than 40% indicated that the distal collateral territory was capable of expansion and was a predictor of a good result after profundoplasty [44].

1.4. Surgical treatment of atherosclerotic deep femoral artery lesions

1.4.1. Profundoplasty

Profundoplasty is a surgical operation that is performed on the origin and trunk of the DFA in order to increase blood flow through the DFA and deep femoropopliteal collaterals by eliminating anatomical, hemodynamic, geometric and pathological obstacles, obstructions and resistance. Profundoplasty can be performed as an independent operation, or in combination with revascularization of the aortoiliac, femoropopliteal and infrapopliteal segments. In the literature, profundoplasty performed as an independent operation is called «isolated profundoplasty» by many authors [16, 91, 123, 148].

The first DFA thromboendarterectomy was performed on July 23, 1953 by the American vascular surgeon N. Freeman at the San Francisco Hospital. A 59-year-old diabetic patient presented with IC, rest pain, and numbness in her foot. After the operation, rest pain was completely relieved, and IC no longer bothered. The patient died in 1980 from acute cerebrovascular insufficiency [187]. F. Leeds was a close colleague of N. Freeman, he subsequently documented this clinical case and, together with R. Gilfillan, wrote the first article in 1961 on the importance of DFA in the relief of limb ischemia [106, 187]. At the London Hospital, P. Martin kept in touch with F. Leeds by

correspondence and was enthusiastic about the clinical observation he described. Subsequently, he and a group of colleagues actively dealt with the issues of isolated revascularization of the limb through DFA, its significance in the relief of limb ischemia, methods for hemodynamic assessment in the perioperative period [112, 113, 114, 115, 123, 148]. It is considered that it was P. Martin et al. who described in detail the technique of endarterectomy with autovenous plasty of the CFA and DFA in the form in which it is currently accepted and confirmed the effectiveness of this technique [16, 69, 112].

Many techniques for profundoplasty have been described. The simplest technique is antegrade endarterectomy from the proximal part of the DFA through arteriotomy of the CFA (Figure 3) [118].

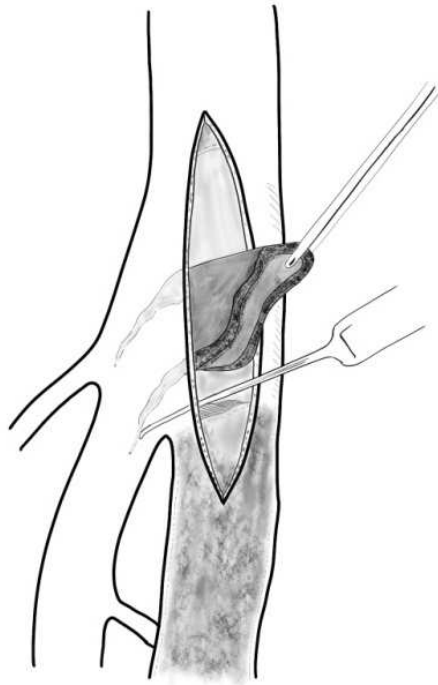


Figure 3. Antegrade endarterectomy from the proximal part of the deep femoral artery through arteriotomy of the common femoral artery.

However, the results of this technique are considered unsatisfactory. In addition, the patency of the artery is at risk of thrombotic occlusion due to the lack of fixation of the distal edge of the intima, the remains of atherosclerotic plaques, and fragments of the pathological intima [118].

H. Denck used a flap of the SFA wall after endarterectomy, which was subsequently sutured to the CFA. However, with this technique, the difference in diameter between CFA and DFA became even greater, which created even more pronounced turbulence and, thus, a hemodynamic inferiority of the technique with unsatisfactory postoperative results (Figure 4) [55, 118].

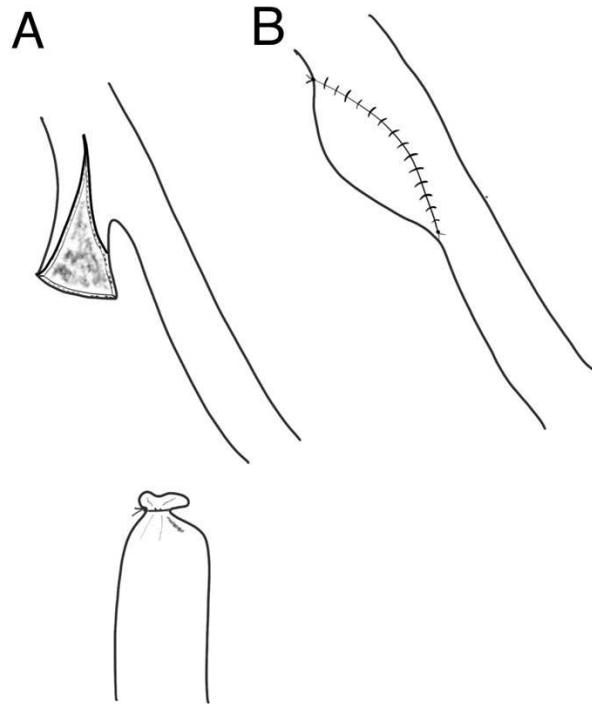


Figure 4 (A, B). Use for the plasty of a pedicled flap of the wall of the endarterectomized superficial femoral artery by H. Denck.

In 1966, Waibel introduced three types of profundoplasty [118, 181]. In the first variant, he also uses a flap of the wall of the proximal part of the SFA, but it is sutured to the proximal part of the DFA in such a way that the hemodynamic drop is eliminated. Using this technique, the lumen of the DFA can be significantly expanded, and the technique itself was called «beak patch profundoplasty» (Figure 5) [118, 181].

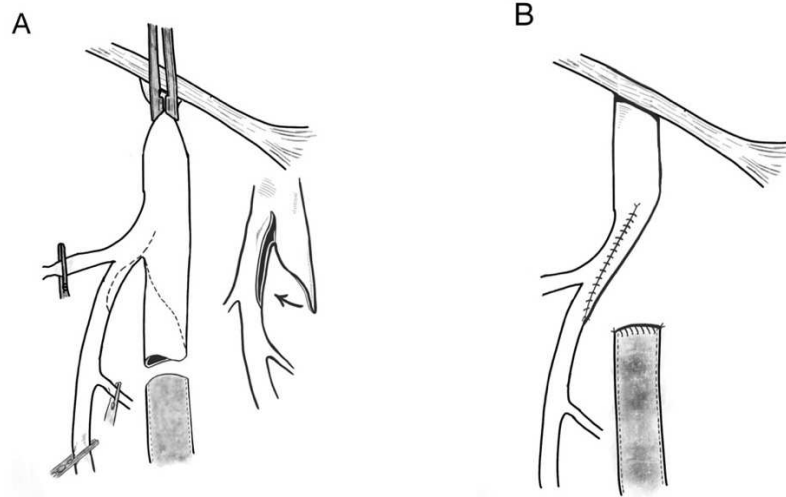


Figure 5 (A, B). «Beak patch profundoplasty» by P. Waibel (1966).

The second technique is bypass in situ with an autogenous endarterectomized proximal part of the SFA with the proximal part of the DFA (Figure 6) [118, 181].

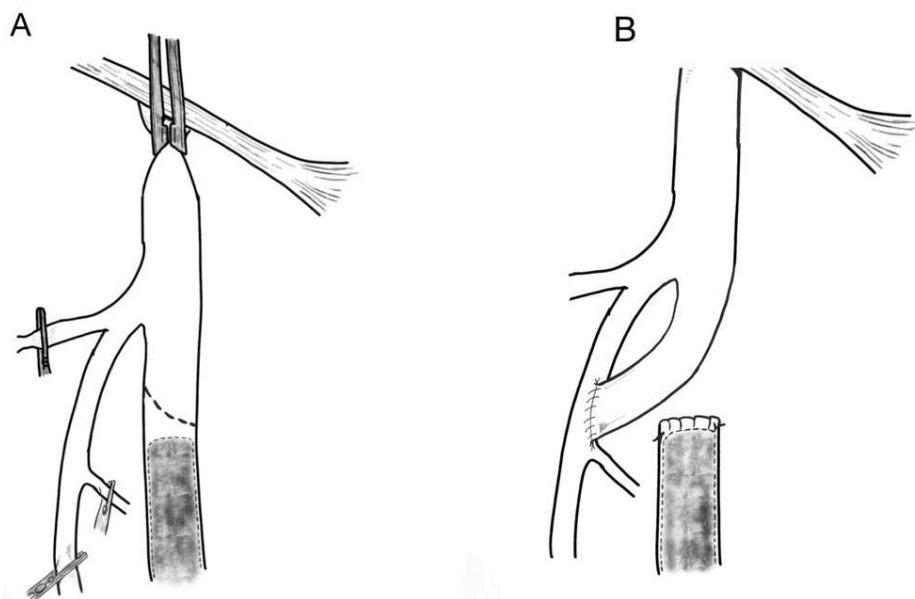


Figure 6 (A, B). Bypass in situ with an autogenous endarterectomized proximal superficial femoral artery with the proximal deep femoral artery by P. Waibel (1966).

In the third way, the expansion of the DFA is achieved due to the displacement of the CFA bifurcation. The walls of the proximal parts of the DFA and SFA are compared opposite each other, while the arteriotomy of both arteries continues for a short distance, avoiding the level of stenosis. The posterior walls of the arteries are sutured together, and

an autovenous patch angioplasty is performed between the anterior walls (Figure 7) [118, 181].

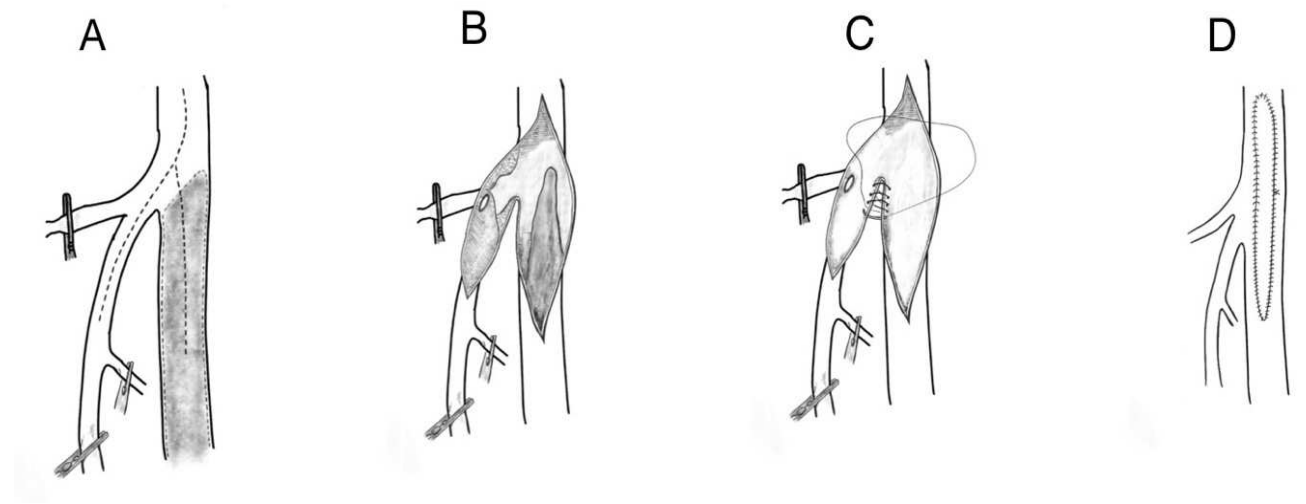


Figure 7 (A, B, C, D). Plasty of the proximal deep femoral artery due to distally displacement of the femoral bifurcation by P. Waibel (1966).

Using all three techniques, it is possible to eliminate hemodynamically significant stenosis in the proximal part of the DFA, as well as a kinking in the origin of the DFA. However, these methods are technically quite laborious and consume a lot of time [118].

The technique proposed by P. Martin et al. in 1968 is simpler [112]. The arteriotomy of the CFA is performed with the transition to the DFA to the level of the end of the atherosclerotic lesion, after which a direct endarterectomy is performed, and then an autovenous patch is sutured to the site of the arteriotomy. This method has gained the greatest popularity and has received many names, such as profundoplasty by the type of «hockey stick patch», «banana patch» or «boomerang patch» (Figure 8) [16, 118].

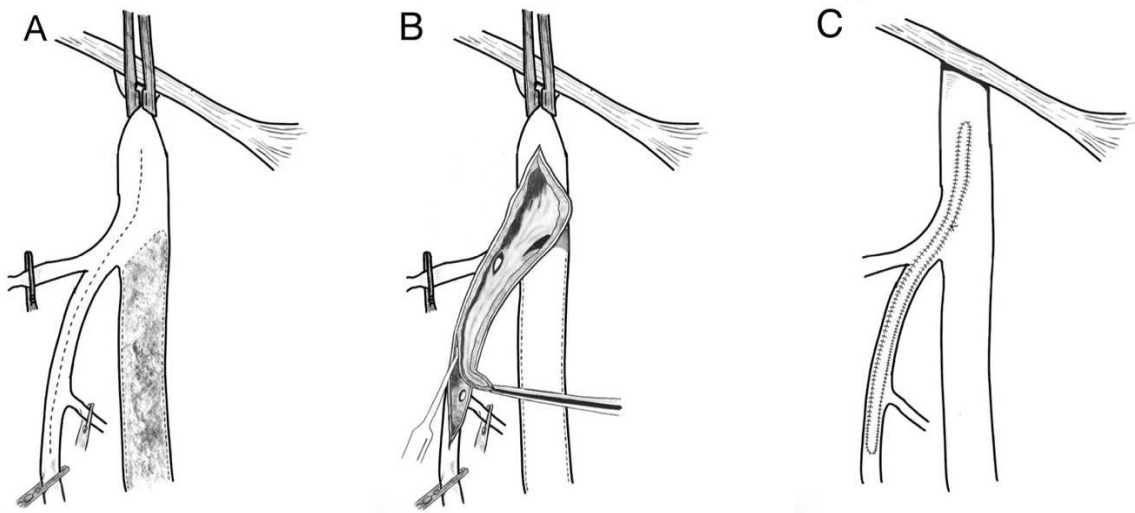


Figure 8 (A, B, C). Technique of the patch graft profundoplasty by P. Martin (1968).

Subsequently, this technique has received many modifications. So, among the material for the patch, in addition to the auto vein, synthetic material or the own wall of the SFA can be used. However, a synthetic patch can cause infectious complications in the postoperative period [69]. In addition, the results of long-term patency are worse when using a synthetic material [69]. According to a number of authors, the use of the autogenous wall of the SFA as a patch material after an endarterectomy performed from it provides the results of the patency of the operated segment, similar to the results when using an autovenous material [69, 145, 147]. Moreover, with this approach, it is possible to save the great saphenous vein (GSV) for possible surgical interventions in the future. However, the use of SFA as a patch material is associated with the need to cut the SFA, which excludes the possibility of endovascular operations on this artery in order to restore its patency. Therefore, the use of an autovein as a patch currently remains the method of choice [69, 123]. In the last decade, the popularity of allogeneic transplants, in particular bovine pericardium, has increased. A relatively low risk of infectious complications (2%) is reported, while it is possible to preserve the GSV [16, 153].

Among other modifications, the technique of extended profundoplasty, originally proposed by R. Berguer and L. Cotton in 1973, and then modified by L. Cotton and V. Roberts in 1975, should be highlighted. According to the authors, the atherosclerotic process in the DFA often spreads distally to the origin and its proximal part, which is

sometimes difficult to recognize on angiograms [42]. The authors propose to carry out endarterectomy and plasty of the DFA to the area where the walls of the DFA are soft and pliable, which is approximately 5 to 15 cm from the origin [42, 47]. The subsequent modification differs from the original in that the stage of endarterectomy from the DFA is not performed. This is explained by the absence in this case of the risk of dissection of the distal area of the intima and subsequent complications [47]. In addition, this type of operation greatly facilitates and speeds up the operation [16, 47].

Depending on the length, profundoplasty is usually divided into: short (less than 2 cm); standard (less than 8 cm or distal to the origin of the LFCA, to the level of the origin of the first perforating branch; and extended (more than 8 cm or distal to the first perforating branch) [16, 148].

The effectiveness of profundoplasty is not questioned in case of CLAI at the stage of IC. Clinical improvement is noted on average in more than 70% of cases, regardless of the state of collateral blood flow and distal outflow [26, 47, 44, 51, 148, 171].

However, the results of the operation for CLI are controversial. H. Savolainen notes that in his study, none of the patients with tissue loss (16%) showed their healing after profundoplasty [153]. D. Rollins et al., on the contrary, noted the high efficiency of profundoplasty in the presence of tissue loss (healing in 53% of cases), while healing of necrosis was noted only in 35% of cases [148]. K. Ouriel et al. published the results, according to which patients after profundoplasty with tissue loss managed to avoid amputation in 80% of cases, and with rest pain – in 82% of cases [26, 134].

Contradictory data are that in patients with diabetes the results of profundoplasty are worse, but in most studies, there is no statistically significant difference in the outcome among this category of patients [100, 148]. However, in diabetes mellitus, pronounced calcification of the arteries of the foot and lower leg is noted, which can give false results when measuring blood pressure indices [7].

According to some authors, classical profundoplasty has a number of vulnerabilities, which in some cases may be the cause of an unsatisfactory result. One of them is a hemodynamic barrier, which is formed by the origin of the occluded SFA. In addition, a sharp bend in the origin of the DFA in the posterolateral direction is also

hemodynamically unfavourable. Excessive bending of the DFA at the origin can be eliminated by transection of the SFA in the proximal part. However, the SFA stump, often with the presence of a thrombus inside, is still a source of turbulent blood flow and possible thrombosis. If thromboendarterectomy of the SFA stump is performed, a dead space is formed, which also causes turbulent blood flow and can lead to thrombosis, its progression and spread into the DFA. Attempts were made to eliminate this shortcoming by excision of the SFA in the proximal part and stitching its origin. Thus, turbulent blood flow can be transformed into laminar. However, the area of the SFA stump can be the cause of bleeding or the formation of a pseudoaneurysm in the postoperative period. For this reason, this method had to be abandoned [118].

R. van Dongen and E-D Schwilden (1974) solved this problem by involving the origin of the SFA during arteriotomy of the DAF [118, 178]. They called this method «resectional profundoplasty», which differs from classical profundoplasty in that due to the correction of the posterolateral kinking of the origin of the DFA, as well as the barrier in the form of an occluded origin of the SFA, turbulent blood flow is eliminated in the region of the bifurcation of the CFA, which, according to the authors, significantly reduces the risk of postoperative thrombosis of the operated segment. In addition, this technique provides priority hemodynamic conditions to other methods (Figure 9) [26, 118, 178].

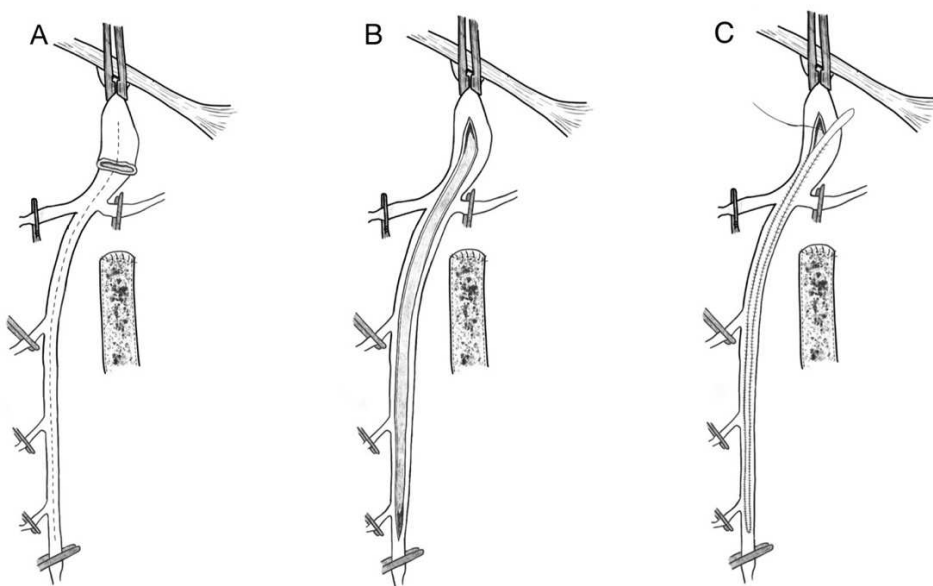


Figure 9 (A, B, C). Technique of the resectional profundoplasty by R. van Dongen and E-D Schwilden (1974).

Regardless of the prevalence and severity of the atherosclerotic process in the DFA, the authors insist on performing an arteriotomy of the DFA up to the origin of the last perforating branch, arguing that by eliminating turbulent blood flow, which is caused by organic stenosis throughout the trunk of the DFA due to its geometric configuration [118, 178]. Thus, according to the authors, when performing resectional profundoplasty, all possible sources of turbulent blood flow are eliminated, due to the fact that the hemodynamic, pathological, geometric, and anatomical causes of their occurrence are eliminated [26, 118, 178].

However, this technique has not been widely used, since with the development of methods of endovascular treatment, it is currently impractical to perform excision of the SFA [26].

Since at the moment there are no clear indications for profundoplasty and criteria for selecting patients for this operation, the effectiveness of the intervention in some cases remains unpredictable [26].

1.4.2. Deep femoral artery balloon angioplasty and stenting

Profundoplasty currently remains the gold standard among reconstructive operations on the DFA. However, for a certain group of patients who cannot be treated with open surgery, plain balloon angioplasty (PBA) of DFA may be method of choice (Figure 10) [26, 61, 154, 191].



Figure 10 (A, B, C). Angiographic images of balloon angioplasty of the deep femoral artery.

This category also includes patients with a high surgical risk, when profundoplasty or bypass surgery is contraindicated due to severe co-morbidities, including cardiac diseases [26, 61].

In the literature, information on the role of endovascular treatment of patients with atherosclerotic lesions of the DFA is scarce and contradictory [61]. According to multiple reports, DFA PBA proved to be a method with high technical success (90-100%) and low risk of complications [37, 61, 129, 161, 179, 182]. Not a single case of a major complication has been described, and among minor complications, the most common is hematoma on the side of the puncture access (6-20%), which, as a rule, is resolved conservatively [26, 161, 179].

A number of studies report that DFA PBA is a safe and effective method for the treatment of ischemia, including CLI [50, 61, 161]. K. Donas reports healing of small trophic ulcers in 93,3% of cases after DFA PBA, with an average follow-up of 29,2 months [61]. J. Silva et al. managed to save the limb in 94% of cases with the providing of DFA PBA [161]. On the contrary, according to the study by P. Dick et al., DFA PBA does not lead to both hemodynamic and clinical improvement in ischemia with tissue loss, but operation can be effective in the presence of rest pain [26, 57, 61].

K. Donas et al. consider that one of the possible reasons for such contradictions may be different approaches to the selection of patients and the state of the proximal inflow and distal outflow, as well as collateral circulation in the DFA bed. In their study, they performed both PBA and stenting of the DFA. The operation was performed using a «cross-over» technique, access through the contralateral CFA. The authors noted 100% technical success and acceptable results in the medium-term follow-up. The indication for the operation was the presence of DFA stenosis of more than 50%. At the same time, the lesion from the origin to the first perforating branch was regarded as proximal, and between the first and second perforating branches was interpreted as the middle segment of the lesion. As balloon catheters in the study, non-compliant balloon catheters without drug coating were used with a diameter of 3 to 6 mm and a length of 40-150 mm [16, 61].

The results after DFA PBA in the short term are comparable to those after profundoplasty [179]. However, the long-term patency of the operated segment is

somewhat inferior to the results of surgical profundoplasty. In a study by K. Donas, primary and secondary patency within three years was 80% and 86,7%, respectively [26, 61]. At the same time, restenosis up to 50% was noted in 13,3% according to the control ultrasound during the first 24 months [61]. According to the conclusion of a meta-analysis comparing endovascular and surgical treatment in the CFA disease, at the moment a reliable comparative assessment of these methods is difficult due to the lack of sufficient data on the results of secondary and long-term patency of endovascular treatment [143]. Balloon angioplasty using drug-coated balloon catheters (DCB) showed an advantage over PBA in terms of long-term patency in the arteries of the femoropopliteal segment [103]. There are single reports on the use of DCB on the arteries of the femoral triangle, while all of them refer only to CFA [86, 103]. In these studies, the results of early patency of the CFA during the 1st year after DCB angioplasty were comparable in patients after PBA [86, 103]. Currently, no studies have been conducted on the use of DCB on DFA. Further randomized trials are needed to evaluate the results of long-term patency after balloon angioplasty with the use of both PBA and DCB in patients with atherosclerotic lesions of both CFA and DFA.

The significance of predilatation before DCB angioplasty has not been fully determined and is discussed in the literature [157]. In the In.PACT SFA and LEVANT 2 studies, the inclusion criterion was predilatation [149, 157, 170]. However, in the THUNDER, FemPac, and PACIFIER studies, predilatation was not a prerequisite for inclusion in the study [157, 169, 185, 186]. In addition, there are probably geographical features, since predilatation is used mainly in studies in the United States, but only in a few European studies [157]. Literature data comparing the use of DCB for peripheral arteries with and without predilatation is limited. Predilatation is considered appropriate to prepare the arterial wall for the main stage of balloon angioplasty with DCB and reduce the risk of a possible hemodynamically significant dissection [157]. A study by H. Schroeder et al. did not show statistically significant differences in the efficacy and safety of balloon angioplasty with DCB in the femoropopliteal segment, regardless of predilatation [157]. However, balloon angioplasty with DCB without predilatation required postdilatation in more cases [157]. In this clinical case, we performed predilatation before

the main stage of balloon angioplasty with DCB due to the fact that the DFA is more of a muscular type artery, due to which, in our opinion, it is more prone to the formation of dissections. Our personal experience with the use of DCB for DFA is limited to single observations. In all cases, we performed predilatation, we did not observe cases of postoperative dissection of the DFA after balloon angioplasty with DCB.

Among endovascular methods, despite the ambiguous results of remote patency, PBA is preferred due to the fact that the inguinal region is considered unfavorable for stent placement due to the existing risks of their deformation and fracture [40, 86]. In addition, the presence of a stent may limit the performance of surgical and endovascular operations in this area in the future [86, 103]. In the study K. Donas et al., DFA stenting was performed in the case of a hemodynamically significant dissection of the intima or recoil after PBA, which accounted for 3 cases out of 15 performed PBA [61]. In this case, self-expanding nitinol stents with a diameter of 4 and 6 mm and a length of 40 to 80 mm were used [61]. During the observation period, one of the patients experienced kinking of the stent with thrombosis of the DFA, installed in the proximal section. Probably, this complication occurred due to the fact that the stent was located at the hip flexion point. For the same reason, many surgeons refuse to perform stenting of the CFA. However, it is assumed that in most patients the hip flexion point is located more proximally, closer to the EIA [16, 61].

CHAPTER 2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Characteristics of patient groups

The study is based on the results of examination and treatment of 99 patients suffering from CLAI, operated on for steno-occlusive diffuse atherosclerosis in the Department of Vascular Surgery of the The Federal State Budgetary Institution "North-Western district scientific and clinical center named after L. G. Sokolov Federal Medical and Biological Agency" (St. Petersburg). Of the 99 patients, 31 patients had tissue loss in the form of trophic ulcers and necrosis of the lower extremities, for which, in addition to revascularization, they received complex treatment, including local treatment and systemic vasoactive therapy, antibiotic therapy based on the results of culture. All patients with IC received complex conservative treatment in the preoperative period for at least 6 months, including drug treatment, training walking, compliance with recommendations for quitting smoking and lifestyle correction, blood pressure control under the supervision of a cardiologist.

The mean age of the patients was 67,36 (8,48) years. The ratio of patients by sex: men 89 (89,9%) and 10 women (10,1%). 47 patients (47,5%) were smokers at the time of treatment, 33 (33,3%) had a history of smoking for many years (30 years or more). In 73 patients (73.7%), hypercholesterolemia was detected with an increase in low-density lipoprotein above the threshold value according to an individual assessment of the cardiovascular risk category. At the same time, among them, in 30 patients (30.3%), hypercholesterolemia was accompanied by hypertriglyceridemia. Diabetes mellitus was detected in 24 patients (24.2%), in the vast majority it was type 2 (95.8%). Hypertension of medium and high risk was detected in 75 patients (75.8%).

The indication for surgical treatment was CLAI, which significantly reduces the patient's quality of life. In patients with IC without rest pain and tissue loss, the absence of a significant effect of conservative treatment, as well as the risks of ischemia progression in the event of thrombosis in the area of critical DFA stenosis, were also taken into account.

To assess the stage of CLAI, the classification according to A.V. Pokrovsky (1979). If the patient had tissue loss, the CLAI assessment was supplemented by the classification according to R. Rutherford (1997). The CLI grading according to the WiFi classification was not carried out, since the retrospective nature of the data collection did not allow an analysis according to all the classification criteria.

In 100% of cases, the cause of CLAI was atherosclerosis, which was confirmed by the results of instrumental studies. In 93 patients (93,9%), there was a bilateral lesion of the lower extremities, while in 50,5% of cases, the clinical symptoms were dominated by the right lower extremity. The duration of the anamnesis of CLAI ranged from 21 to 72 months. At the same time, 73 patients (73,7%) were operated on initially and 26 (26,3%) were operated on again. In 3 patients, a history of amputation of the lower limb was performed.

All patients were divided according to the degree of CAH in accordance with the classification of A.V. Pokrovsky (1979) (Figure 11).

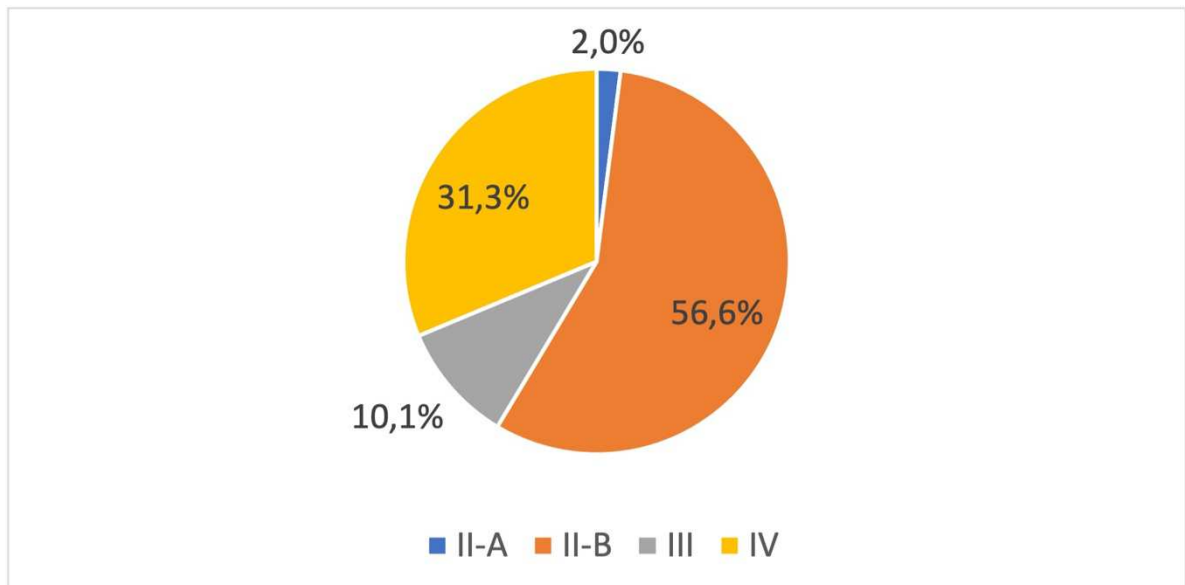


Figure 11. Distribution of patients according to the degree of chronic arterial insufficiency according to the classification of A.V. Pokrovsky (1979) (n=99).

The graph shows that among the examined patients, patients with CLAI II-B and IV stage prevailed - 56 (56,6%) and 31 (31,3%) patients, respectively. The number of patients with CLI (grades III and IV according to A.V. Pokrovsky) was 41 (41,4%).

Tissue loss in patients with IV grade of CLAI were represented by a trophic ulcer in 20,2% of cases (20 patients), dry necrosis in 10,1% of cases (10 patients), in 1 patient tissue loss was combined. Among patients with tissue loss, category 5 chronic ischemia according to R. Rutherford (1997) occurred in 15 patients (15,1%), 6 in 16 (16,2%).

All patients had occlusion of the SFA and hemodynamically significant stenosis of the CFA with the transition to the DFA on the side of the operated limb. The hemodynamic significance of an atherosclerotic lesion was determined based on the criteria, which were stenosis in diameter of 70% or more according to angiography, as well as an increase in peak blood flow velocity of 300 cm/sec or more according to ultrasound scanning (US).

Some patients had atherosclerotic steno-occlusive lesions of the iliac arteries, as well as arteries of the popliteal segment. In 50 patients (50,5%) there was a significant obstruction of the iliac segment on the side of the operated limb. The distribution of patients with hemodynamically significant impairment of the iliac segment patency depending on the type and location of the lesion is shown in Figure 12.

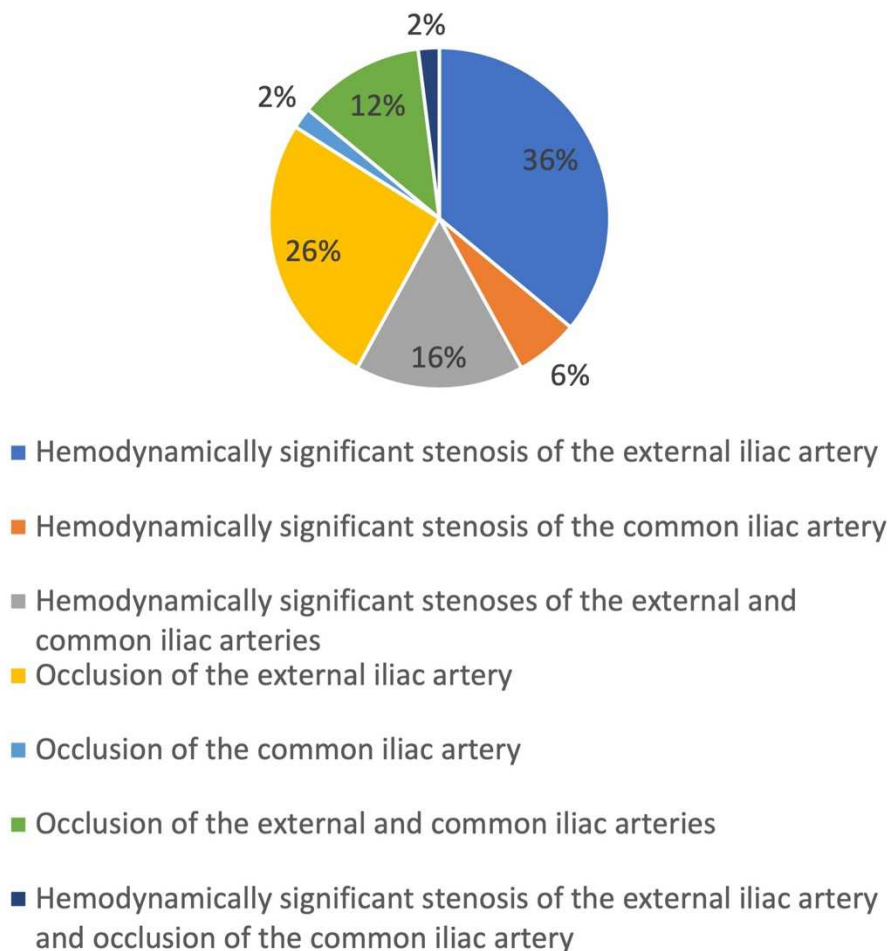


Figure 12. Distribution of patients with hemodynamically significant lesion of the iliac segment on the side of the operated limb by type and localization of the lesion (n=50).

The presented graph shows that most often (62%) the lesion was localized in the external iliac artery (EIA). At the same time, 36% had hemodynamically significant stenosis, and 26% had occlusion of the EIA. Figure 13 shows the distribution of patients depending on the patency and type of PA lesion.

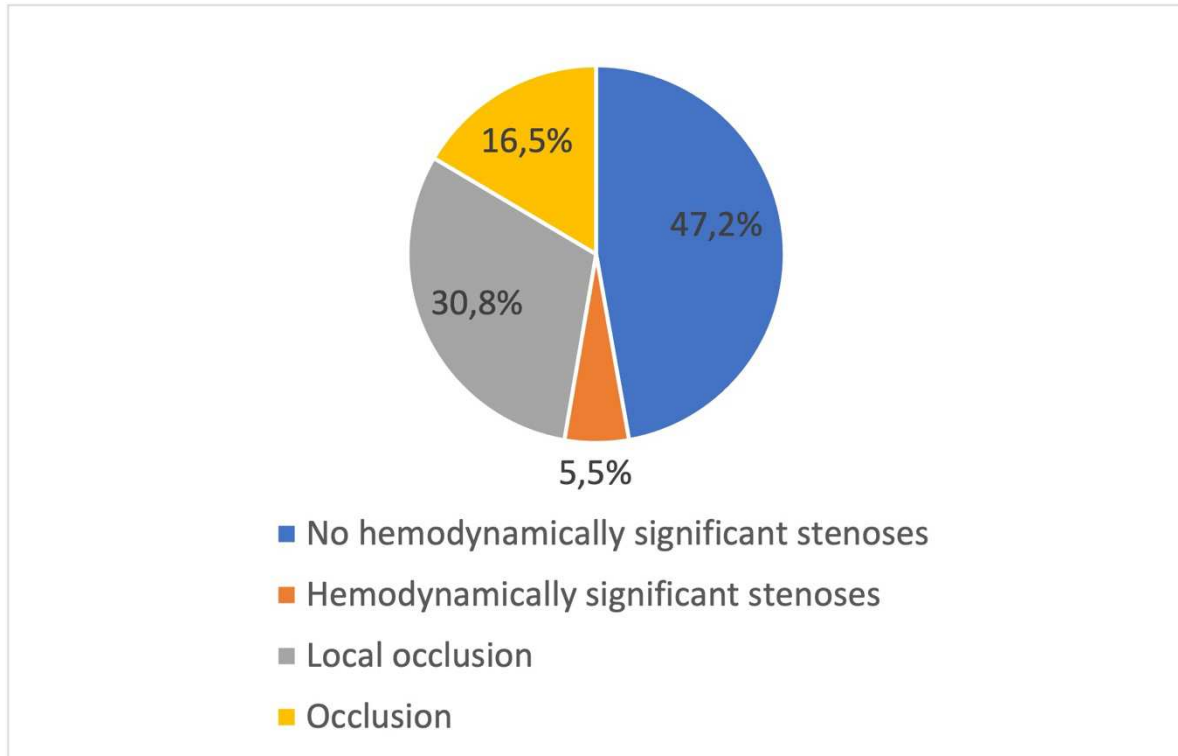


Figure 13. Distribution of patients depending on the patency and type of lesion to the popliteal artery (n=99).

Thus, almost half of the patients (52,8%) had a hemodynamically significant lesion of the PA, with the most common type of lesion (30,8%) being local PA occlusion, and 16,5% had complete PA occlusion.

The patency of the tibial segment was assessed by the number of patent magistral tibial arteries (anterior and posterior tibial arteries, peroneal artery) at the level of the lower 1/3 of the lower leg and foot (Figure 14). The average number of patent main tibial arteries was 2,00; this number was determined in 63,3% of patients.

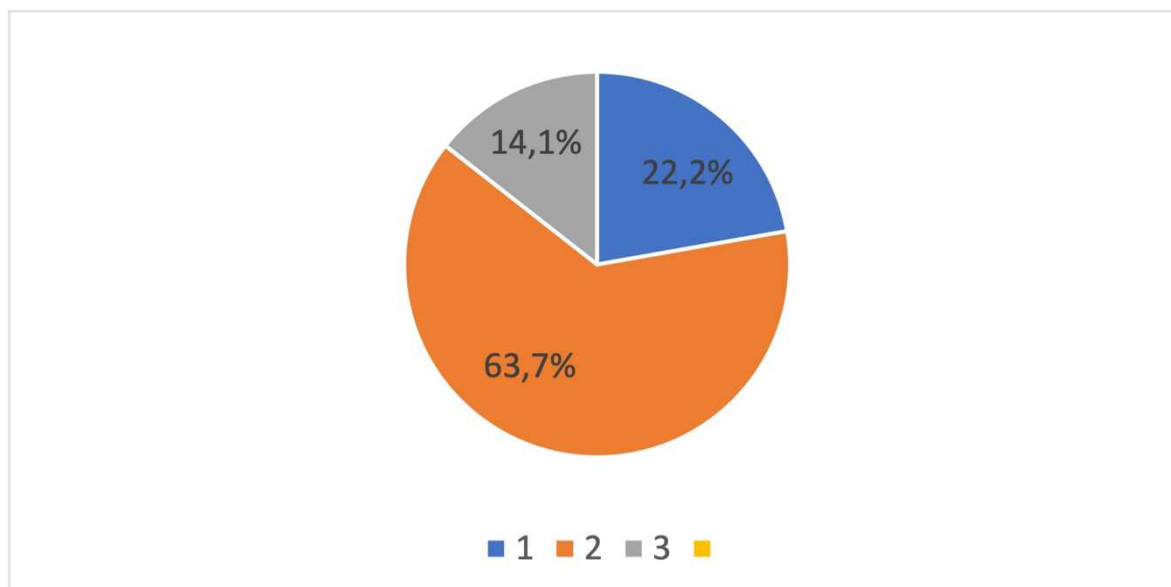


Figure 14. Distribution of patients depending on the number of patent magistral tibial arteries (n=99).

The presence of a patent one or more in the combination of the following zones: the lower 1/3 of the SFA, PA (partially or throughout), the tibioperoneal trunk (partially or throughout) or the proximal segment of at least one of the magistral tibial arteries, was combined into the concept of "recipient zone" - that is, the presence of a magistral segment capable of receiving collateral blood flow from the DFA. Of the 89 patients who were able to reliably determine the patency of these segments, the presence of the recipient zone was noted in 85 (95,5%) patients. At the same time, in all 4 patients in whom it was absent, CLI was observed, and 47 (55,3%) patients with a preserved recipient zone had no CLI.

As a consequence of the multifocal nature of atherosclerosis, all patients had an instrumentally confirmed presence of atherosclerotic lesions in the arteries of one or more additional segments, mainly in the carotid one - 97 people (97,98%); and coronary - 99 people (100%). Clinical manifestations of cerebrovascular disease were observed in 27 people (27,3%), 11 patients (11,1%) had previously suffered an acute cerebrovascular insufficiency. At least one acute myocardial infarction was in history in 9 patients (9,1%), angina pectoris (mainly functional class II – 81,8%) was observed in 11 patients (11,1%), heart failure - in 19 (19,2%), atrial fibrillation - in 14 (14,1%). Carotid endarterectomy or

stenting of the internal carotid artery in history was performed in 9 patients (9,1%), also 9 patients (9,1%) underwent coronary bypass surgery, 8 (8,1%) - stenting of the coronary arteries. An aneurysm of the infrarenal abdominal aorta was present in anamnesis in 9 patients (9,1%), two of whom (22,2%) underwent endovascular aneurysm repair. 8 patients (8,1%) had stage 3 chronic kidney disease, in one of the patients this determined the rapidly progressive course of CLAI. The remaining comorbidities were most often associated with nonspecific diseases of the lungs and organs of the gastrointestinal tract (Figure 15).

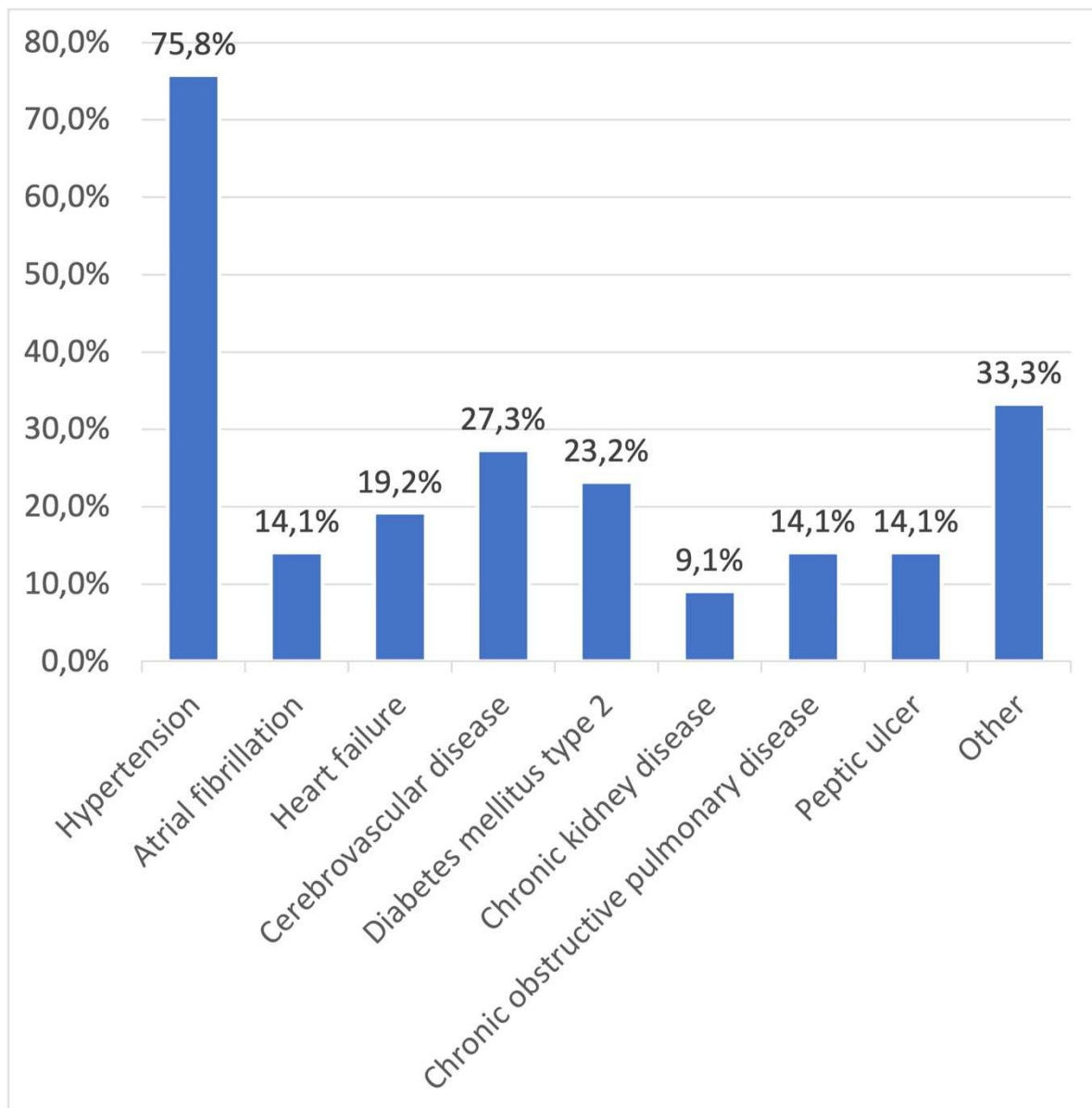


Figure 15. Distribution of patients depending on concomitant diseases (n=99).

Contraindications for surgical treatment were cardiac decompensation, low cardiac output according to echocardiography, end-stage chronic kidney disease, decompensated diabetes mellitus, and acute coronary heart disease.

2.2. Preoperative Patient Examination Program

As part of the preoperative examination, to assess the general somatic status of patients, the nature and extent of the atherosclerotic process, an examination program was carried out using anamnestic, physical, instrumental and laboratory methods.

When collecting complaints and anamnesis, attention was paid to the following issues: the severity of clinical symptoms, the duration of the underlying disease and the time of onset and development of symptoms, previous surgical treatment, the presence of risk factors (smoking, hypertension, diabetes mellitus, etc.), the degree of CLAI.

Physical examination included examination of the lower extremities (assessment of the color of the skin, hairline, the presence of tissue loss and edema), palpation of the lower extremities (assessment of the temperature of the skin, pulsations of the magistral arteries at typical points), measurement of blood pressure in the upper and lower extremities.

The presence of tissue loss indicates the terminal stage of CLAI, which corresponds to stage IV according to the classification of A.V. Pokrovsky (1979) or CLI according to the TASC II classification (2007). If a patient had tissue loss of the lower extremities, their prevalence, their impact on the functional state of the extremity, and signs of infection were assessed. Local trophic ulcers and necrosis of the fingers and distal foot, not spreading proximal to the transmetatarsal region, with preservation of the motor function of the foot, were regarded as "small", which corresponded to category 5 chronic ischemia according to R. Rutherford (1997). Local pronounced tissue loss with damage to the subcutaneous and bone tissues and impaired motor function of the foot, as well as widespread tissue loss of the foot and lower leg, regardless of the effect on motor function, were regarded as "major" and corresponded to the 6th category of CLAI according to R. Rutherford (1997).

All patients with trophic ulcers underwent bacteriological cultures from the zone of tissue loss, followed by the appointment of specific antibiotic therapy in agreement with the clinical pharmacologist. With "large" trophic disorders, an X-ray examination of the foot was performed in two projections in order to exclude bone-destructive lesions, to resolve the issue of the advisability of minor amputations.

Laboratory methods included clinical blood count, general urinalysis, biochemical blood test (total protein, ALAT, ASAT, bilirubin, urea, creatinine, glucose, electrolytes), coagulogram and blood lipidogram, blood type and Rh factor, HBS, HCV, RW, F-50.

The standard of instrumental studies included registration of an electrocardiogram and echocardiography. Echocardiography was performed using the Vivid 7 ultrasonic machine manufactured by General Electric (USA). At the same time, the size of the heart chambers, the contractile function of the left ventricular myocardium, the topics of its structures, the mobility of its walls and the state of the valvular system during the cardiac cycle were assessed. A decrease in the left ventricular ejection fraction of less than 50%, a stroke volume of less than 50 ml, the presence of segmental disorders (hypokinesia, dyskinesia, akinesia of the walls and interchamber walls of the heart), an increase in the end diastolic volume of the left ventricle indicated a violation of the contractile function of the myocardium, threatening cardiac complications in the perioperative period. According to the results of the above laboratory and instrumental studies, all patients were examined by a cardiologist. In the presence of these changes, the patient was prescribed additional diagnostics - 12-channel daily monitoring of electrocardiography and, if myocardial ischemia was confirmed, coronary angiography was recommended, followed by repeated consultation with a cardiologist. If there were indications for coronary artery revascularization, the decision on the order of the intervention was made collectively as part of a council that included a vascular surgeon, a cardiologist, a cardiac surgeon, and an interventional radiologist. The result of the decision depended on the severity of CLAI, the degree of the lesion of the coronary arteries and the severity of myocardial ischemia.

As part of the preoperative examination, all patients also underwent ultrasound examination of the brachiocephalic vessels. In case of detection of hemodynamically significant patency disorders of the carotid, subclavian or vertebral arteries, the patient

consulted an angioneurologist. Magnetic resonance imaging (MRI) of the brain was performed in patients with more than 50% carotid stenosis to clarify the symptomatic nature of the identified lesions, to exclude "silent" ischemic lesion of the brain. With proven symptomatic atherosclerotic lesions and compensated CLAI, carotid endarterectomy was performed as a priority in a planned manner, due to the relatively high risk of developing acute cerebrovascular accidents in the intraoperative and early postoperative period in this category of patients. At CLI, the decision on the priority of surgical treatment was taken collegially, as part of a council of a vascular surgeon and an angio-neurologist.

Also, the program of preoperative preparation for all patients included fibrogastroduodenoscopy with an assessment of the condition of the mucosa of the esophagus, stomach and duodenum. In patients with identified erosive and ulcerative lesions in the preoperative period, complex antiulcer therapy was carried out under the supervision of a gastroenterologist, followed by fibrogastroduodenoscopy control.

The examination of the lower extremity arteries was carried out using US, computed tomography (CT) angiography, DSA.

US of the aorta and arteries of the lower extremities was performed on the Vivid 7 ultrasound machine by General Electric using linear and convex transducers (frequency 7–10 and 3–5 MHz, respectively). The study was conducted in B-mode, color flow mapping and spectral Doppler mode. During this study, the following parameters were determined:

- presence / absence of aneurysmal expansion of the artery, the nature of parietal thrombus;
- vessel diameter;
- vascular wall structure;
- thickness of the intima-media complex;
- localization, degree and extent of stenosis and occlusion;
- structure of atherosclerotic plaque, its surface;
- the nature of the blood flow (magistral, magistral-altered, collateral);
- linear blood flow velocity.

At the end of the study, the ABI was determined according to the standard method: the ratio of systolic pressure measured on the posterior tibial artery (PTA) in the region of the medial malleolus and dorsalis pedis artery (DPA) on each limb to the maximum systolic pressure on one of the brachial arteries was calculated. The mean ABI in patients before surgery was 0,48 (0,33–0,52).

US of the veins of the lower extremities was performed in the preoperative period in order to assess the suitability of the venous material as an autovenous patch for performing profundoplasty.

Angiographic examination is the "gold standard" in the diagnosis of vascular diseases. In this study, the vast majority - 87 patients (87,9%) underwent CT angiography, 4 patients (4,0%) underwent DSA of the aorta, iliac arteries and arteries of the lower extremities. CT angiography was performed using the technique of volumetric scanning against the background of contrast enhancement (intravenous administration of Omnipak – 100,0 ml). DSA was performed using the Innova-2000 digital angiographic complex from General Electric (USA) according to the standard technique through transfemoral access according to the Seldinger method using local anesthesia. Angiography images were used to assess the condition of arterial inflow segments. The localization and nature of arterial lesions (stenosis/occlusion), the extent of vascular lesions, prevalence of the identified changes in the aortoiliac and femoral-popliteal-tibial segments were noted. Attention was paid to the collateral branches of the DFA, and the presence of a "recipient zone" was assessed.

2.3. Treatment methods for patients

In the perioperative period, patients were prescribed complex therapy, including surgical and conservative methods of treatment aimed at preventing and healing trophic ulcers, improving blood circulation in the limb.

Conservative therapy included antiplatelet agents (acetylsalicylic acid, clopidogrel), statins (atorvastatin, rosuvastatin), anticoagulants (low molecular weight heparins), vasoactive and neurotropic infusion therapy that improves metabolism in

ischemic tissues (actovegin, pentoxifylline, prostaglandin drugs, alpha-lipoic drugs). acids, milgamma), gastroprotectors (proton pump blockers). In patients with severe pain syndrome, analgesics (NSAIDs, tramadol), pregabalins (tebantin, lyrica) were prescribed.

In the presence of trophic ulcers and necrosis, local treatment was carried out, which included washing and treatment with antiseptic solutions (an aqueous solution of chlorhexidine, prontosan, betadine), the use of ointments with antibacterial action on a water-soluble basis (Levomekol, Ofloamid, Baneocin), staged necrectomy, the use of enzyme preparations (Chymotrypsin), modern wound alginate, hydrogel and hydrocolloid dressings. All patients with trophic ulcers received broad-spectrum systemic antibiotic therapy (amoxiclav, cephalosporins). After receiving the results of bacterial culture, in agreement with the clinical pharmacologist, a course of specific antibiotic therapy was prescribed.

Revascularization of the limb in all cases was performed through the DFA by restoring the patency of CFA and DFA in isolation or in combination with the iliac segment by surgical, endovascular and hybrid methods. At the same time, restoration of the patency of the SFA for the purpose of direct revascularization of the limb as a primary surgical method of treatment was not performed. The type of planned reconstructive intervention was determined based on the analysis of the data of topical diagnosis of vascular lesions and the general somatic status of the patient (Table 1). The average duration of the operation was 210 (195–255) minutes.

Table 1 – Characteristics of surgical methods of treatment

Method of surgical treatment		Patients (n=99)
Isolated profundoplasty	Standard profundoplasty	22 (22,2%)
	Flow-guiding profundoplasty	23 (23,2%)
Profundoplasty with revascularization of the iliac segment as part of a hybrid operation	Standard profundoplasty in combination with iliac segment revascularization	45 (45,5%)
	Flow-guiding profundoplasty in combination with iliac segment revascularization	5 (5,1%)
Isolated endovascular revascularization of DFA	DFA plain balloon angioplasty	3 (3,0%)
	DFA stenting	1 (1,0%)

The indication for isolated revascularization of the DFA was the presence of a hemodynamically significant lesion of the CFA and DFA without signs of hemodynamically significant lesion in the iliac segment. In total, isolated revascularization of the DFA was performed in 49 patients (49,5%), among which 45 patients underwent profundoplasty and 4 underwent endovascular intervention on the DFA. In the case of a combined lesion of the iliac segment, a hybrid operation was performed. A hybrid variant of surgical treatment was profundoplasty in combination with endovascular restoration of the iliac segment patency within a single operation and was performed in 50 patients (50,5%).

The vast majority of operations on the DFA within the framework of an isolated or hybrid operation is represented by surgical profundoplasty, which in total was performed in 95 (95,9%) patients. In all patients who underwent profundoplasty, the operation on the DFA was of a primary nature. A modified method of extended profundoplasty - flow-guiding profundoplasty (FGPP) - was performed in 28 patients (28,3%). At the same time, in 5 patients (5,1%), FGPP was performed as part of a hybrid operation along with restoration of the iliac segment. In 67 patients (67,7%) profundoplasty was performed

according to the classical technique. In 78 patients (78,8%) the operation was performed under epidural anesthesia, in 11 (11,1%) under spinal anesthesia, and in 6 patients (6,1%) a combination of epidural and spinal anesthesia was used. In all cases, an autovein was used as a patch for plasty of both CFA and DFA. Endarterectomy of CFA and DFA was performed in the majority of patients (96,8%), while in 3 patients (3,2%) endarterectomy was not performed due to the diffuse spread of the atherosclerotic process, which did not create hemodynamic obstructions for blood flow after plasty. The average length of the plasty was 7 (5,00–10,00) cm.

With a combined hemodynamically significant steno-occlusive lesion of the iliac arteries on the side of the operated limb, endovascular reconstruction of the common and/or external iliac artery was performed as part of a hybrid operation. Thus, among operations on the iliac segment, 49 patients (49,5%) underwent stenting of the iliac artery. In 1 patient (1,0%), the intervention on the iliac artery was of a secondary nature - he had previously undergone EIA stenting, and at the time of treatment there was a hemodynamically significant restenosis in the stent - he underwent balloon angioplasty of the EIA with a drug-eluting balloon catheter. Localization of the reconstruction depended on the topic of the lesion and is shown in Figure 16.

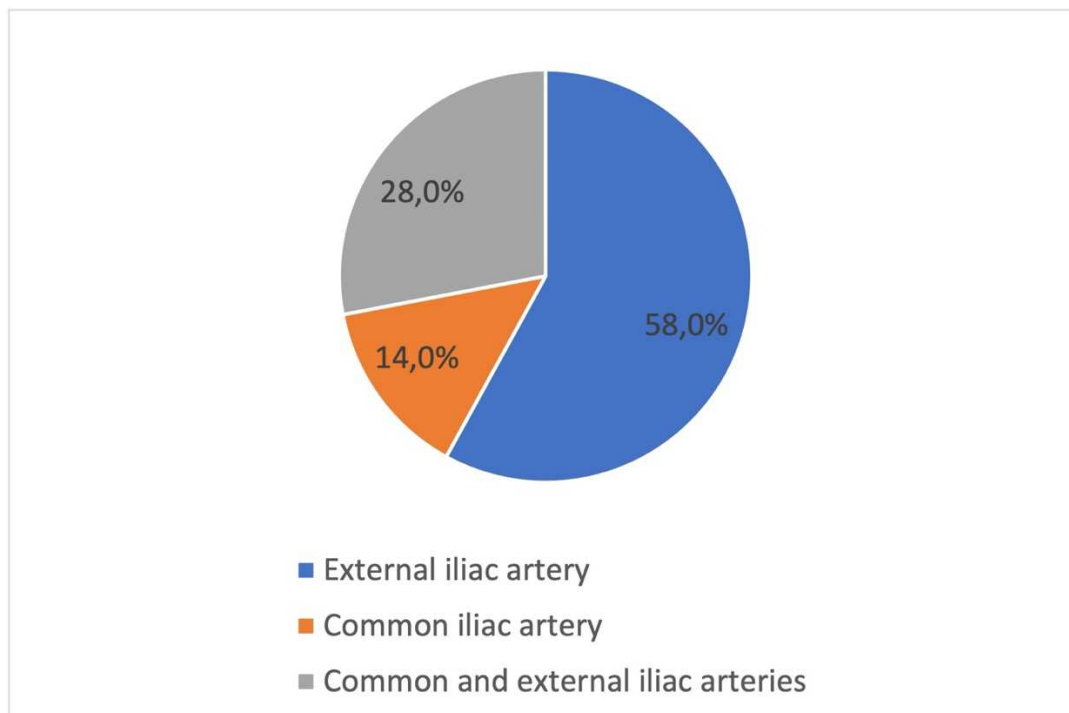


Figure 16. Distribution of endovascular operations on the iliac segment depending on the location of the reconstruction (n=50).

Endovascular reconstruction of the DFA was performed in isolated form in all cases. All patients underwent surgery under local anesthesia. Among the endovascular methods of DFA revascularization, 3 patients underwent DFA PBA and 1 patient underwent DFA stenting. DFA PBA was performed in patients who had previously undergone primary profundoplasty, and hemodynamically significant restenosis in the area of plasty was detected. At the same time, in 2 cases, a non-drug-coated compliant balloon catheter was used, and in 1 case, a drug-coated balloon catheter was used. DFA stenting was performed in 1 patient, since profundoplasty was associated with a high risk of developing cardiovascular complications in the perioperative period.

Thus, in the Department of Vascular Surgery of the The Federal State Budgetary Institution "North-Western district scientific and clinical center named after L. G. Sokolov Federal Medical and Biological Agency" (St. Petersburg), there are opportunities and conditions for performing all modern methods of surgical, endovascular and hybrid revascularization of the lower limb.

2.4. Postoperative rehabilitation and follow-up

In the early postoperative period, the patient was in the general ward of the department, where the course of conservative therapy, treatment of trophic ulcers, monitoring of basic hemodynamic parameters, as well as monitoring of clinical blood count, urinalysis and electrocardiography continued. If the patient had diabetes mellitus, blood glucose was monitored by points in the first few days after the operation under the supervision of an endocrinologist. On the 5th–7th day of the postoperative period, the measurement of ABI was monitored. The average duration of hospitalization in the postoperative period was 7 (6,00–8,00) days.

After discharge to the outpatient stage, all patients were given treatment recommendations, including smoking cessation, adherence to a hypocholesterol diet, daily monitoring of blood pressure, daily exercise, namely training walking at a distance of at least 2 km per day with a gradual escalation of pain-free walking distance. When the ability to engage in training walking against the background of tissue loss was limited,

classes on pedal simulators, exercise bikes or a treadmill were recommended as an alternative. Recommendations for drug therapy included statin therapy (Rosuvastatin, Atorvastatin, etc.) under the control of blood lipid profile, antiplatelet therapy. Standard antiplatelet therapy consisted of drugs from the aspirin group (Cardiomagnyl, Aspirin cardio, etc.). In the case of stenting, dual antiplatelet therapy was prescribed with the addition of a drug from the clopidogrel group (Plavix, Clopidogrel, etc.) for three months after iliac segment stenting and six months after DFA stenting. Since 2019, patients with an increased risk of cardiovascular complications and a low risk of hemorrhagic complications have been recommended to take rivaroxaban at a dosage of 2,5 mg bid in addition to aspirin. Permanent anticoagulant therapy at a therapeutic dosage was recommended as directed by a cardiologist if the patient had atrial fibrillation. In this case, the decision to additionally prescribe antiplatelet therapy was made depending on the ratio of risks of cardiovascular, hemorrhagic, thrombotic and ischemic complications.

For the treatment of trophic ulcers at the outpatient stage, it was recommended to continue performing dressings, in a number of cases it was recommended to continue taking antibiotic therapy, which depended on the results of bacterial culture. In the case of positive dynamics in the healing of a trophic ulcer, control of bacterial culture was not prescribed. In the absence of positive dynamics within 3–4 weeks after discharge, it was recommended to control the bacterial culture from the separated trophic ulcer with the determination of sensitivity to antibiotics. Minor amputation was performed in one patient with deep necrotic changes in the phalanges of the toes extending to the osteoarticular apparatus after a successful revascularization stage in the delayed postoperative period.

In the late postoperative period, patients were recommended to perform the US of the arteries of the lower extremities with the measurement of ABI after 1, 3, 6 and 12 months in the first year, and then once every 12 months. At the same time, the operated segment was evaluated for the presence and degree of restenosis, as well as aneurysmal transformation. The patency of the iliac segment in the postoperative period was also assessed based on the results of the control ultrasound. All patients were recommended to be observed by a vascular surgeon on an outpatient basis with follow-up visits 1, 3, 6 months after surgery and every six months thereafter.

In order to prevent the development of trophic ulcers and gangrene, prevent the development of cardiovascular complications, increase the distance of pain-free walking, it was recommended to re-hospitalize every 6 months, during which the patient underwent infusion vasoactive therapy in combination with physical exercises. Also, a dynamic control of the blood lipid profile and US was performed, and a cardiologist and angio-neurologist were observed.

Evaluation and analysis of postoperative results was carried out according to such criteria as clinical improvement, the magnitude and dynamics of pain-free walking distance and ABI, healing of tissue loss, primary patency of the operated segment, safety of the operated limb from amputation, and survival. Primary patency was defined as patency of the operated segment without signs of hemodynamically significant restenosis or the need for reoperation. Early postoperative complications and mortality were defined as any complication or death within 30 days of surgery. The preservation of the limb was assessed depending on the performance of a major amputation (at the level of the thigh or lower leg). The results of treatment of patients were analyzed during hospitalization, in the early postoperative period (1 month after surgery) and in the late postoperative period (from 6 months to 5 years). The maximum follow-up period after endovascular reconstruction of the DFA was 24 months. The assessment of long-term results was carried out when examining patients in inpatient or outpatient settings, some patients were interviewed by phone.

The collection and evaluation of long-term results were carried out through visits of patients in the postoperative period, and some were interviewed by phone. Analysis of the long-term patency of the reconstructed arterial segment, as well as the limb salvage and survival was carried out using the Kaplan-Meier method.

2.5. Statistical processing of the obtained data

Descriptive statistics for quantities are presented as mean and standard deviation $M(SD)$ if the corresponding sample distribution is normal. In the case of a non-Gaussian distribution, the median and interquartile range $Me (Q1-Q3)$ were indicated. Qualitative

values are presented as frequency and as a percentage of the sample size for the corresponding value of $n(m\%)$. Survival was depicted using the Kaplan-Meier curve.

Hypothesis testing for quantitative values for independents was carried out using the t-test for normal distributions and the Mann-Whitney test for non-Gaussian distributions. For dependent samples, using the paired t-test in the case of normal distributions and the Wilcoxon test in the case of non-Gaussian distributions. Normality was tested using the Shapiro-Wilk test.

For qualitative independent samples, the chi-square test and Fisher's exact test (for small samples) were used. For qualitative dependent samples, the McNemar test for 2x2 tables and the Stuart-Maxwell test for tables of large dimensions were used.

In all cases, $p=0.05$ was considered the threshold of statistical significance. Statistical calculations were carried out using the R 4.1.2 program.

CHAPTER 3. SURGICAL TREATMENT TECHNIQUE FOR PATIENTS WITH CHRONIC LOWER LIMB ISCHEMIA

3.1. Characteristics of classical isolated profundoplasty and a proposal for its modification

At present, the “gold standard” for performing profundoplasty is the method proposed by P. Martin et al. in 1968 [112]. The arteriotomy of the CFA is performed with the transition to the DFA to the level of the end of the atherosclerotic lesion in the proximal trunk, after which a direct endarterectomy is performed, and then an autovenous patch is sutured to the site of the arteriotomy [28, 112] (Figure 17).

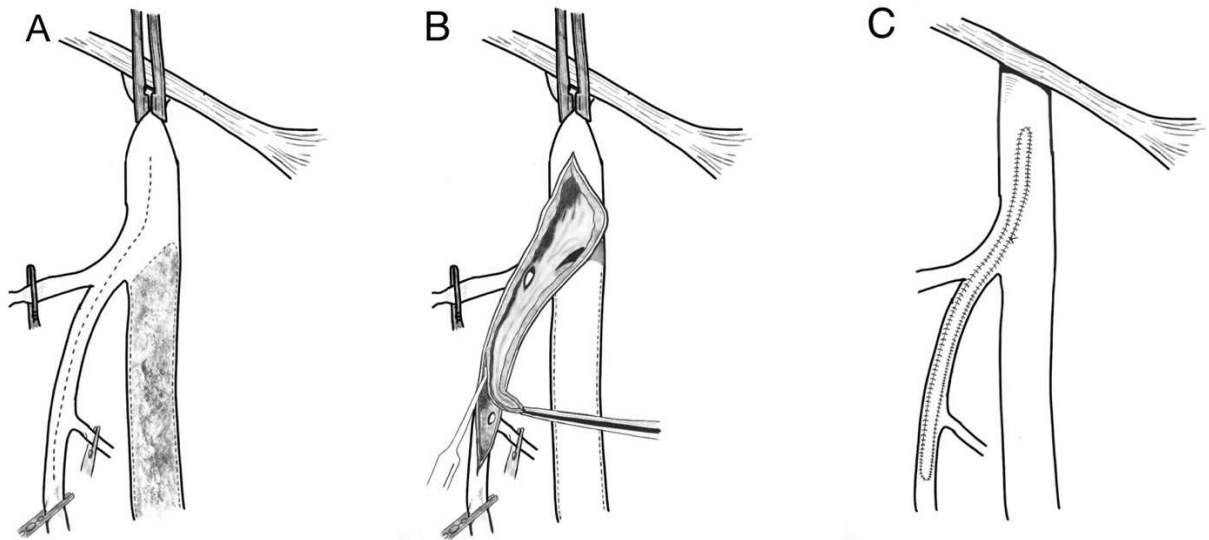


Figure 17 (A, B, C). Classical profundoplasty technique according to P. Martin (1968).

DFA is most often characterized by lesion of the origin and proximal segment. However, in some cases, the stenotic lesion is widespread up to the perforating branches of the DFA. For this type of lesion, a modification of the classical technique was proposed - extended profundoplasty, originally proposed by R. Berguer and L. Cotton in 1973, and then modified by L. Cotton and V. Roberts in 1975. The authors propose to carry out endarterectomy and plasty of the DFA to the area where the walls of the DFA are soft and pliable, which is approximately 5 to 15 cm from the mouth [47].

Despite the proposed modifications, the results of profundoplasty in relieving ischemic symptoms are still ambiguous. This is due, among other things, to the fact that the elimination of an atherosclerotic lesion by itself does not in all cases lead to a sufficient hemodynamic improvement.

The genicular collaterals, where communication with the popliteal segment (the “recipient zone”) usually occurs, represent an area with high resistance to blood flow from the DFA [28]. Under conditions of such resistance, blood flow may be redistributed into large branches of the DFA, due to which the blood flow of the main trunk is stolen (Figure 18).

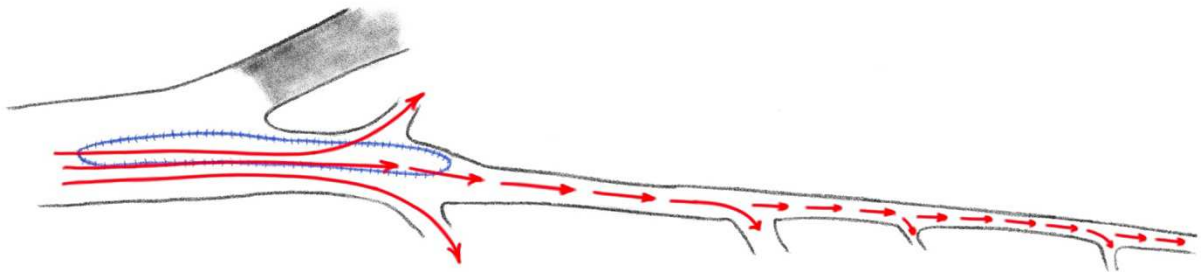


Figure 18. Schematic representation of the mechanism of blood flow stealing by the branches of the deep femoral artery during classical profundoplasty.

The phenomenon of stealing by the branches of the main trunk of the artery is described in "coronary branch steal". In the case of stenosis of the main trunk of the coronary artery, its distal section is robbed due to non-stenotic branches. This phenomenon has been confirmed on the basis of both theoretical and experimental models [89]. At the same time, there are observations when, on the contrary, after stenting the main trunk of the coronary artery, its branches are stolen [28, 74]. This stealing mechanism is universal for all arterial pools. Since the branches of the trunk of the deep femoral artery are predominantly involved in the blood supply to the muscles of the thigh, in a similar way, it is possible to steal the distal section of the trunk of the deep femoral artery involved in communication with the recipient zone due to its proximally located branches.

To eliminate such stealing, we proposed to perform profundoplasty with such a length that the diameter of the DFA trunk exceeded the diameter of all outgoing large branches of the DFA (lateral and medial femoral circumflex arteries, the first perforant branch). Thus, the extent of profundoplasty, in our opinion, to eliminate the emerging hemodynamic resistance in the main trunk of the DFA and collaterals of the recipient zone and, as a result, stealing through the proximal branches of the DFA, should be performed distally to the first perforant branch, regardless of the prevalence of the atherosclerotic process in it. We called this surgical technique “flow-guiding profundoplasty” (FGPP) (Figure 19) [28].

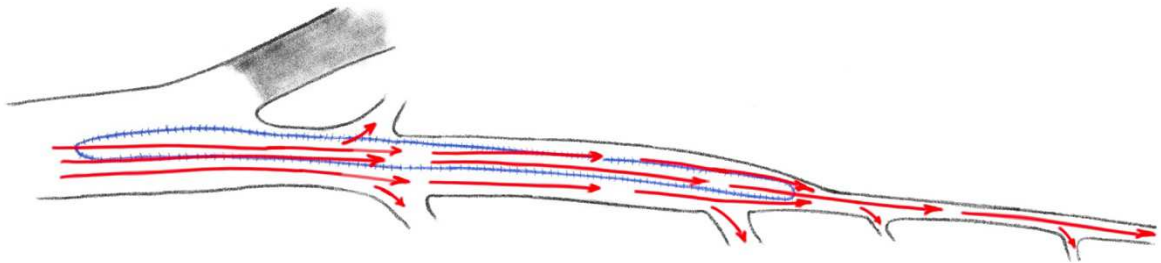


Figure 19. Schematic representation of the mechanism for leveling blood flow stealing during flow-guiding profundoplasty.

3.2. Flow-guiding profundoplasty

The main difference between FGPP and extended profundoplasty is that extended profundoplasty is performed only in the presence of a significant atherosclerotic lesion of the DFA trunk extending to the perforating branches. Thus, there are no indications for performing extended profundoplasty in the absence of a widespread DFA lesion. Since the implementation of FGPP is due to the need to form a blood flow along the trunk of the DFA in order to avoid stealing the blood flow along its branches, the indication for using this technique will be a hemodynamically significant lesion of the DFA at any of its levels, including only with an origin lesion [28]. Thus, the presence of hemodynamically significant stenosis of the DFA according to one of the criteria according to the ultrasound or angiography was an indication for FGPP.

The operation was performed using regional anesthesia. Before the operation, the GSV was examined due to US with an assessment of its diameter, valvular function and varicose transformation. Preference was given to the GSV in the lower third of the tibia on the side of the operated limb, since, as a rule, the vein in this area has a strong fascial sheath, which reduces the risk of aneurysmal expansion in the plasty area and rupture of the patch in the postoperative period. In addition, the preserved proximal GSV trunk remains for possible subsequent bypass interventions. CLI was a contraindication for the isolation of autovenous material from the distal tibia due to prolonged wound healing in the postoperative period and the risk of infection. In this case, an assessment and sampling of autovenous material from the contralateral limb was carried out. In the case of varicose transformation of the distal GSV, one of the proximal tributaries of the GSV (anterior or posterior accessory GSV) was used as an autovenous material. The criteria for an adequate autovenous material were a diameter of at least 4 mm and not more than 6 mm, the absence of signs of varicose transformation, current or past thrombophlebitis, valvular incompetence in the segment planned for resection. In all patients, adequate autovenous material was found according to the specified criteria.

On the operating table, the patient is in the supine position. The length of the surgical field should be sufficient to allow flexion of the limb at the knee and rotation of the femur outward. To isolate the DFA trunk, an anteromedial approach to the DFA trunk was performed along its entire length, which was first described by F. Hershey and A. Auer in 1974 and is currently the standard for most reconstructions on the DFA, including profundoplasty [118]. In this case, the skin incision line begins a few centimeters lateral to Ken's line to avoid damage to the lymph nodes. Thus, DFA can be easily isolated from the origin at the level of the bifurcation of the CFA up to its distal branches. The skin incision is made along a line that begins at a distance of two digital spaces from the anterior superior iliac spine and continues distally to the medial border of the patella.

First, the femoral arteries are exposed in the area of the bifurcation. The deep fascia is dissected, beyond which the medial edge of the sartorius muscle is determined, which is separated from the tissues. The sartorius muscle is retracted laterally, and the adipose tissue is retracted medially. Thus, the inguinal lymph nodes are not transected and are

dissected internally, which reduces the risk of postoperative lymphorrhea. The vascular sheath is opened, and CFA is released from the inguinal ligament to the bifurcation. It is important not to damage the lateral branches, which can play a significant role in the collateral blood supply, especially the lateral circumflex artery. The bifurcation of the CFA is usually located 3–5 cm below the inguinal ligament. A discrete decrease in the diameter of the trunk may be a sign of the onset of SFA. The origin of the DFA is usually located on the posterior-lateral side of the CFA. It is easy enough to recognize if CFA and SFA are gently retracted medially and anteriorly on rubber handles. The deep fascia is dissected, after which the release of DFA begins. The first 2 cm it passes posteriorly and laterally. At this level, one or two accompanying veins, as well as the lateral femoral circumflex vein, cross the trunk of the DFA. They intertwine and intersect. In about 3% of cases, they pass behind the artery and, if damaged, can cause problematic bleeding [118]. The orifices of the medial and lateral circumflex femoral arteries are usually also located at this level of the DFA. They should be isolated with care, since small arterial branches can spread over them. As DFA release continues distally, the rectus femoris and sartorius muscles are retracted laterally. After the first 2 cm, the DFA curves medially and continues distally, slightly posteriorly, and lateral to the SFA along the anterior surface of the pectineus and adductor muscles. The deep femoral vein runs anterior to the DFA until it joins the femoral vein. At this point, the motor nerves of the sartorius and rectus femoris are identified and retracted along with the muscles. The motor nerve of the vastus medialis runs laterally along the DFA for the first 10 cm. Distally, it lies closer to the artery, but can still be retracted laterally. The first perforant branch arises 8–10 cm below the origin of the DFA, and the second perforant branch is easily identified 2 cm distally. Approximately 12–15 cm from the origin, the DFA is located behind the adductor longus muscle. It can be partially or completely retracted upward for further release of DFA. The third perforant branch is isolated at this level. The most distal portion of the DFA trunk, at the origin of the fourth perforant branch, is located near the rough line of the femur, behind the adductor magnus muscle, and is not accessible for the anterior-medial approach.

In parallel with the access, the assistant performs harvesting of the GSV, which saves time. After CFA, DFA and SFA are isolated, they are fixed on rubber turnstiles. Systemic heparinization is carried out, after which CFA and DFA are clamped with vascular clamps in the place of the least atherosclerotic lesion and calcification. In this case, the branches of the arteries are clamped with clamps of the "bulldog" type, which minimizes the risk of injury and post-traumatic dissection and occlusion, which they are subject to when using and tightening rubber tourniquets (Figure 20).



Figure 20. Approach to the deep femoral artery up to the second perforating branch.

After clamping the arteries, a longitudinal arteriotomy of the CFA is performed a few centimeters proximal to the bifurcation along the upper-lateral wall with a transition to the DFA in the middle of the upper wall throughout the planned plasty, so that the distal edge of the arteriotomy should end distally to the origin of the first perforant branch of the DFA. As a rule, it is the last largest branch, which can play a role in stealing the blood flow of the main trunk of the DFA.

When performing standard profundoplasty according to the classical technique, arteriotomy was performed to the level of the distal edge of the spread of the

atherosclerotic process, while the clamp was applied to the area of the artery with soft walls. As a rule, in most cases, the extent of the atherosclerotic process was limited to the origin or proximal section of the DFA to the level of the branching of the circumflex branches. After arteriotomy, a revision of the lumen is performed, endarterectomy of pronounced atherosclerotic and calcified defects is performed with a spatula with fixation of unaltered intimal walls with separate interrupted sutures (Figures 21, 22).



Figure 21. Arterial lumen after endarterectomy.



Figure 22. A removed fragment of an atherosclerotic plaque after endarterectomy.

In this case, total endarterectomy should be avoided. The priority is to preserve the middle layer of the artery, in order to avoid leaving a bare adventitia, which is the weakest wall of the artery and is subject to an increased risk of trauma and rupture both in the early and in the long-term period after plasty. In 3 patients, the stage of endarterectomy was not performed due to the diffuse spread of the atherosclerotic process, which did not create hemodynamic obstructions for blood flow after plasty.

The selected section of the autovein is reversed, dissected longitudinally. Resection of existing valves, excision of angles and longitudinal excision is performed so as to exclude excessive expansion of the plasty site, as well as narrowing at the transition point

of CFA to DFA. Autovenous plasty is performed with a continuous suture with atraumatic Prolene 6\0 thread, starting from one of the edges of the arteriotomy using a parachute technique (Figure 23).



Figure 23. Arteries after flow-guiding profundoplasty.

After starting the blood flow, intraoperative angiography is performed with an assessment of the patency of the plasty zone in two projections (direct and oblique-lateral), collaterals of the DFA, distal arteries of the leg, as well as the iliac segment on the side of the lesion (Figures 24, 25, 26).



Figure 24. Angiographic image after the performed flow-guiding profundoplasty.

In this case, as shown in Figures 25 and 26, special attention is paid to the DFA collaterals on the thigh. The preservation of the “recipient zone”, namely the magistral arteries capable of receiving collateral blood flow from the DFA collaterals, including the popliteal artery, tibioperoneal trunk and proximal parts of the tibial arteries, is assessed. Angiographic evaluation of the patency of the magistral arteries in the lower leg and foot was also carried out. With a satisfactory angiographic result, the main stage of the operation is considered completed, drainage and suturing of wounds is performed.

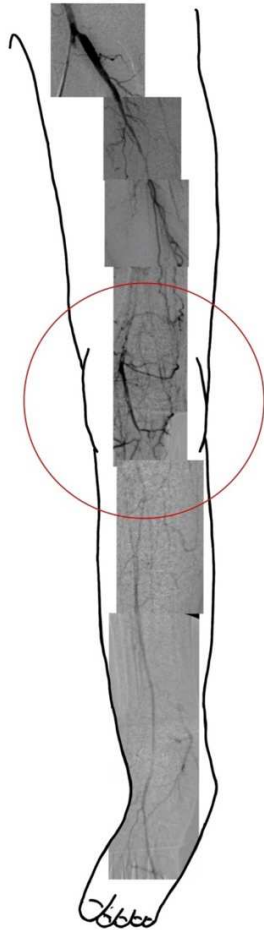


Figure 25. Angiographic image of the lower limb demonstrates a patent recipient zone (marked in red), which is represented by the patent popliteal artery, the proximal part of the anterior tibial artery, which continues on the foot as the dorsalis pedis artery.

Figure 26. Angiographic image of the lower limb demonstrates the absence of the recipient zone (marked in red). There is a patent peroneal artery on the lower leg, the contrasting of which begins distal to the border of the recipient zone.

Thus, the technical difference between flow-guiding profundoplasty and classical one lies in the extent of autovenous plasty, other stages of the operation are identical and therefore are not described separately for classical profundoplasty (Figures 27, 28).

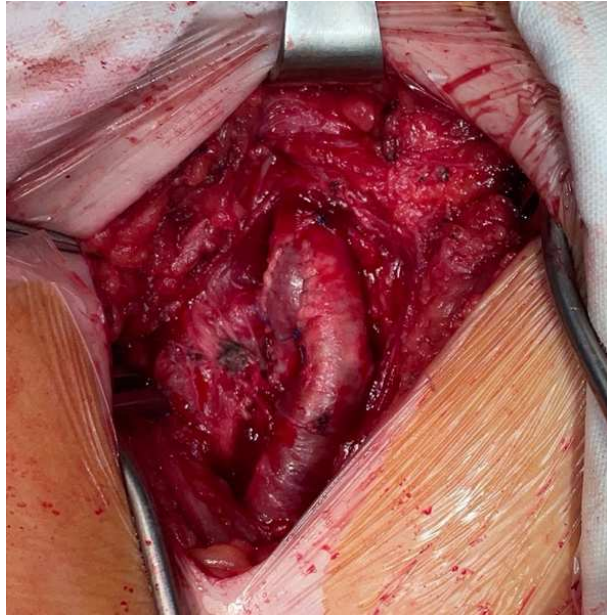


Figure 27. View of the arteries after classical profundoplasty.



Figure 28. Angiographic image of the arteries after classical profundoplasty.

3.3. Combined profundoplasty as part of a hybrid operation

In the last decade, endovascular treatment for most lesions of the iliac segment has been the method of choice according to the latest recommendations of the Transatlantic Consensus (TASC II). [49, 90, 132, 188]. In the European Society of Cardiology (ESC)

guidelines in collaboration with the European Society of Vascular Surgeons (ESVS) of 2017, the use of endovascular treatment methods is the first line strategy for any stenotic lesions of the aortoiliac segment if the operation is performed by an experienced team [32]. This is justified by the low risk of perioperative complications and mortality, the rapid recovery period after surgery, and the high results of long-term patency comparable to surgical methods of treatment [49].

In case of combined lesion of the iliac segment on the side of the affected limb, in our work, profundoplasty was performed with one-stage endovascular reconstruction on the iliac segment within one operation.

The patency of the aortoiliac segment was assessed before surgery according to preoperative angiography. At the same time, stenosis of the iliac arteries in diameter was taken into account. If it was 70% or more, or if there was occlusion, then this was an indication for intervention.

Evaluation by CT angiography can sometimes be difficult due to severe calcification of the walls. In this case, to clarify the extent of the lesion, intraoperative angiography was performed in several projections (usually in the direct and oblique-medial) and the final decision was made on the need for intervention on the iliac segment.

The operation was performed using regional anesthesia in a hybrid operating room using an OEC Brivo 785 C-arm from General Electric (USA).

The stages of access, arteriotomy, endarterectomy and autovenous plasty were performed according to the methods described earlier. With occlusive lesions of the iliac arteries, all patients at the stage of autovenous plasty, without completing it by several centimeters, underwent an attempt at thrombectomy. Thrombectomy access was used at the arteriotomy site. Thrombectomy was performed under X-ray control using Fogarty catheters. To reduce the risk of damage to the intima in the iliac arteries and subsequent dissection, in some cases, before thrombectomy, a guidewire was passed through the occlusion zone and thrombectomy was performed along the guidewire.

If there was a lesion of the distal EIA, the proximal access was expanded, the arteriotomy was extended with endarterectomy from the distal EIA.

After an attempt at thrombectomy, the stage of autovenous plasty was completed, and blood flow was started.

According to the Seldinger method, as a rule, in the area of the autovenous patch, the unchanged wall of the CFA or the proximal part of the SFA, the CFA was catheterized retrogradely with the installation of a sheath (Figure 29).

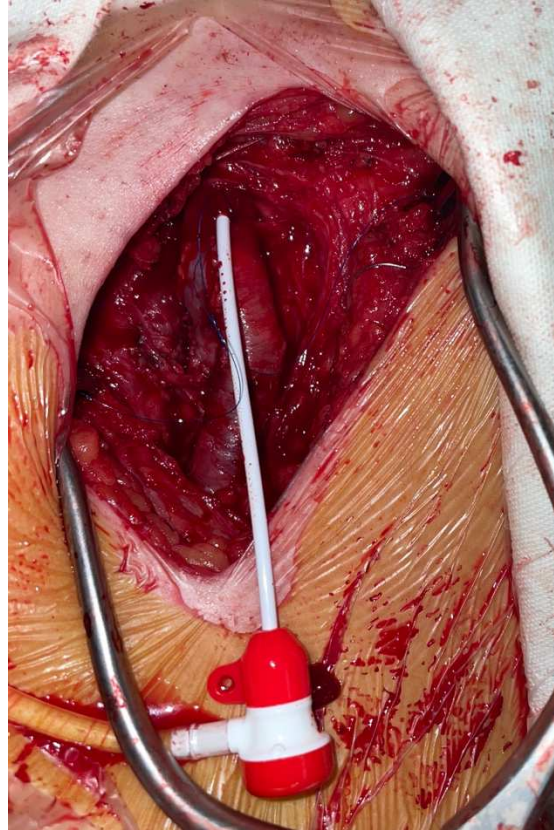


Figure 29. A sheath is installed in the area of the autovenous patch to perform the endovascular stage of the operation on the iliac segment.

An intraoperative angiography was performed with a final assessment of the patency of the iliac segment. Hemodynamically significant steno-occlusive areas and sites of intimal dissection were taken into account.

After the sheath is installed and angiography is performed, a guidewire is inserted under X-ray control, and its tip is positioned in the abdominal aorta. In non-occlusive lesions of the iliac segment, 0,035 non-hydrophilic guidewires of moderate stiffness with a modified non-straight tip are used to avoid subintimal passage or passage through the strata of a previously implanted stent. For the passage of the occluded area, it is preferable to use hydrophilic 0,018 or 0,035 guidewire of various stiffness, using diagnostic

catheters as additional support. After the guidewire passes through the occlusion site, the tip of the diagnostic catheter along the guidewire is placed proximal to the occlusion zone and angiography is performed to verify the intraluminal location of the guidewire tip and more clearly visualize the proximal border of occlusion.

After the guidewire is passed through the affected area, the main stage of the endovascular part of the operation is performed. With lesions of 70% or more, stenting of the affected area was performed (Figure 30).

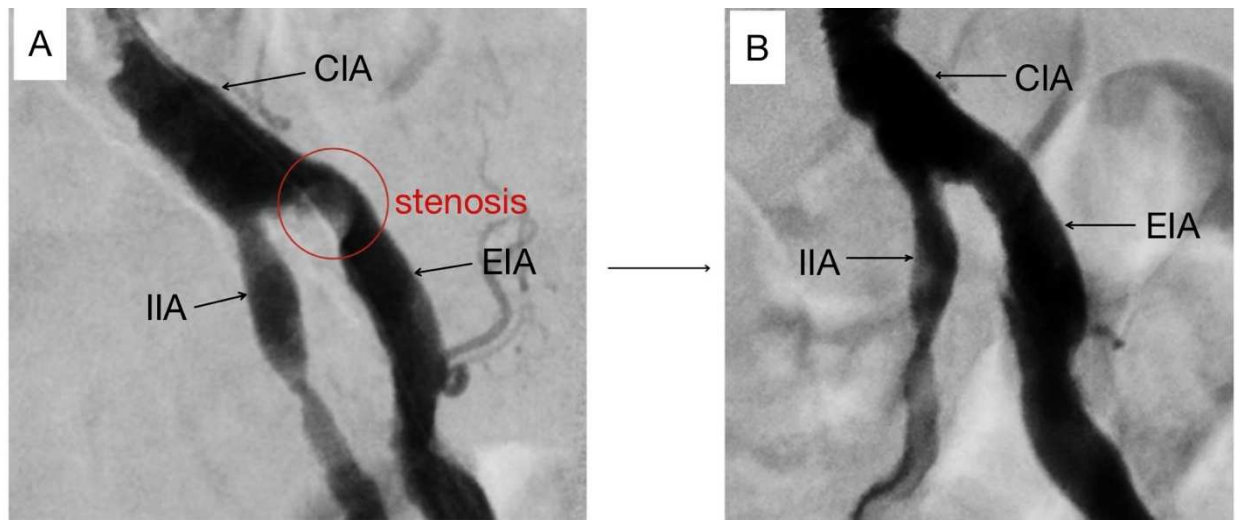


Figure 30 (A, B). Angiographic images before and after stenting of the external iliac artery.

In one case, the intervention on the iliac arteries was of a secondary nature - stenting of the EIA had previously been performed, and at the time of treatment there was hemodynamically significant restenosis in the stent - balloon angioplasty of the EIA was performed with a drug-eluting balloon catheter with a diameter ratio to the native lumen of the artery of 1:1. In case of an occlusive or subocclusive lesion, in order to safely insert the delivery system with a stent, the area was preliminarily balloon predilated using compliance balloon catheters with a diameter ratio to the native lumen of the artery of 0.5:1.

Stenting was performed using nitinol balloon-expandable and self-expanding stents. When stenting the common iliac artery (CIA), preference was given to balloon expandable stents as stents with more stable radial force. Moreover, if the site of the lesion was located in the area of the aortic bifurcation, then the procedure was performed with

the protection of the contralateral side. Through the puncture inguinal access, an introducer was installed on the opposite side, and a balloon catheter with a diameter in the ratio of the native artery 1:1 was inserted into the contralateral CIA, which was opened in parallel with the stent («kissing» technique).

As a rule, the diameter of the stent corresponded to the diameter of the native lumen of the artery, with the exception of severe calcification of the walls of the arteries, when the diameter of the stent was chosen 1–0,5 mm less than the native diameter of the artery, in order to avoid wall rupture, extravasation, and the development of bleeding with retroperitoneal hematoma. The length of the stent should be sufficient and selected taking into account the capture of unchanged areas proximal and distal to the affected area. Unlike CIA, EIA often has a tortuous anatomy; therefore, when this artery was damaged, self-expanding stents were usually used, as they have greater flexibility and can be implanted in conditions of tortuous anatomy. The stent sizing criteria are the same as for a balloon-expandable stent. After implantation of a self-expanding stent, its post-dilation with a balloon catheter with a diameter of 1:1 was necessarily performed.

Control angiography after stent implantation was used to assess its patency for fixation of the proximal and distal crowns of the stent, the presence of restenosis and intimal dissection, as well as the patency of the bifurcation of the CFA, DFA and its branches. With a satisfactory angiographic result, the guidewire and sheath were removed alternately with the puncture hole sutured with Prolene 6/0 suture, after which the final stages of the operation were performed.

3.4. Endovascular interventions on the deep femoral artery

Endovascular interventions on the DFA were performed in a hybrid operating room using both the OEC Brivo 785 C-arm from General Electric (USA) and the INFX-8000C hybrid angiographic system from Toshiba (Japan).

All endovascular operations were performed using local anesthesia in the access area. As a rule, the left brachial artery was used as an access, less often the contralateral CFA. Under ultrasound control, a puncture access was performed according to the

Seldinger method, and after the sheath was installed and systemic heparinization was performed, under X-ray control with the support of a diagnostic catheter, the guidewire was inserted into the trunk of the DFA, while the tip of the guidewire was positioned distal to the first perforant branch.

Before angioplasty, a control angiographic image was performed in a twofold increase in the direct and oblique-lateral projections, after which the extent of the lesion of the DFA trunk was finally assessed. At the same time, the lesion was assessed along the entire length of the trunk up to the fourth perforating branch. Both non-compliant and compliant balloon catheters, as well as Paclitaxel drug-eluting balloon catheters, were used for PBA. The preference was given to the use of non-compliant balloons, as they are less prone to provoke intimal dissection, which is predisposed to the arteries of the femoral segment. The diameter of the balloon catheter was selected in accordance with the average diameter of the DFA shaft 1:1, given that it slightly decreases distally from the origin. With a significant difference in the diameters of the areas of the trunk of the artery on which the intervention was planned, in some cases balloon catheters of several sizes were used, since it is unacceptable to use balloon catheters with a significant excess of the diameter of the native lumen of the artery (more than 1 mm), so as not to provoke intimal dissection. The length of the balloon catheter was selected in accordance with the length of the DFA trunk lesion, while the procedure technically allowed intervention at all levels of the DFA trunk. PBA was performed with an open balloon exposure of one and a half minutes and three minutes with a drug-eluting balloon. When performing balloon angioplasty with DCB, the area of stenosis is predilated with a simple uncoated balloon catheter. After PBA, control angiography was performed with a possible second angioplasty in case of an insufficiently satisfactory angiographic result, persistence of stenosis, or signs of intimal dissection (Figure 31).

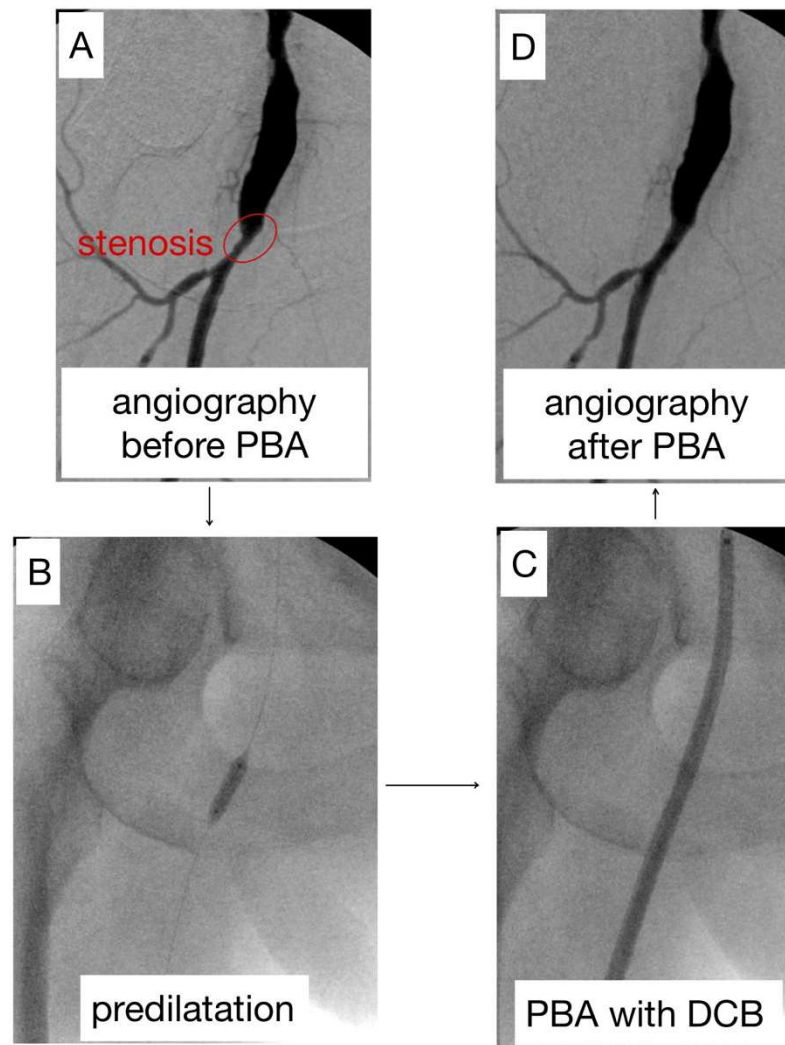


Figure 31 (A, B, C, D). Angiographic images of the plain balloon angioplasty (PBA) of the deep femoral artery with a drug-coated balloon catheter (DCB).

In one case, stenting of the origin of the DFA trunk, and the distal section of the CFA was performed. At the same time, the lesion was localized exclusively in the origin section of the DFA. The initial stages of the intervention are similar to those for PBA. The intervention was carried out under angiographic control in the oblique-lateral projection, so that the bifurcation of the CFA and the origin of the DFA were completely visualized, without imposing images of the SFA and DFA on each other. For stenting, a self-expanding nitinol stent was used, since the CFA bifurcation zone is mobile and constantly participates in movements from the femoral region, which, when using a balloon-expandable stent, can provoke its deformation and destruction. The stent diameter was selected on the basis of the maximum diameter of the mouth section of the

DFA 1:1. After the installation of the stent, balloon post-dilatation of the stenting area was performed with a balloon catheter with a diameter of 1:1. Control angiography assessed the stent patency, the presence of restenosis and signs of intimal dissection, and with a satisfactory angiographic result, the operation was considered completed, the instruments and sheath were removed and manual hemostasis was performed (Figure 32).

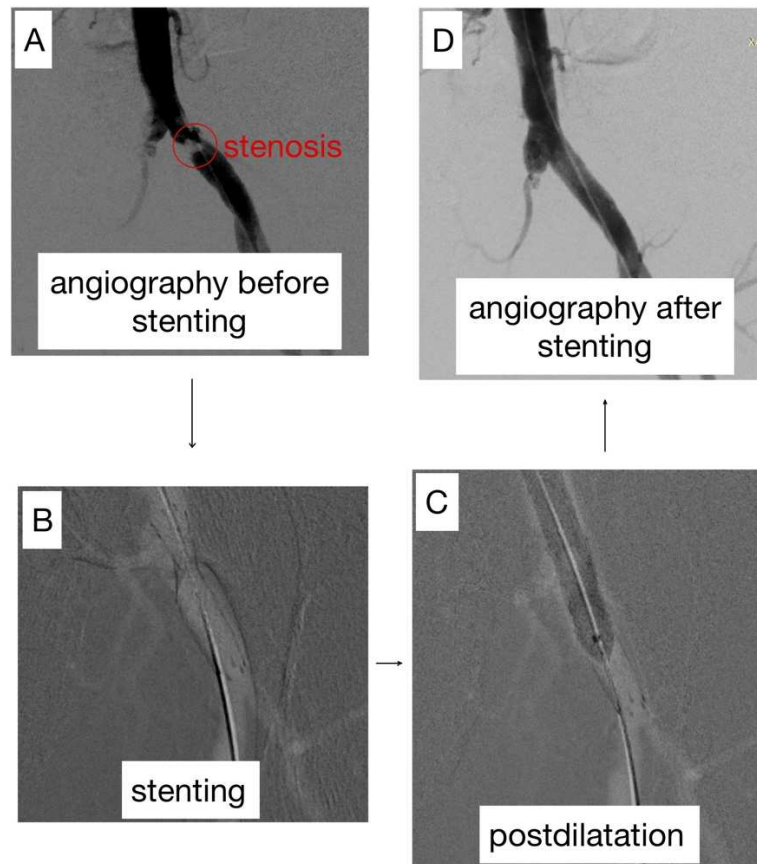


Figure 32 (A, B, C, D). Angiographic images of stenting of the deep femoral artery with a self-expanding nitinol stent.

Since the brachial artery is more susceptible to the development of pulsatile hematomas at the puncture site, immediately after hemostasis in the area of the brachial artery, an ultrasound control of the puncture site was performed with an assessment of the presence of a hematoma and blood flow in it, extravasation from the puncture site, the nature of the blood flow curve on the brachial artery and arteries of the forearm in wrist area. A pressure bandage was applied for a day, after which the puncture site was re-assessed according to US.

CHAPTER 4. A NEW WAY FOR THE TREATMENT OF CATHETER-RELATED PULSATILE HEMATOMA BY THE METHOD OF TEMPORARY PERCUTANEOUS EMBOLIZATION WITH A GUIDEWIRE

4.1. Relevance, epidemiology, existing modern methods of treatment of catheter-related pulsatile hematoma

Catheter-related pulsatile hematoma (PH) is a complication developing after percutaneous arterial endovascular access if the defect in the artery wall has not adequately sealed once the sheath is removed [160]. Through the formed defect, the blood spreads to the surrounding tissues, a cavity is formed without walls and capsules delimiting it, as a result of which it tends to progress rapidly. It consists of a perfused cavity connected to the supplying artery by a «neck», and its wall is represented solely by a compressed thrombus and surrounding tissue (Figure 33) [84, 150, 160].

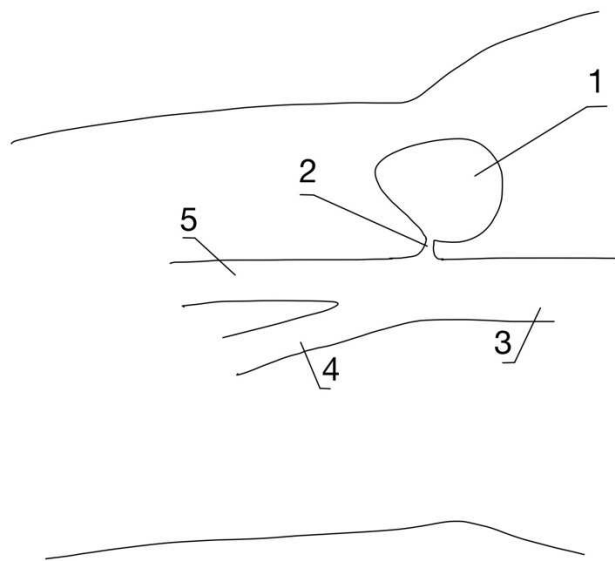


Figure 33. Schematic representation of a catheter-related pulsatile hematoma of the common femoral artery - general view, where: 1 – pulsatile hematoma cavity; 2 – pulsatile hematoma neck; 3 – common femoral artery; 4 – deep femoral artery; 5 – superficial femoral artery.

There is no generally accepted term for this type of complication in the medical literature. So, in the Russian-language literature, the term "pulsatile hematoma" is used when it comes to the early postoperative period, when the capsule is not formed in the PH. After about 10-14 days, a connective tissue capsule begins to form from the tissues surrounding the cavity. In the case of capsule formation, this formation is defined as a «pseudoaneurysm» since the delimiting walls do not have true layers of the artery. The lack of a clear time frame for the formation of a false aneurysm often leads to different interpretations of the diagnosis and difficulties in choosing the right treatment tactics [6]. At the same time, in the English-language literature there is no separation of these terms depending on the timing of formation, they are united by one term "false aneurysm" or "pseudoaneurysm".

Catheter-related PH is one of the most common vascular access site complications occurring in 0.2-4.9% of cases [82, 95, 101, 102, 163]. With an increase of endovascular procedures and the more frequent use of large-diameter sheaths, the frequency of this complication can reach up to 6-8% [46, 84, 119]. PH formation complicates 0.6% to 6% of femoral arterial catheterizations [35, 81, 101, 109]. Risk factors have been described and include use of anticoagulation therapy, large size of the sheath (7 Fr or more), arterial hypertension, obesity, faulty puncture technique, inadequate manual compression after sheath removal, arterial wall calcification, simultaneous arterial and venous catheterization, female gender [35, 95, 109, 124].

It is thought that combinations of the shape of the humerus and the mobility of the brachial artery make manual compression after sheath removal difficult [84, 158]. Several series have documented the incidence of brachial artery access complications as high as 11% [35, 76, 78, 183]. Also, female sex and a use of long sheaths (more than 10 cm long) are mentioned as risk factors. This is probably due to the thinner and more vulnerable wall of the artery, as well as the additional strain that may be added while introduction of a long sheath through the artery [35].

US is the method of choice for diagnosis of PSA. The sensitivity of US was reported to be between 94% and 97% [48, 84, 124].

Although most small PH (less than 2-3 cm in diameter) tend to thrombose spontaneously within 4 weeks, their spontaneous resolution is unpredictable, and observation may limit the patient's activity and prolong hospitalization time [84, 97, 120, 173]. Rupture of PH can lead to fatal bleeding if it develops retroperitoneally [33, 84]. The other complications of PH are rupture, progressive enlargement, infection, skin necrosis, compressive neuropathy, and distal limb ischemia [67, 77, 84, 108].

Surgical treatment of PH has long been the "gold standard". Although it is a highly effective (the success rate is close to 100%), it is relatively expensive and associated with perioperative risks, especially for patients with significant comorbidities. A complication rate of approximately 20% had been reported, which includes bleeding (7,4%), neuralgia (5,2%), and death (2,1%) [84, 109, 122, 144]. Surgical exploration of a PH is often challenged by the presence of a hematoma, and surgical treatment may require suture of the defect or a surgical repair using a patch. Considering these limitations, surgical repair is indicated in the cases of hemodynamically relevant bleeding or shock with a rapidly expanding hematoma, risk of skin necrosis due to pressure by the hematoma and infectious PH [122, 155, 172].

Currently, percutaneous methods of treatment are the method of choice for complications of percutaneous endovascular access [122]. Felmeth et al. first described the ultrasound-guided compression repair (UGCR) technique in 1991, which has allowed most patients to avoid surgical treatment [70, 93]. However, this technique has disadvantages, usually it is time-consuming and painful, has poor results with patients who are undergoing anticoagulation therapy, and can't treat noncompressible PH [93]. However, the failure rate of UGCR is approximately 10-35% and significantly higher for patients on anticoagulation [66, 70, 84, 116, 135, 136, 156, 176]. Although UGCR is recognized as a safe method, Eisenberg et al had reported a 3.6% complication rate, including acute enlargement of the PSA, rupture, vasovagal reaction, deep vein thrombosis, acute hypertension, and angina [66, 84]. A single case of thrombosis of the common femoral artery has also been described [70, 84].

In 1996, a new method for the treatment of CFA PH was developed, which consists in the injection of thrombin into the cavity of the PH under ultrasound guidance (UGTI)

[92, 93]. Subsequently, this technique was described for PH of other localizations, including for the brachial, subclavian, radial, superficial femoral, and posterior tibial arteries. This method showed high efficiency (86-97%), does not require compression, withdrawal of antithrombotic therapy, analgesia, sedation and is effective with a wide neck [93]. A rare complication has been described, distal thrombin embolism and thrombosis of the distal segment of the brachial artery (0.01%). According to the literature, this was probably due to the very small size of the artery with a relatively large defect. Therefore, thrombin injection should be cautiously used for small arteries [93]. There is a report of common femoral artery thrombosis after UGTI [70]. Other side effects of UGTI include hypotension and bradycardia, bleeding because of an acquired inhibition of coagulation factor (XI) secondary to immune cross-reactivity of bovine thrombin, and anaphylactic reactions in patients who have had repeated exposure to bovine thrombin [122, 140]. Because of these risks is currently preferred the human thrombin, which is more expensive [122, 180]. In addition, this treatment remains an off-label use for thrombin, which is produced as a topical hemostatic agent and not for injection [102].

Percutaneous endovascular management approaches of the PH include transcatheter coil embolization of the cavity, potential limitations of which include increasing pressure in a cavity that does not have a true wall, as well as the formation of a potential focus of infection [84, 107, 116]. Stent-graft placement across the PH neck excludes it from arterial circulation [84, 150]. To prevent distal embolization during UGTI, a method of inflating a balloon catheter in the feeding artery has been described [88]. Limitations of endovascular treatment of PH are associated with the high cost and the need to use contrast, exposure to ionizing radiation, unfavourable vessel anatomy, potential fracture and thrombosis of the stent-graft at a site of mobility near the hip, and in some cases, it can prevent the use of the site as future endovascular access [33, 84].

Other treatments for PH have also been described, such as percutaneous ultrasound guided collagen injection, compression by injection of saline around the neck of the PH, percutaneous fluoroscopically guided n-butyl cyanoacrylate injection, PH neck occlusion with closure devices [54, 85, 88, 131, 139, 165]. However, they are currently not widely used.

Thus, a new method of minimally invasive management of PH by means of temporary guidewire embolization (TGE) has been proposed.

4.2. Technique of temporary percutaneous embolization with a guidewire of a catheter-related pulsatile hematoma

PH TGE is possible in a dressing room or ward. The PH area is prepped and draped. A sterile glove or sterile sheath is put on the ultrasound linear array transducer. During US, the intervention field is watered with a solution of chlorhexidine or other antiseptic or sterile saline.

US of the PH area is performed with examination of supplying artery and its branches, surrounding tissues, relation to the nearby vessels and nerves, including for the presence of an arteriovenous fistula. The size of the PH cavity is estimated by the largest diameter, the presence of additional cavities, the neck of the PH is located with an assessment of its length and width. In the color and wave Doppler mode, the nature of the blood flow in the cavity, additional cavities and neck, as well as in the feeding artery and its distal branches, is assessed.

During US, PH is displayed in cross section in the projection of the middle of its cavity. For percutaneous puncture, a 21G needle or a larger needle is used. Skin puncture with a needle is performed without the use of local anesthesia, while severe pain during the procedure that requires anesthesia is not observed in patients. After skin puncture under ultrasound control in B-mode, the tip of the needle is located, which is then located above the middle of the upper wall of the PH cavity, after which it is punctured (Figure 34).

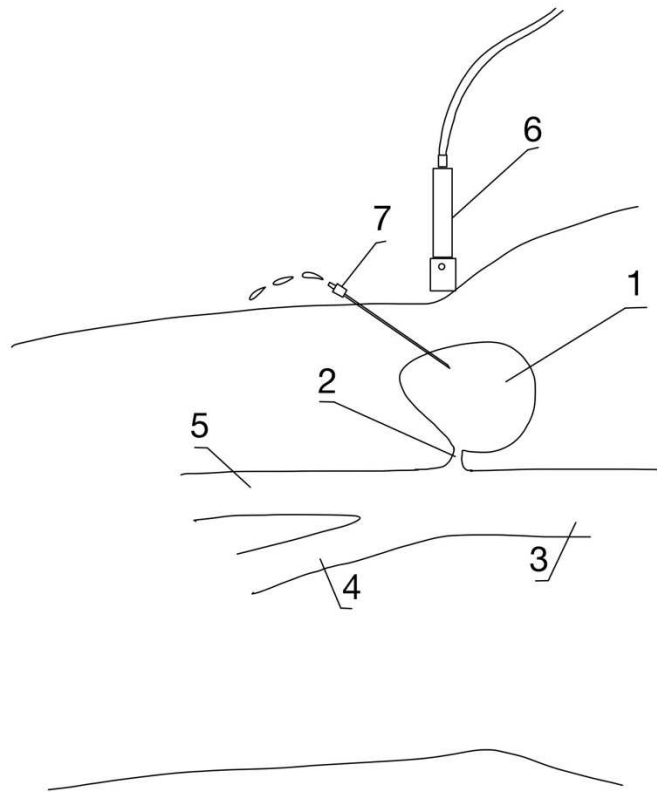


Figure 34. Schematic representation of the puncture of the cavity of a pulsatile hematoma under ultrasound guidance, where: 1 – pulsatile hematoma cavity; 2 – pulsatile hematoma neck; 3 – common femoral artery; 4 – deep femoral artery; 5 – superficial femoral artery; 6 – ultrasound linear array transducer; 7 – puncture needle.

A small quantity of blood backflow was confirmed, a 0,018 non-coated flexible guidewire with a soft tip was inserted into the cavity and folded for 5 to 10 cm, depending on the size of the cavity. It is preferable to choose the direction of the needle, which does not coincide with the direction of the channel of the neck of the PH, in order to avoid the risk of the guidewire getting into the feeding artery. Under ultrasound control, the guidewire is wrapped in the cavity, after which the needle is removed without the guidewire (Figure 35).

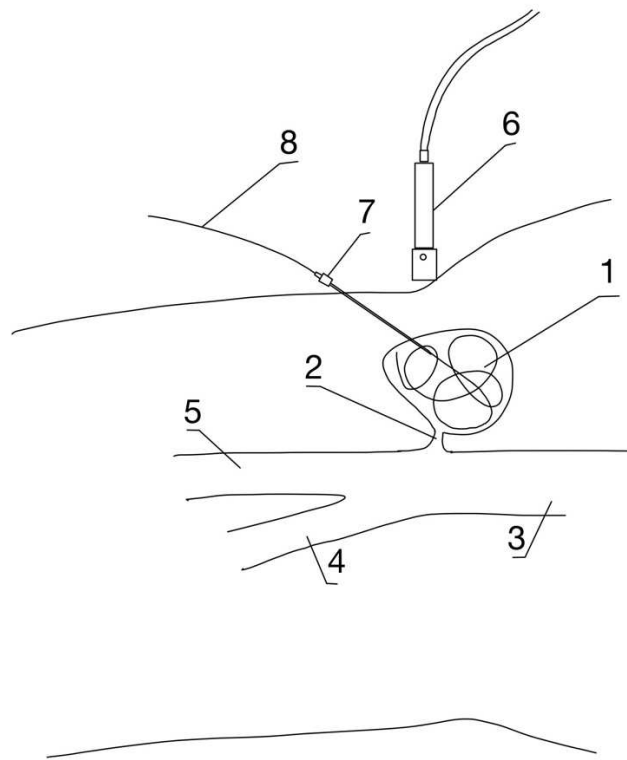


Figure 35. Schematic representation of the insertion of the guidewire into the cavity of a pulsatile hematoma through a puncture needle, the folding of the guidewire in the cavity, where: 1 – pulsatile hematoma cavity; 2 – pulsatile hematoma neck; 3 – common femoral artery; 4 – deep femoral artery; 5 – superficial femoral artery; 6 – ultrasound linear array transducer; 7 – puncture needle; 8 – guidewire.

In this state, thrombogenicity increases in the PH cavity due to a decrease in the perfused volume, a decrease in blood flow velocity, and a thrombogenic surface of the guidewire. PH is under constant ultrasound monitoring, compression of the cavity and neck of PH by the transducer is possible to accelerate thrombus formation, but not required. If compression by the transducer is accompanied by a pronounced pain syndrome, it is possible to create moderate pressure with the transducer with incomplete occlusion of the neck. The patient receiving antithrombotic therapy does not limit the procedure. As a rule, on average, it takes from 5 to 15 minutes for complete thrombosis of the cavity, neck and additional PG chambers, after which the guidewire is removed (Figure 36).

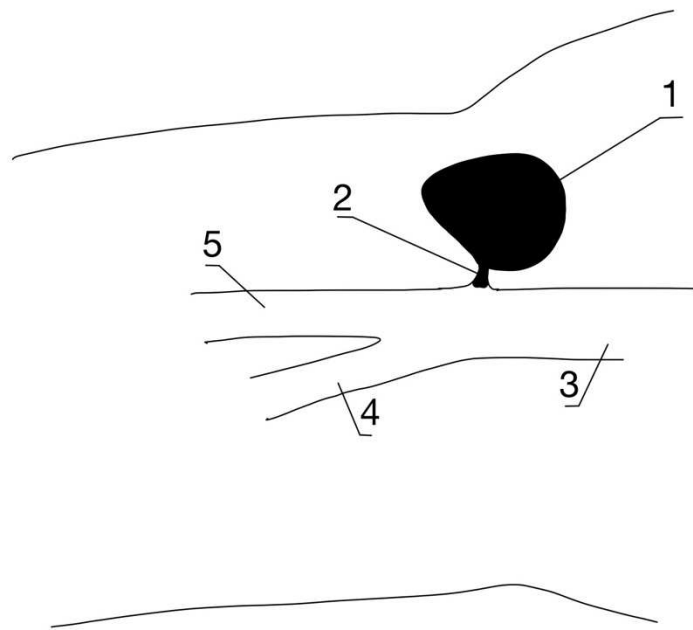


Figure 36. Schematic representation of thrombosis of the cavity and neck of a pulsatile hematoma after temporary percutaneous embolization with a guidewire, the guidewire was removed: 1 – pulsatile hematoma cavity; 2 – pulsatile hematoma neck; 3 – common femoral artery; 4 – deep femoral artery; 5 – superficial femoral artery.

Antithrombotic therapy is not withdrawn or corrected for the patient, on the first day after the procedure, a pressure bandage with moderate pressure is applied to the hematoma area, the patient is advised to keep the bed rest for at least 1 hour. On the 1st and 7th days, ultrasound dynamic control of the PH area, feeding artery and its distal branches is performed.

4.3. Clinical Study Results

In the period from January 2020 to December 2021, in the Vascular Surgery Department of North-Western district scientific and clinical center named after L. G. Sokolov Federal Medical and Biological Agency, 272 percutaneous endovascular accesses were performed in 260 patients (178 men (68%) and 82 women (32%)). The average age was 63,14 years (53 - 79 years). 256 accesses (94%) were performed through the common femoral artery and 18 (6%) through the brachial artery. Among them, 221

cases (81%) of surgical treatment and 51 (19%) diagnostic angiographies. For access, sheaths were used in sizes from 4 to 8 Fr. PH was diagnosed in 7 cases (2,6%) in 7 patients (2 men (29%) and 5 women (71%)), 3 PH of CFA (43%) and 4 PH of the brachial artery (BA) (57%). In all cases, PH occurred after surgical treatment. In one case, after thrombolytic therapy, which was carried out for 24 hours, while the 4 Fr sheath was removed 3 hours after the end of thrombolysis. All patients after the removal of the sheath, hemostasis was performed by manual compression, followed by the application of a pressure bandage for a day with a recommendation to comply with bed rest. All patients in the postoperative period received anticoagulant therapy in a prophylactic, intermediate or therapeutic regimen, as well as monoantiplatelet therapy, while some of them received dual antiplatelet therapy, in particular 2 patients with PH. All patients after the removal of the sheath from the BA were monitored by US immediately after manual compression (before applying a pressure bandage), on the next day after the intervention (after removal of the pressure bandage) and then, depending on objective clinical data (presence of a painful, dense, pulsating formation) and complaints patient (preservation of pain in the puncture area). Ultrasound control after femoral access was performed according to clinical indications (objective data and patient complaints). Dynamic ultrasound control after TGE was carried out on days 1 and 7. In 5 patients, PH was detected on the 1st day after the intervention after removal of the pressure bandage. In 1 case, PH BA was detected on the 4th day after the operation, and 1 PH CFA occurred on the 6th day after the operation. The size of the PH was estimated from the maximum diameter of the main cavity and ranged from 20 mm to 85 mm. The dimensions of the neck were taken into account by its width, which ranged from 2 mm to 5 mm. PHs were divided into single-chamber (with one main cavity) (6 cases) and multi-chamber (with additional cavities communicating with the main cavity) (1 case). In 1 case, on the 6th day of the postoperative period, PH of the CFA was diagnosed with spread above the inguinal ligament to the iliac region, with the presence of extensive increasing ecchymosis of subcutaneous fat, accompanied by a significant drop in hemoglobin and the development of severe posthemorrhagic anemia. At the same time, this patient had a debut of a new coronavirus infection with a positive test on the day of detection of PH and with

subsequent development of bilateral viral pneumonia. With the exception of other patients with PH, this patient was canceled anticoagulant therapy for 2 days with its subsequent continuation in a prophylactic regimen.

PH TGE was performed initially in 5 cases and in 2 cases after an ineffective UGCR. At the same time, in 1 case, after TGE, the size of PG PLA progressed from 30 mm to 52 mm. In all cases, thrombosis of the main and additional PH cavities was achieved during TGE. There was not a single case of recurrence of PH during the period of dynamic observation. The time required for PH thrombosis from insertion to guidewire removal ranged from 5 to 40 minutes (mean time 15 minutes). The mean time for the entire procedure was 30 minutes (8 to 39 minutes). In one case, the formation of an additional cavity of the BA PH occurred after the conductor was inserted into the main cavity. An additional cavity was formed in the subcutaneous tissue with a maximum diameter of 43 mm (with a maximum diameter of the main cavity of 20 mm) with a neck at the site of needle puncture. It was decided to remove the needle with the guidewire and re-puncture the main cavity near the site of the previous one. The time required for PH thrombosis was significantly longer than when performing TGE in uncomplicated PH and amounted to 40 minutes. In addition, the wide neck of the main PH cavity (5 mm) could contribute to the prolongation of the thrombus formation time. In the same case, at the end of TGE, residual blood flow in the neck (incomplete neck thrombosis) was observed, which thrombosed independently on the 7th day. One patient died due to acute cardiovascular failure during hospitalization 10 days after TGE, but the death was not associated with PH and TGE.

The proposed new method for the treatment of PH - percutaneous temporary embolization of the PH cavity with the guidewire under ultrasound control has advantages over existing methods. It does not require anesthesia, withdrawing of anticoagulation therapy, additional compression with a transducer is not necessary, and, as a rule, cavity thrombosis occurs in much less time than with other methods (with the exception of the UGTI method). Consumables (needle and guidewire) are relatively inexpensive, in addition, the guidewire can be reused after adequate sterilization. In our study, the effectiveness of the method was 100%, while it included cases of large PH (more than 5

cm in diameter), with a wide neck (4 mm or more in width), multi-chamber PH, and PH after the use of large sheaths (7 Fr or more). Among the complications and side effects of TGE, progression of PH in the form of formation of an additional cavity was detected in one case (repeated TGE of the main PH cavity was initiated), and in one case, incomplete thrombosis of the PH neck was noted (self-resolution during the observation period). There were no cases of PH recurrence during the observation period. Due to the invasiveness of the method, a possible limitation for its use may be the nearby localization of a synthetic bypass, which is a risk of infection. The present study did not study the use of TGE in patients with synthetic bypass.

This study has the limitations of a small number of observations and is partly retrospective.

CHAPTER 5. RESULTS OF TREATMENT OF PATIENTS WITH CHRONIC LOWER LIMB ISCHEMIA

The results of complex treatment of patients were evaluated during hospitalization, in the early postoperative period (1 month after surgery) and in the late postoperative period. In total, 99 reconstructive surgical interventions were performed on the arteries of the iliac-femoral and femoral segments with revascularization of the limb through the DFA. The assessment of long-term results was carried out when examining patients in inpatient or outpatient settings, some patients were interviewed by phone.

During the operation, the following parameters were taken into account: the duration of the operation, the length of autovenous plasty, the total amount of blood loss. The average duration of the operation was 210 (195–225) minutes. The average volume of intraoperative blood loss was 180 (165–195) ml. It should be noted that endovascular interventions were accompanied by minimal blood loss, not exceeding 20 ml per operation. The average length of autovenous plasty was 7 (5,00–10,00) cm. When performing flow-guiding profundoplasty, in all cases the length of plasty was more than 10 cm, and the maximum length of plasty was 15 cm.

The average duration of hospitalization in the postoperative period was 7 (6,00–8,00) days. In the 30-day period from the moment of the operation, complications developed in 8 patients (8,1%), 2 of which required repeated emergency operations due to bleeding from the area of autovenous plasty. After repeated operations, one patient developed acute myocardial infarction, and one patient died due to acute cardiovascular failure (Table 2).

Of all the complications, lymphostasis and lymphorrhea developed in 3 patients among the total number (3,03%). The low frequency of postoperative complications of this kind, in our opinion, is due to a number of factors: 1) the type of surgical access to the femoral arteries is less traumatic in relation to the lymphatic vessels of the inguinal region; 2) the use of monopolar coagulation instead of vascular scissors at the stage of access; 3) the use of a retractor with atraumatic (blunt) teeth.

Table 2 – Complications in the early postoperative period

Complication	Patients (n=99)
Lymphostasis of the operated limb	2 (2,0%)
Lymphorrhoea of the postoperative wound area	1 (1,0%)
Pulsatile hematoma on the side of the endovascular access	1 (1,0%)
Bleeding from the area of autovenous plasty	2 (2,0%)
Acute myocardial infarction	1 (1,0%)
Fatal outcome	1 (1,0%)

In the case of the development of lymphostasis of the lower limb, conservative tactics were followed (phlebotonics, compression therapy). All cases of lymphostasis stopped within 12 months of observation.

Pulsatile hematoma developed in one patient after endovascular access through the brachial artery and was detected during ultrasound control on the first day of the postoperative period after removal of the pressure bandage. In the dressing room, this patient underwent percutaneous temporary embolization with a guidewire of a pulsatile hematoma. During the procedure, the hematoma cavity was completely thrombosed, with no signs of recurrence during the follow-up period for the next 18 months.

Bleeding from the area of autovenous plasty developed in 2 patients in the early postoperative period during hospitalization, which required emergency surgery with revision of the surgical wound and suturing of the defect in the plasty area. In both cases, the source of bleeding was the suture line of the plasty when flow-guiding profundoplasty was performed. In one patient, bleeding occurred on the 8th day of the postoperative period with the development of an extensive hematoma of the thigh and severe anemia, while the source was localized in the area of the distal plasty. The next day after the operation, the patient developed acute myocardial infarction in the intensive care unit. In this case, a conservative tactic was chosen, due to the widespread multivessel coronary artery disease. The patient was discharged on the 30th day of the postoperative period in a satisfactory condition. In the second patient, an episode of bleeding developed on the 5th day of the postoperative period; autovenous plasty of a defect in the area of the

common femoral artery was urgently performed. Severe calcification of the artery walls, diffuse bleeding of tissues did not allow reliable hemostasis, which is why the patient underwent an emergency revision of the postoperative wound twice more in the current day, bleeding was stopped, and the CFA defect was sutured. Despite the ongoing therapeutic measures in the intensive care unit, including the transfusion of blood components, on the same day after the last reoperation (day 6 after the primary operation), the patient died from acute cardiovascular failure due to acute myocardial infarction and pulmonary embolism.

Other complications, including such as thrombosis or impaired patency of the reconstruction zone, retroperitoneal hematoma, infection of the postoperative wound, cerebrovascular accident in the early postoperative period were not observed.

The main criteria for clinical improvement after the treatment were objective (increase in ABI, regression of tissue loss) and subjective (pain relief, increase in pain-free walking distance) indicators of changes in the patient's clinical status. When statistically evaluating the criteria influencing the development of clinical improvement and its indicators, such criteria as the number of traversable tibial arteries, the presence of a traversable popliteal artery, the presence of a recipient zone, intervention on the iliac segment, isolated flow-guiding profundoplasty or in combination with intervention on the iliac arteries were analyzed.

According to the analysis, 90 patients (90,9%) showed clinical improvement in the postoperative period (Table 3). Thus, in all patients (with the exception of one lethal case that occurred) with II stage CLAI improvement was noted in the postoperative period, while in patients with CLI (stages III and IV according to A.V. Pokrovsky), clinical improvement was achieved in 34 people (82,9%).

Table 3 – Distribution of patients with clinical improvement in the postoperative period depending on the stage of chronic limb arterial insufficiency according to A.V. Pokrovsky

CLAI stage	n (n=90)	%
II-A	2	100,0
II-B	54	98,2
III	8	80,0
IV	26	83,9

Statistically significant criteria for clinical improvement in the postoperative period were flow-guiding profundoplasty in combination with intervention on the iliac arteries ($p=0,013$), the presence of a recipient zone ($p<0,001$) and a patent popliteal artery ($p=0,022$). In all 4 patients (4,0%) with the missing recipient zone, there was no clinical improvement, while in 79 patients (79,8%) with the recipient zone, the postoperative period was accompanied by regression of ischemia. All 45 patients (45,5%) with a patent popliteal artery showed clinical improvement in the postoperative period.

In the early postoperative period, the operated patients showed a statistically significant increase in pain-free walking distance compared to the preoperative period (Table 4).

Table 4 – The ratio of patients with an increase in the distance of pain-free walking in the early postoperative period compared with the preoperative period

Pain-free walking distance	Before surgery	Early p/o period
more than 1 km	0 (0,0%)	20 (20,4%)
200–1000 m	2 (2,0%)	37 (37,8%)
25–200 m	69 (69,7%)	36 (36,7%)
до 25 m	27 (27,6%)	5 (5,1%)

Note: changes in pain-free walking distance between admission and early p/o period are statistically significant, $p=0,002$.

At the same time, in 23 patients (23,7%), the phenomena of intermittent claudication were completely stopped or occurred after more than 1 km.

The presence of a preserved recipient zone ($p=0,017$) and a patent popliteal artery ($p<0,001$) were also identified as independent statistically significant factors of pain-free walking distance escalation in the early postoperative period.

The mean ABI in the early postoperative period, measured on day 7 after surgery, was 0,50 (0,38–0,57). At the same time, the ratio of ABI increase in the early postoperative period compared to ABI before surgery was 0,1 (0,0–0,2), which demonstrates a general trend towards an increase in ABI after treatment. The increase in ABI in the early postoperative period in patients with intervention on the iliac arteries averaged 0,05 (0,04–0,06), which is statistically significantly greater than in patients without intervention, in whom the average increase in ABI was 0,02 (0–0,05), $p=0,004$.

The regression of tissue loss was assessed by the following signs: relief of inflammation (regression of hyperemia, pain, exudative process), the appearance of areas of granulation tissue, a decrease in size, the appearance of a demarcation line. In the early postoperative period, regression of tissue loss was noted in 26 out of 31 patients. At the same time, complete healing of the trophic ulcer during the first 4 weeks of the postoperative period was observed in 21 patients. The average healing time of a trophic ulcer in the postoperative period was 3 (3,00–4,00) weeks. The distribution of patients depending on the dynamics of healing of tissue loss in the early postoperative period is shown in Figure 37.

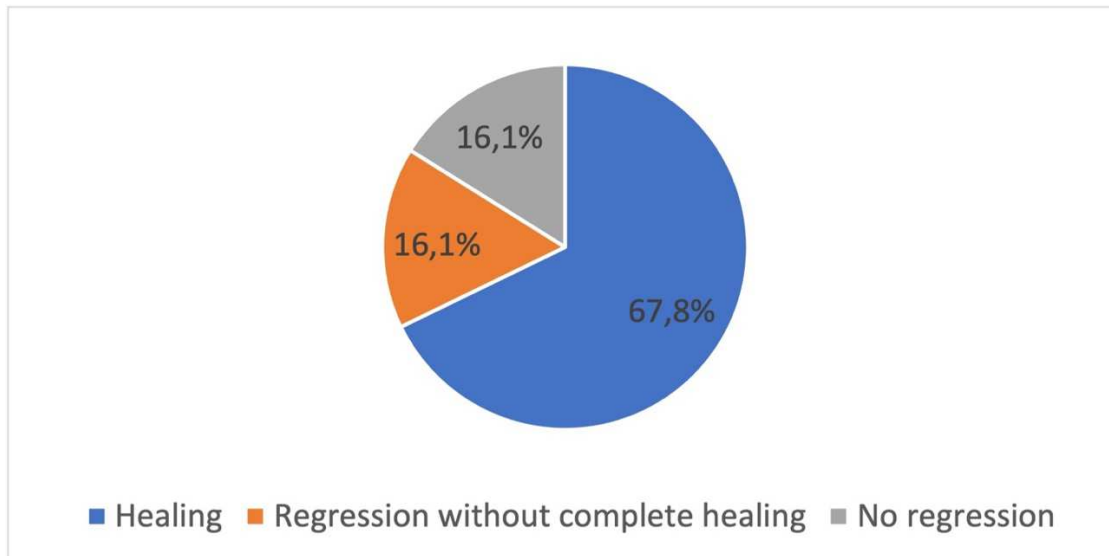


Figure 37. Distribution of patients depending on the dynamics of healing of tissue loss in the early postoperative period (n=31).

The distribution of the dynamics of healing of tissue loss in the early postoperative period depending on the category of chronic ischemia according to R. Rutherford (1997) is presented in Table 5. At the same time, "minor" tissue loss (category 5 of ischemia according to R. Rutherford) had a statistically significantly greater tendency to healing, compared with "major" (category 6 according to R. Rutherford).

Table 5 – The structure of healing of tissue loss in the early postoperative period depending on the category of chronic limb ischemia according to R. Rutherford

Category of ischemia according to R. Rutherford	Healing	Regression	No regression
5	9 (31,0%)	4 (13,8%)*	1 (3,4%)*
6	10 (34,5%)	1 (3,4%)*	4 (13,8%)*

Note: * – statistically significant ($p < 0,05$) difference between categories.

Statistically significant predictors of healing of trophic ulcers were a flow-guiding profundoplasty in combination with intervention on the iliac arteries ($p=0,020$) and the presence of a patent popliteal artery ($p=0,035$).

The absence of a tendency to regression of trophic ulcers was regarded as the ineffectiveness of the treatment and the preservation of CLI. Thus, in 2 patients (2,0%) with stage III CLAI and 5 patients (5,1%) with stage IV CLAI according to A.V. Pokrovsky, the CLI persisted in the early postoperative period. In all cases of lack of relief of ischemia, autovenous bypass was performed - in 2 patients, femoropopliteal bypass and in 5 patients, femoral-tibial bypass (Figure 38).

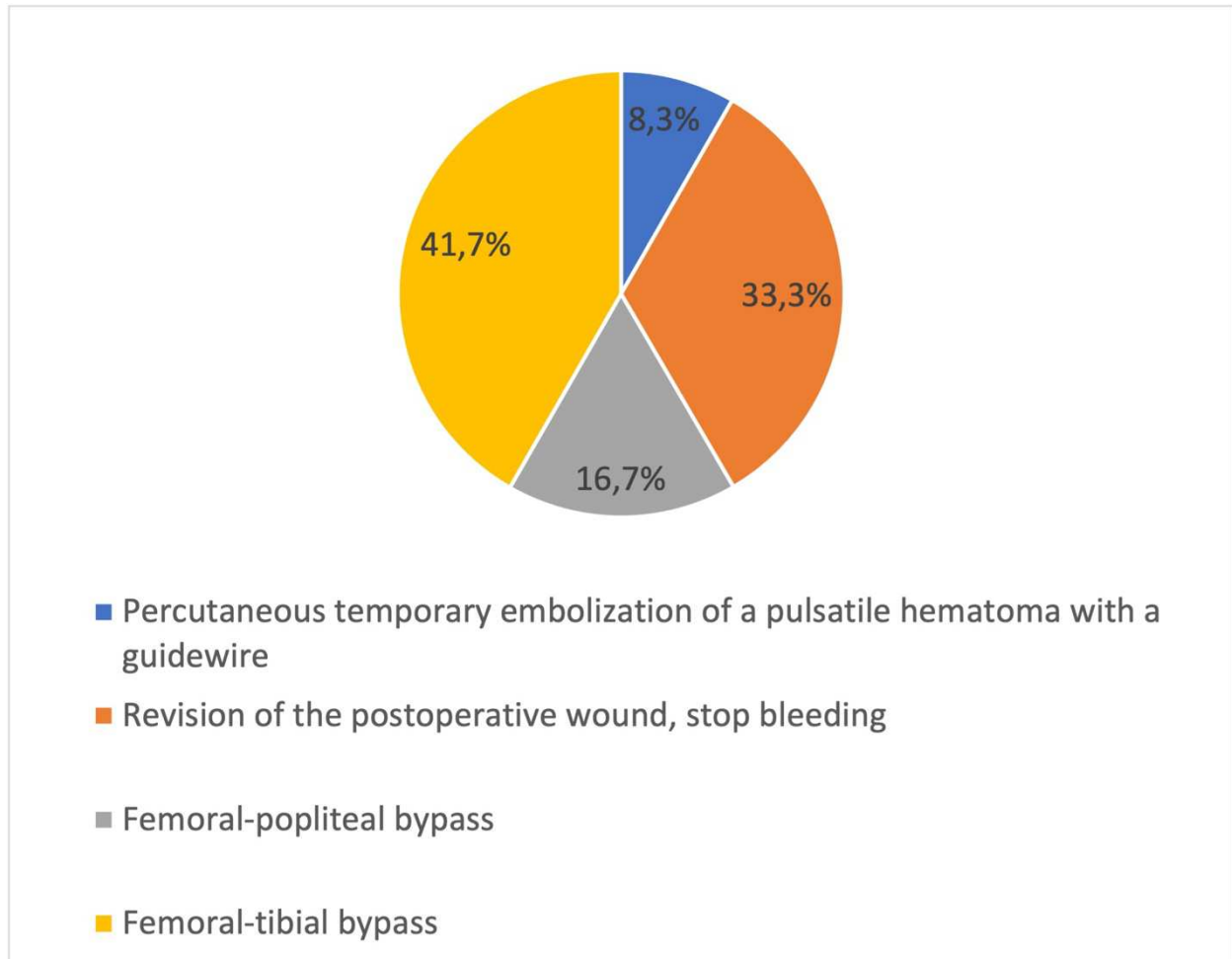


Figure 38. The structure of repeated interventions in the early postoperative period (n=12).

In all patients after bypass surgery, the postoperative period was uneventful, without complications and re-interventions; the relief of CLI was determined in the form of subsiding of the pain syndrome, regression and healing of tissue loss, and an increase in the distance of pain-free walking. In the early postoperative period, there were no cases of limb amputations; in all patients, the patency of the reconstruction zone was preserved.

Long-term results of treatment of patients were followed up from 6 months to 5 years. Evaluation and analysis of long-term results was carried out according to such criteria as the magnitude and dynamics of pain-free walking distance and ABI, healing of tissue loss, patency of the operated segment, safety of the operated limb from amputation, and survival. In the first year of follow-up, patients were examined every 6 months, and then once every 12 months. By 5 years, long-term results were observed in 52 (52,5%) of 99 patients.

In the late postoperative period, patients showed a statistically significant increase in pain-free walking distance compared to the early postoperative period (Table 6). According to the data obtained, in more than half of the patients - in 66 patients (67,3%), the intermittent claudication was absent, or its symptoms occurred when walking over more than 1 km. This result is 46,9% more than in the early postoperative period. The presence of a recipient zone was determined as a statistically significant predictor of an increase in pain-free walking distance in the late postoperative period ($p=0,008$).

Table 6 – The ratio of patients depending on the increase in the distance of pain-free walking in the late postoperative period compared with the preoperative period

Pain-free walking distance	Early p/o period	Late p/o period
more than 1 km	20 (20,4%)	66 (67,3%)
200–1000 m	37 (37,8%)	21 (21,4%)
25–200 m	36 (36,7%)	11 (11,2%)
до 25 m	5 (5,1%)	0 (0%)

Note: changes in pain-free walking distance between admission and early p/o period are statistically significant, $p<0,001$.

The mean ABI in the late postoperative period was 0,60 (0,50–0,70), which is 0,10 more than in the early postoperative period. A trend towards an increase in ABI is observed only in patients with a recipient zone. In two patients without a recipient zone, the ABI value in the late postoperative period remained the same.

During the early postoperative period, 5 patients (5,1%) showed signs of regression of tissue loss without their complete healing. In the late postoperative period, trophic ulcers healed in 2 out of 5 patients - at 5 and 12 weeks of the postoperative period. One of the patients without healing had deep necrotic changes in the phalanges III and IV of the toes, extending to the osteoarticular apparatus. At the 5th week of the postoperative period, he underwent amputation at the level of the proximal phalanges of the toes. The postoperative period was uneventful with satisfactory healing of postoperative wounds of the finger stumps. In 2 patients, there was no healing of trophic ulcers during the entire follow-up (12 and 24 months), however, their regression with a decrease in size was observed. Among patients with complete healing of tissue loss, there were no cases of recurrence of trophic ulcers.

Table 7 shows the criteria and their statistical significance regarding the impact on the relief of CLAI of the lower extremities in the early and late postoperative period.

The five-year patency of the operated segment was 97%. Two patients had hemodynamically significant restenosis of the DFA 6 months after classical profundoplasty, one patient had critical restenosis of the CFA 12 months after flow-guiding profundoplasty. Patients were routinely treated with PBA using a drug-eluting balloon catheter. During the subsequent follow-up period (up to 18 months), the patients had no signs of DFA restenosis and no recurrence of CLAI symptoms. There were no signs of hemodynamically significant restenoses in patients after interventions on the iliac segment. There were no cases of thrombosis of the iliofemoral segment.

Among patients who underwent femoropopliteal and femoral-tibial bypass in the early postoperative period, there were 2 cases of thrombosis of the femoral-tibial bypass (40% of the total number of bypasses performed) 6 and 12 months after surgery. One patient had a recurrence of CLI, he underwent a thrombectomy and PBA of an autovenous femoral tibial bypass. The second patient with thrombosis of a bypass did not undergo thrombectomy due to the absence of recurrence of CLI.

Table 7 – Statistical significance of the studied criteria for the relief of chronic ischemia of the lower extremities in the postoperative period

	Clinical Improvement	Healing of tissue loss	Increasing the walking distance in the early p/o period	Increasing walking distance in the late p/o period	Increase in ABI in the early p/o period	Increase in ABI in the late p/o period
Intervention on the iliac arteries	p=0,11	p=0,09	p=0,48	p=0,64	p=0,004*	p=0,40
Flow-guiding profundoplasty	p=0,19	p=0,80	p=0,60	p=0,64	p=0,37	p=0,93
Intervention on the iliac arteries in combination with flow-guiding profundoplasty	p=0,013*	p=0,020*	p=0,68	p=0,68	-	-
Presence of a recipient zone	p<0,001*	p=0,07	p=0,017*	p=0,008*	-	-
Patent popliteal artery	p=0,022*	p=0,035*	p<0,001*	p=0,068	p=0,65	p=0,94

Note: * - dependence is statistically significant ($p < 0,05$).

The five-year amputation-free period was 100% (out of 52 followed-up patients). Median survival 53,8 months, 95% CI [50,4;57,2]. The percentage of survivors over 5 years is 76,9%, calculated for 52 patients (12 deaths, 40 observed for 5 years or more). The survival function is reflected in the Kaplan-Meier table (Figure 39).

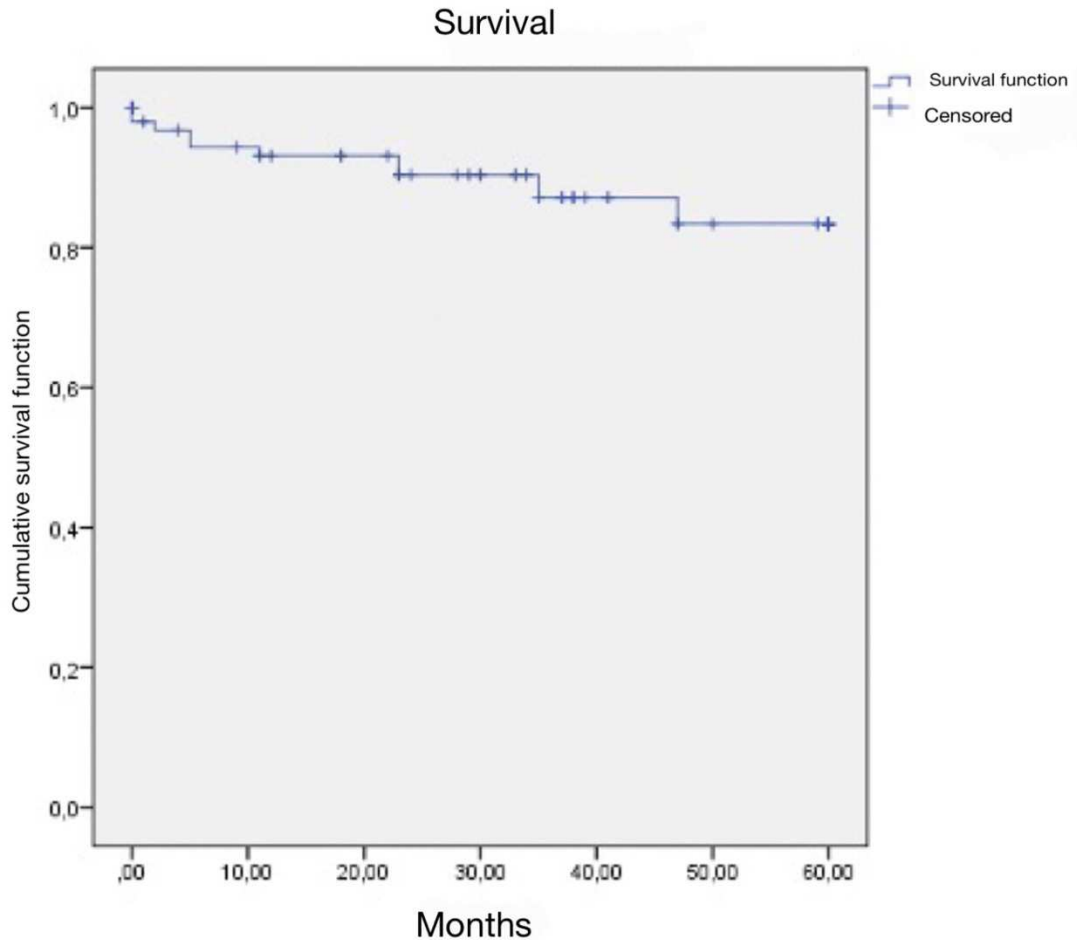


Figure 39. Survival function of operated patients according to the Kaplan-Meier method.

Thus, the improvement of the tactics of an integrated approach to surgical treatment made it possible to achieve the absence of cases of major amputation of the limb during the entire period of postoperative observation of patients, a low percentage of postoperative complications such as lymphorrhoea, lymphostasis, bleeding and thrombosis of the reconstruction area, and thereby improve the immediate results of treatment of patients with atherosclerotic lesion of the arteries of the ilio-femoral-popliteal-tibial segment, including patients with tissue loss.

CONCLUSION

Atherosclerosis of the arteries of the lower extremities is the most common cause of CLAI [63]. This disease is characterized by a steadily progressive course and, without constant adequate treatment and monitoring, is associated with high risks of cardiovascular complications and mortality [29]. Critical ischemia of the lower extremities corresponds to the terminal stage of chronic ischemia, which is characterized by the formation of trophic ulcers accompanied by severe pain, a significant decrease in the quality of life, high risks of limb amputation and mortality [11]. Over the past decades, national communities of vascular surgery have considered CLI as a priority when making recommendations for the treatment of vascular diseases. Despite the significant progress in vascular surgery due to the development of new methods of revascularization, the problem of treatment and prevention of CLI remains no less relevant, the frequency of limb amputations in the world and in Russia remains at a high level.

Restoration of direct blood flow in the limb is a priority when it comes to the treatment of CLI with the formation of trophic ulcers. However, a pronounced multivessel lesion, including the distal segment, often leads to unsatisfactory results of treatment [18]. Moreover, an extended lesion of the femoral-popliteal-tibial segment in some cases may be unpromising for an attempt at surgical revascularization [137]. Operations on the deep femoral artery with restoration of collateral blood flow often have an unpredictable clinical effect since there are still no reliable methods for assessing the collateral and microcirculatory blood flow in the limb [31]. Despite the ambiguous clinical result, the patency of the reconstructed DFA in the late postoperative period is several times higher than the patency of the distal bypass [1, 16]. Endovascular treatment is associated with lower perioperative risks, but long-term patency outcomes are inferior to surgical treatment, requiring reoperations and compromising limb preservation [16, 53]. Continuous improvement and progression of endovascular treatment methods leads to complications that require the search for minimally invasive ways to eliminate them.

Moreover, in addition to adequate surgical treatment, it is also important to organize diagnostic and rehabilitation measures to optimize long-term treatment results and prevent recurrence of CLI.

This paper summarizes the experience of diagnosing and treating patients with combined lesions of the arteries of the ilio-femoral-popliteal-tibial segment and severe chronic ischemia of the limb with the formation of trophic ulcers. The aim of this study was to optimize the results of treatment of patients with chronic lower limb ischemia, including patients with trophic ulcers, through an integrated approach, including surgical and conservative methods of treatment, postoperative monitoring and rehabilitation.

The work is based on the results of examination and treatment of 99 patients suffering from CLAI, operated on for steno-occlusive lesions of the arteries of the ilio-femoral-popliteal-tibial segment in the department of vascular surgery of the Federal State Budgetary Institution "North-Western district scientific and clinical center named after L. G. Sokolov Federal Medical and Biological Agency" (St. Petersburg). The mean age of the patients was 67,36 (8,48); 89 men (89,9%) and 10 women (10,1%). The indication for surgical treatment was CLAI II, III and IV stages according to the classification of A.V. Pokrovsky. In all cases, the cause of CLAI was atherosclerosis, while all patients had occlusion of the SFA and hemodynamically significant stenosis of the DFA on the side of the operated limb. One of the main objectives of our work was to analyze the factors contributing to the development of a positive clinical effect after operations to restore indirect blood flow through the DFA in conditions of occluded SFA, including in patients with critical ischemia and trophic ulcers. The patients were divided according to the type of lesion of the iliac and popliteal-tibial segments. Particular attention was paid to the patency of distal magistral vessels, which can receive collateral blood flow from the DFA. In the literature, when assessing the patency of the distal segment, an analysis is made of the patency of the popliteal artery and the magistral tibial arteries as independent factors separately. We have introduced a new concept of "recipient zone", which includes the presence of a patent one or combination of the following segments: lower 1/3 of the SFA, PA (partially or throughout), tibioperoneal trunk (partially or throughout) or proximal part of at least one of the magistral tibial

arteries. In our opinion, the presence of a patent recipient zone is one of the key factors in the development of the clinical effect after revascularization operations through the DFA, especially in patients with tissue loss. For surgical repair of the DFA, we proposed a new technical modification - "flow-guiding profundoplasty", which was due to the need to form a blood flow along the trunk of the DFA, while avoiding stealing the blood flow along its branches.

Among the local postoperative complications that occurred in the early postoperative period, there was lymphostasis of the operated lower limb (n=2, 2,0%), lymphorrhea in the area of the surgical wound (n=1, 1,0%), pulsatile hematoma on the side of the endovascular access (n=1, 1,0%), bleeding from the area of autovenous plasty (n=2, 2,0%). The low frequency of lymphatic complications, in our opinion, is mainly due to low-traumatic surgical access in relation to the lymphatic vessels of the inguinal region. Among systemic complications, out of 99 patients, there was one case of acute myocardial infarction (1,0%) and one case of death (1,0%). The low level of systemic complications in the early postoperative period is due to a thorough preoperative examination of all patients with an assessment of cardiac function, as well as other organs and systems. The multifocal nature of atherosclerosis and the polymorbidity of patients due to multiple organ damage against the background of widespread atherosclerosis and decompensated ischemia of the limb do not completely avoid complications in the postoperative period.

We have developed a new method for the treatment of pulsatile hematomas - temporary percutaneous embolization of the cavity of a pulsatile hematoma with a guidewire (application for a patent for a useful invention No. 2022105091 dated 25.02.2022). In our clinical study, this method has proven to be highly effective (100%), minimally invasive, safe, and reliable.

During limb revascularization through the DFA and its branches, ischemia compensation directly depends on the quality of the collateral vessels at the level of the popliteal segment and on the patency of the "receiving segment" - the recipient zone. Since at the moment there are no reliable instrumental methods that allow assessing the quality of collateral circulation in the limb and, thus, predicting the outcome of

revascularization through collateral pathways, we have identified a number of criteria, the statistical significance of which made it possible to assess their significance in ischemia relief. Such criteria were intervention on the iliac segment, isolated flow-guiding profundoplasty or in combination with intervention on the iliac arteries, the presence of a patent popliteal artery, the presence of a recipient zone, the number of patent tibial arteries.

Statistically significant criteria for clinical improvement in the postoperative period were flow-guiding profundoplasty in combination with intervention on the iliac arteries ($p=0,013$), the presence of a recipient zone ($p<0,001$) and a patent popliteal artery ($p=0,022$). At the same time, the presence of the recipient zone turned out to be a more statistically significant sign than the presence of a patent popliteal artery.

In the early and late postoperative period, the operated patients showed a statistically significant increase in the distance of pain-free walking. In the late postoperative period, more than half of the patients - in 66 patients (67,3%) - did not experience intermittent claudication or its symptoms occurred when walking a distance of more than 1 km. The data obtained indicate the development of collateral circulation over time. Therefore, all patients need to maintain a postoperative rehabilitation program with regular vasoactive therapy and exercise to stimulate the development of collateral circulation in the lower extremities. Statistically significant criteria for increasing the distance of pain-free walking in the early and late postoperative period was the presence of a preserved recipient zone. The presence of a patent popliteal artery was a statistically significant predictor of increased walking distance in the early postoperative period. Assessing the general population of patients, in the late postoperative period, there was not a single patient (out of 27 before surgery) with a pain-free walking distance of less than 25 m. Thus, indirect revascularization of the limb through the DFA proved to be effective in intermittent claudication, regardless of the intervention in combination with the restoration of the iliac segment, as well as modified plasty.

Since indirect restoration of blood flow through the femoropopliteal segment was performed, a significant increase in ABI in the early postoperative period in patients, as a rule, was not observed. However, there is a general trend towards an increase in ABI

after treatment. The absence of statistical significance of the intervention on the iliac arteries, as well as the number of patent tibial arteries to the foot, in the development of clinical improvement in the postoperative period probably indirectly confirms that the preservation of distal magistral arteries does not guarantee relief of ischemia during indirect revascularization. Apparently, this is not enough with a pronounced lesion of the microvasculature, which is especially negatively affected against the background of CLI and the formation of trophic ulcers.

Regression of tissue loss during postoperative follow-up was achieved in 26 out of 31 patients (in 83,9% of cases). At the same time, in 2 patients there was no healing of trophic ulcers during the entire observation period (12 and 24 months), however, their regression with a decrease in size was observed. The lack of healing of trophic ulcers during a long period of observation cannot be considered an unsatisfactory result, since these patients tend to decrease in the size of trophic ulcers, there was a complete relief of pain at rest, and the distance of pain-free walking was sufficient, which does not impair their ability to work. The prolonged healing process is probably associated with damage to the distal microvasculature. Among patients with complete healing of tissue loss, there were no cases of recurrence. «Minor» tissue loss (category 5 of ischemia according to R. Rutherford) had a statistically significantly greater propensity to heal compared to «large» ones (category 6 according to R. Rutherford). Statistically significant predictors of healing of trophic ulcers were a flow-guiding profundoplasty in combination with intervention on the iliac arteries ($p=0,020$) and the presence of a patent popliteal artery ($p=0,035$). The presence of a patent recipient zone did not show statistical significance in the healing of trophic ulcers in the postoperative period ($p=0,07$), which is probably because in some patients the ulcers did not completely heal during the follow-up, despite the relief of CLI.

Based on the analysis of all the results obtained in the treatment of patients with CLI, including those with the formation of trophic ulcers, we proposed algorithms for treatment tactics (Figures 40, 41).

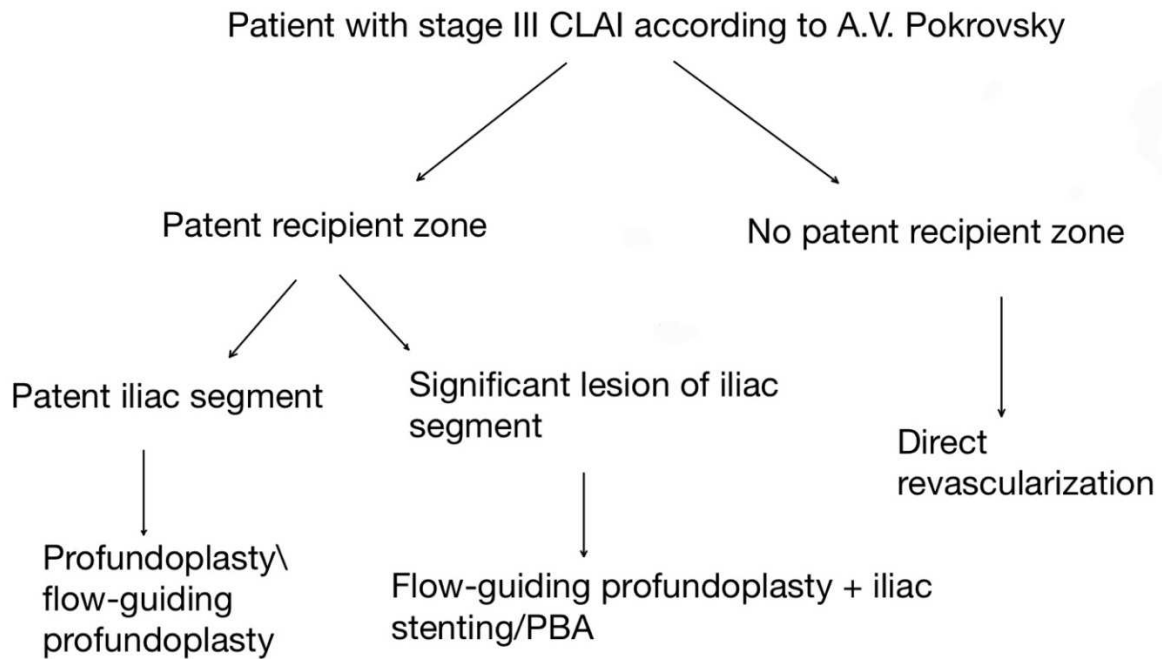


Figure 40 – Algorithm for the tactics of treating patients with chronic ischemia of the lower extremities III stage according to A.V. Pokrovsky.

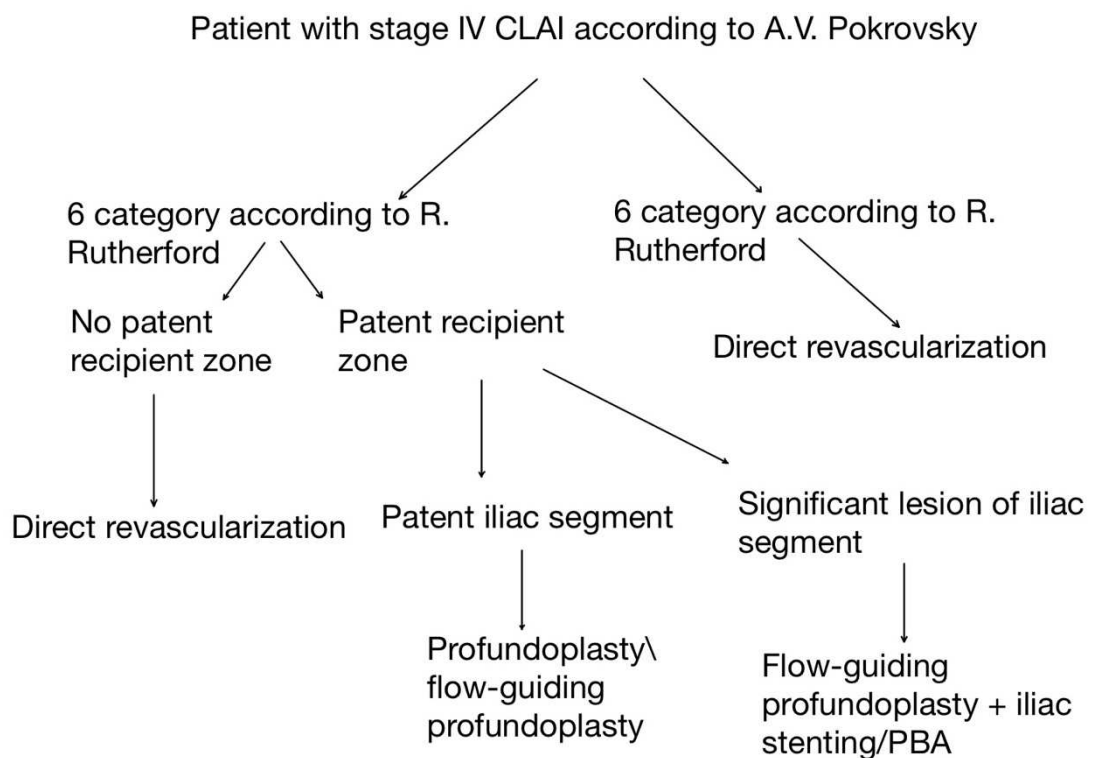


Figure 41 – Algorithm for the tactics of treating patients with chronic ischemia of the lower extremities IV stage according to A.V. Pokrovsky.

Thus, the most statistically significant predictor of the effectiveness of indirect lower limb revascularization in CLI is the presence of a patent recipient zone. In the absence of a recipient zone, we recommend performing an operation with simultaneous restoration of direct blood flow in the limb. For patients with trophic ulcers, it is recommended to classify trophic changes into CLAI categories proposed by R. Rutherford (1997). If the patient has tissue loss corresponding to category 6 («major» tissue loss spreading proximal to the transmetatarsal region with damage to the subcutaneous and bone tissues and impaired motor function of the foot), direct revascularization of the limb is also recommended. Flow-guiding profundoplasty in combination with intervention on the iliac segment proved to be a statistically significant predictor of the effectiveness of indirect revascularization, including in patients with CLI and trophic ulcers. However, the performance of isolated flow-guiding profundoplasty did not show statistical significance for the relief of ischemia. This may be because patients with lesions of the iliac segment, namely, with the proximal type of vascular lesion, tend to have a preserved distal magistral and collateral blood flow at the level of the popliteal-tibial segment. Indirectly, this assumption confirms the fact that in all patients who did not have a recipient zone, the iliac segment was completely patent. Probably, for patients with intermittent claudication without CLI, it is sufficient to perform an isolated classical profundoplasty, since flow-guiding profundoplasty requires more time, the release of DFA over a longer distance, which is associated with an increased risk of postoperative complications, including wound complications. Additional studies with a larger number of patients are required to recommend the performance of isolated flow-guiding profundoplasty for patients with CLI and the presence of trophic ulcers.

In case of a combined lesion of the iliac segment, it is recommended to perform a hybrid intervention with endovascular revascularization of the iliac arteries. In our work, in the early and late postoperative period, there were no complications associated with endovascular repair of the iliac segment, including retroperitoneal bleeding and hematoma, and obstruction of the patency of the operated segment.

The five-year patency of the operated segment was 97%. Hemodynamically significant restenosis was detected in 2 patients 6 months after primary profundoplasty, who were routinely treated with DFA PBA using a drug-eluting balloon catheter. In total, 6 endovascular interventions were performed in the work (4 primary, 2 repeated for restenosis after profundoplasty). The maximum follow-up period after endovascular intervention was 24 months. During the entire observation, there were no cases of impaired patency or thrombosis of the DFA after endovascular intervention. The limited follow-up period makes it possible to recommend DFA PBA or stenting in comorbid patients with high surgical risks.

In two patients who underwent autovenous popliteal or distal bypass after ineffective primary revascularization through the DFA, bypass thrombosis occurred in the late postoperative period. One of the patients, on the background of bypass thrombosis, had a recurrence of CLI, requiring repeated reconstructive intervention. The second patient with bypass thrombosis had no symptoms of acute ischemia and recurrence of CLI, and he underwent flow-guiding profundoplasty first. Thus, the primary revascularization of the limb with extensive reconstruction of the DFA allowed the formation of collaterals sufficient to compensate for blood circulation in the limb after thrombosis of the distal bypass.

The five-year amputation-free period was 100% (out of 52 followed-up patients). Median survival 53,8 months, 95% CI [50,4;57,2]. Thus, among patients who remained under observation for up to 5 years, there were no cases of amputation and thrombosis of the iliac-femoral segment. The results obtained indicate a high efficiency of limb revascularization through the DFA; surgical, endovascular reconstructive operations on the DFA, as well as hybrid operations on the DFA in combination with endovascular restoration of the iliac segment, are associated with a low risk of mortality and complications both in the immediate and late postoperative period, allowing in most cases to stop the symptoms of ischemia, including in patients with CLI and trophic ulcers, and save the lower limb. Even though during revascularization of the limb through the DFA in conditions of occluded SFA, relief of symptoms of CLI is not always achieved, especially in patients with tissue loss, in such cases it is necessary to try to restore direct

blood flow to the limb with direct revascularization of the femoral-popliteal-tibial segment as a second stage. We have developed an algorithm for patients with CLI, including those with trophic ulcers, aimed at increasing the efficiency of operations with indirect revascularization of the limb through the DFA and reducing the frequency of reinterventions, thus reducing the risks of amputation, postoperative complications and mortality.

CONCLUSIONS

1. Performing profundoplasty in most cases (90.9%) leads to regression of symptoms of chronic limb ischemia with diffuse atherosclerosis;
2. A new modification of the surgical technique of profundoplasty, flow-guided profundoplasty, in combination with endovascular restoration of the iliac segment as part of a hybrid operation, is a reliably effective method for treating patients with chronic limb ischemia with diffuse atherosclerosis;
3. The developed treatment algorithms for the tactics of performing profundoplasty in patients with critical limb ischemia with diffuse atherosclerosis reliably allow saving the limb in the early and late postoperative period;
4. A new method of minimally invasive treatment of post-catheterization pulsatile hematomas, temporary embolization of the cavity of a pulsatile hematoma with a guidewire, is effective, reliable and safe.

PRACTICAL RECOMMENDATIONS

1. For patients with chronic lower limb ischemia with a hemodynamically significant lesion of the deep femoral artery in combination with occlusion of the superficial femoral artery, it is advisable to perform isolated surgical profundoplasty or, at high surgical risk, balloon angioplasty of the deep femoral artery;
2. For patients with chronic lower limb ischemia with hemodynamically significant lesion of the deep femoral artery and arteries of the iliac segment in combination with occlusion of the superficial femoral artery, it is advisable to perform flow-guiding profundoplasty in combination with endovascular restoration of the iliac segment as part of a hybrid operation;
3. For patients with critical limb ischemia with an absent recipient zone, as well as with tissue loss of category 6 according to R. Rutherford, performing profundoplasty in conditions of an occluded superficial femoral artery is not recommended;
4. For patients with critical limb ischemia, who do not have signs of ischemia regression in the early postoperative period after profundoplasty in conditions of an occluded superficial femoral artery, direct revascularization through the femoral-popliteal-tibial segment as the second stage should be attempted;
5. It is recommended to perform temporary embolization of the cavity of pulsatile hematoma with a guidewire for patients with post-catheterization pulsatile hematoma.

LIST OF ABBREVIATIONS

- ABI – ankle-brachial index
- AK – above-knee pressure
- AP – ankle pressure
- BA – brachial artery
- BK – below-knee pressure
- CFA – common femoral artery
- CG – combined gradient index
- CIA – common iliac artery
- CLAI – chronic limb arterial insufficiency
- CLI – critical limb ischemia
- CT – computed tomography
- DCB – drug coated balloon
- DFA – deep femoral artery
- DPA – dorsalis pedis artery
- DSA – digital subtraction angiography
- EIA – external iliac artery
- FGPP – flow-guiding profundoplasty
- GSV – great saphenous vein
- IIA – internal iliac artery
- IC – intermittent claudication
- LFCA – lateral femoral circumflex artery
- MFCA – medial femoral circumflex artery
- MRI – magnetic resonance imaging
- PA – popliteal artery
- PAD – peripheral arterial disease
- PBA – plain balloon angioplasty
- PH – pulsatile hematoma
- PPCI – profundapopliteal collateral index

PTA – posterior tibial artery

SFA – superficial femoral artery

TG – tibial gradient index

TGE – temporary guidewire embolization

UGTI – ultrasound guided thrombin injection

US – ultrasound scanning

BIBLIOGRAPHIC INDEX

1. Bokeria, L.A. [Comparative results of isolated profundoplasty and distal bypass surgery in patients with diabetes mellitus and trophic ulcers] / L.A. Bokeria, V.S. Arakelyan, V.G. Papitashvili, [et al.] // *Kuban Scientific Medical Bulletin*. – 2020. – Vol.27 (2). – P.38–48. (In Russ.).
2. Burleva, E.P. [The value of clinical and epidemiological and economic analysis for the organization of care for patients with chronic arterial insufficiency of the lower extremities] / E.P. Burleva // *Angiologiya i sosudistaya khirurgiya*. – 2002. – Vol.4. – P.15–19. (In Russ.).
3. Gamzatov, T.H. [The modern principles of management of intermittent claudication] / T.H. Gamzatov, A.V. Svetlikov // *Pirogov Russian J. Surg. Khirurgiya. Zurnal im. N.I. Pirogova*. – 2016. – Vol.12. – P.77–87. (In Russ.).
4. Gavrilenko, A.V. [Quality of life in patients with critical lower limb ischemia] / A.V. Gavrilenko, S.I. Skrylev, A.E. Kuzubova // *Angiologiya i sosudistaya khirurgiya*. – 2001. – Vol. 1.1(3). – P.8–14. (In Russ.).
5. Gavrilenko, A.V. [Opyt khirurgicheskogo lecheniya bol'nykh s kriticheskoi ishemiei nizhnikh konechnostei] / A.V. Gavrilenko, S.I. Skrylev, E.A. Kuzubova // *V sb. «Vos'moi vserossiiskii s'ezd serdechno-sosudistykh khirurgov»*. M. – 2002. – P.119. (In Russ.).
6. Gavrilenko, A.V. [The treatment of false iatrogenic arterial aneurysms] / A.V. Gavrilenko, G.V. Sinyavin // *Angiologiya i sosudistaya khirurgiya*. – 2005. – Vol.11(3). – P.135–138. (In Russ.).
7. Gavrilenko, A.V. [The results of profundoplasty in patients with critical ischemia of lower extremities] / A.V. Gavrilenko, A.E. Kotov, M.K. Lepshokov // *Khirurgiia (Mosk)*. – 2017. – Vol.9. – P.17–22. (In Russ.).
8. Gavrilenko, A.V. [The role of deep femoral artery plasty in chronic critical lower limb ischemia treatment] / A.V. Gavrilenko, A.E. Kotov, M.K. Lepshokov // *Annaly Khirurgii (Russian J. Surg.)*. – 2017. – Vol.22(6). – P.321–328. (In Russ.).

9. Gavrilenko, A.V. [Significance of the deep femoral artery in repeat reconstructions] / A.V. Gavrilenko, A.E. Kotov, M.K. Lepshokov, [et al.] // *Angiol Sosud Khir.* – 2020. – Vol.26(4). – P.98–107. (In Russ.).
10. Gavrilenko, A.V. [Advantages of profundoplasty in patients with lower limb critical ischaemia in redo operations] / A.V. Gavrilenko, A.E. Kotov, N.M. Mamedova, [et al.] // *Angiol Sosud Khir.* – 2021. – Vol.27(1). – 113–119. (In Russ.).
11. Govorunov, G.V. [The choice of methods and results of surgical treatment of patients with critical ischemia of the lower extremities] / G.V. Govorunov, A.V. Troitsky, P.V. Parshin // *Angiol Sosud Khir.* – 1995. – No1. – P.24–27.
12. Gvenetadze, N.S. [Znachenie glubokoi arterii bedra v khirurgicheskom lechenii ishemii konechnosti] / N.S. Gvenetadze // *Dis. ... kand. M.* – 1971. (In Russ.).
13. Karimov, E.A. [Rezul'taty rekonstruktivnykh operatsii v bedrennopodkolennoi zone pri vyrazhennoi ishemii nizhnikh konechnostei] / E.A. Karimov // *V sb. «Aktual'nye voprosy khirurgii. Voprosy khirurgiis sudov».* Tashkent. – 1978. (In Russ.).
14. Karimov, E.A. [Vliyanie simpatektomii na krovoobrashchenie v konechnosti pri obliteriruyushchikh zabolevaniy arterii] / E.A. Karimov // *Tezisy nauchnoi konferentsii «Khirurgicheskaya patologiya perifericheskikh sudov».* Baku. – 1979. (In Russ.).
15. Kashchenko, V.A. [Hematomas of different localizations in patients with COVID-19] / V.A. Kashchenko, V.A. Ratnikov, E.L. Vasiukova, [et al.] // *Endoskopicheskaya khirurgiya.* – 2021. – Vol.27(6). – P.5–13. (In Russ.).
16. Kebriakov, A.V. [Isolated deep femoral artery plasty in the management of peripheral arterial disease] / A.V. Kebriakov, A.V. Svetlikov, T.K. Gamzatov, [et al.] // *Regional blood circulation and microcirculation.* – 2022. – Vol.21(3). – P.12–19. (In Russ.).
17. Knyazev, M.D. [Khirurgicheskie vmeshatel'stva na glubokoi bedrennoi arterii pri rasprostranennykh ateroskleroticheskikh porazheniyakh bifurkatsii aorty i arterii

- nizhnikh konechnostei] / M.D. Knyazev, O.S. Belorusov // Vestnik khirurgii. – 1971. – Vol.7. – P.61–67. (In Russ.).
18. Kokhan, E.P. [Izbrannye lektsii po angiologii] / E.P. Kokhan, I.K. Zavarina // M.: Nauka. – 2000. (In Russ.).
 19. Leskov, V.P. [Rol' immunnoi sistemy v patogeneze ateroskleroza] / V.P. Leskov, I.I. Zatevakhin // Angiologiya i sosudistaya khirurgiya. – 2005. – Vol.11(2). – P.9–11. (In Russ.).
 20. Pokrovskii, A.V. [Khirurgicheskoe lechenie bol'nykh s kriticheskoi ishemiei nizhnikh konechnostei] / A.V. Pokrovskii, V.N. Dan, A.V. Chupin, [et al.] // Kriticheskaya ishemiya. Itogi XX veka. Materialy Sh Mezhdunar. Kongr. Severnykh stran i regionov. Petrozavodsk— Parizh. – 1999. – P.120. (In Russ.).
 21. Pokrovskii, A.V. [«ALPROSTAN» v lechenii bol'nykh s kriticheskoi ishemiei nizhnikh konechnostei] / A.V. Pokrovskii, V.N. Dan, A.V. Chupin, [et al.] // Angiologiya i sosudistaya khirurgiya. – 2005. – Vol.11(1). – P.7–9. (In Russ.).
 22. Pokrovsky, A.V. [The state of vascular surgery in the Russian Federation in 2018] / A.V. Pokrovsky, A.L. Golovyuk // Angiology and Vascular Surgery. Application. – 2019. – Vol.25(2). – P.29–33. (In Russ.).
 23. Saidov, S.S. [The role of magnetic resonance imaging in radiation diagnosis of abdominal aortic aneurysm] / S.S. Saidov, S.K. Skul'skiy, N.P. Morozova, [et al.] // Bulletin of the Medical Institute «REAVIZ». – 2022. – Vol.12(2). – P.22–35. (In Russ.).
 24. Shapovalov, A.S. [The management of COVID-associated thrombosis by local arterial thrombolysis] / A.S. Shapovalov, A.V. Kebriakov, T.Kh. Gamzatov, [et al.] // Regional hemodynamics and microcirculation. – 2022. – Vol.21(2). – P.80–85. (In Russ.).
 25. Svetlikov, A.V. [Modern strategy to improve remote results of surgical treatment of peripheral artery disease] / A.V. Svetlikov, L.É. Ishpulaeva // Angiol Sosud Khir. – 2020. – Vol.26(4). – P.23–31. (In Russ.).

26. Svetlikov, A.V. [Profundoplasty in the management of the peripheral arterial disease] / A.V. Svetlikov, T.Kh. Gamzatov, A.V. Kebryakov // The Hospital. – 2021. – Vol.31(3). – P.9–13. (In Russ).
27. Svetlikov, A.V. [Innovative methods of treatment of atherosclerosis of the lower extremities: everything new is the well-forgotten old] / A.V. Svetlikov, T.Kh. Gamzatov, A.V. Kebryakov, V.A. Kashchenko // The Hospital. – 2022. – Vol.34(2). – P.75–78. (In Russ).
28. Svetlikov, A.V. [Surgical tactics of treatment for chronic ischemia in patients with atherosclerotic lesions of the deep femoral artery and occlusion of the superficial femoral artery] / A.V. Svetlikov, T.Kh. Gamzatov, A.V. Kebryakov, A.V. Tishkov, N.B. Margaryants, I.E. Khardikov, P.A. Galkin, A.S. Shapovalov, S.V. Lukin, V.M. Melnikov, G.G. Khubulava, V.A. Kashchenko, V.A. Ratnikov, V.S. Gurevich // Angiology and Vascular Surgery. – 2023. – Vol.29(2). – P.61–72. (In Russ).
29. Zatevakhin, I.I. [Reconstructive surgery of late reocclusion of the aorta and peripheral arteries] / I.I. Zatevakhin, G.V. Govorunov, I.I. Sukharev // M. – 1993.
30. Zhane, A.K. [Revascularization of the deep femoral artery in atherosclerotic femoral-popliteal occlusions] / A.K. Zhane, M.A. Khagurov // Surgery. – 1993. – Vol.9. – P.41–46.
31. Zhane, A.K. [Reconstruction profound femur artery as option of surgical treatment in limbs chronic arterial insufficiency] / A.K. Zhane, A.G. Pichugin, Kh.R. Napso, [et al.] // Kubanskiy nauchnyy medicinskiy vestnik. – 2013. – Vol.4. – P.51–54. (In Russ.)
32. Aboyans, V. 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS): Document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteries Endorsed by: the European Stroke Organization (ESO) The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Diseases of the European Society of Cardiology

- (ESC) and of the European Society for Vascular Surgery (ESVS) / V. Aboyans, J.B. Ricco, M.E.L. Bartelink, [et al.] // *Eur Heart J.* – 2018. – Vol.39. – P.763–816.
33. Ahmad, F. Iatrogenic femoral artery pseudoaneurysm: review of current methods of diagnosis and treatment / F. Ahmad, S.A. Turner, P. Torrie, [et al.] // *Clin Radiol.* – 2008. – Vol.63. – P.1310–1316.
34. Allenberg, J.R. Profundaplastik / J.R. Allenberg, U.L. Burger // *Gefaesschirurgie.* – 2001. – Vol.6. – P.9–13.
35. Alvarez-Tostado, J.A. The brachial artery: a critical access for endovascular procedures / J.A. Alvarez-Tostado, M.A. Moise, J.F. Bena, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 2009. – Vol.49(2). – P.378-385
36. Anderson, C.A. Limb salvage by extended profunda femoris revascularization / C.A. Anderson, N.M. Rich, G.J. Collins, [et al.] // *Am. Surg.* – 1978. – Vol.100. – P.44.
37. Bachman, D.M. Percutaneous ileofemoral angioplasty via the contralateral femoral artery / D.M. Bachman, M.D. Casarella, T.A. Sos, // *Radiology.* – 1979. – Vol.130. – P.617-621.
38. Balasundaram, N. Importance of the profunda femoris upon patency following aortoiliac procedures / N. Balasundaram, J.N. Whitrock, D.J. Braet, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 2022. – Vol.76(1). – P.180–187.
39. Baptist, M. The origin of profunda femoris artery, its branches and diameter of the femoral artery / M. Baptist, F. Sultana, T. Hussain, // *Professional Med J.* – 2007. – Vol.14. P.523-527.
40. Bath, J. A pooled analysis of common femoral and profunda femoris endovascular interventions / J. Bath, E. Avgerinos // *Vascular.* – 2016. – Vol.24(4). – P.404–413.
41. Beales, J.S.M. The radiological assessment of disease of the profunda femoris artery / J.S.M. Beales, F.A. Adcock, J.S. Frawley, [et al.] // *Br. J. Radiol.* – 1971. – Vol.44. – P.854-858.
42. Berguer, R. Extended Deep Femoral Angioplasty / R. Berguer, L.T. Cotton, S. Sabri // *British Medical J.* – 1973. – Vol.1. – P.469–471.

43. Berguer, R. Geometry, blood flow, and reconstruction of the deep femoral artery / R. Berguer, R.F. Higgins, L.T. Colton // *Am. J. Surg.* – 1975. – Vol.130. – P.68.
44. Boren, C.H. Profundapopliteal collateral index. A guide to successful profundaplasty / C.H. Boren, J.B. Towne, V.M. Bernhard, [et al.] // *Arch. Surg.* - 1980. – Vol.11. – P.1366-1372.
45. Chand, I. Arteria profunda femoris and its variations / I. Chand, B. Singh // *The Indian Medical Gazette.* – 1951. – P.248-250.
46. Coley, B.D. Postangiographic femoral artery pseudoaneurysms: further experience with US-guided compression repair / B.D. Coley, A.C. Roberts, B.D. Fellmeth, [et al.] // *Radiology.* – 1995. – Vol.194 – P.307–311.
47. Cotton, L.T. Extended deep femoral angioplasty: an alternative to femoropopliteal bypass / L.T. Cotton, V.C. Roberts // *Br. J. Surg.* – 1975. - Vol.62. – P.340-343.
48. Coughlin, B.F. Peripheral pseudoaneurysms: evaluation with duplex US / B.F. Coughlin, D.M. Paushter // *Radiology.* – 1988. – Vol.168. – P.339–342.
49. Cvetic, V. Endovascular treatment of different types of iliac occlusions-Results from an observational study / V. Cvetic, D. Sagic, I. Koncar, [et al.] // *PLoS One.* – 2019. – Vol.14(10) . – P:e0222893.
50. Dacie, J.E. The value of percutaneous transluminal angioplasty of the profunda femoris artery in threatened limb loss and intermittent claudication / J.E. Dacie, S.J. Daniell // *Clin. Radiol.* – 1991. – Vol.44. – P.311-316.
51. David, T.E. Extended profundaplasty for limb salvage / T.E. David, A.D. Drezner // *Surgery.* – 1978. – Vol.84. – P.758.
52. De Bakey, M.E. Surgical Considerations of Occlusive Disease of the Abdominal Aorta and Iliac and Femoral Arteries: Analysis of 803 Cases / M.E. De Bakey, E.S. Crawford, D.A. Cooley, [et al.] // *Jr. Ann. Surg.* – 1958. – Vol.148. – P.306.
53. DeCarlo, C. Operative Complexity and Prior Endovascular Intervention Negatively Impact Morbidity after Aortobifemoral Bypass in the Modern Era / C. DeCarlo, L.T. Boitano, S.I. Schwartz, [et al.] // *Ann Vasc Surg.* –2020. – Vol.62. – P.21-29.

54. Del Corso, A. Percutaneous treatment of iatrogenic pseudoaneurysms by cyanoacrylate-based wall-gluing / A. Del Corso, G. Vergaro // *Cardiovasc Intervent Radiol.* – 2013. – Vol.36. – P.669–675.
55. Denck, H. Verbesserung der Durchblutung der unteren Extremität durch Profundaplastik / H. Denck // *Acta Chir.* – 1966. – Vol.1. – P.293-298.
56. Denzel, C. Critical limb ischemia / C. Denzel, W. Lang // *J. Der Chirurg.* – 2008. – Vol.79(5). – P.495-508.
57. Dick, P. Outcome after endovascular treatment of deep femoral artery stenosis: results in a consecutive patient series and systematic review of the literature / P. Dick, W. Mlekusch, S. Sabeti, [et al.] // *J. Endovasc. Ther.* – 2006. – Vol.13. – P.221-228.
58. Diehm, C. High prevalence of peripheral arterial disease and co-morbidity in 6880 primary care patients: a cross-sectional study / C. Diehm, A. Schuster, J.A. Allenberg, [et al.] // *Atherosclerosis.* – 2004. – Vol.172 (1). – P.195–205.
59. Dimri, P. Bilateral high origin of profunda femoris artery - case report and embreological review / P. Dimri, A.K. Deshwal // *Int J. of scien. research.* – 2014. – Vol.3(1). – P.375-376.
60. Dixit, D. A Study Of Variations In The Origin Of Profunda Femoris Artery And Its Circumflex Branches / D. Dixit, D.M. Kubavat, S.P. Rathod, [et al.] // *Int. J. Biol. Med. Res.* – 2011. – Vol.2(4). – P.1084–1089.
61. Donas, K.P. Endovascular Treatment of Profunda Femoris Artery Obstructive Disease: Nonsense or Useful Tool in Selected Cases? / K.P. Donas, G.A. Pitoulias, A. Schwindt, [et al.] // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* – 2010. – Vol.39. – P.308-313.
62. Dormandy, J. Fate of the patient with chronic leg ischemia: a review article / J. Dormandy, M. Mahir, G. Ascady, [et al.] // *J. Cardiovasc. Surg.* - 1989. – Vol.30 (1). – P.50–57.
63. Dormandy J.A. Natural history of patients with peripheral occlusive arterial disease / J.A. Dormandy // *Ann. Chir. Gynaecol.* – 1992. Vol.81(2). – P.86–88.

64. Dorweiler, B. Value of the deep femoral artery as alternative inflow source in infrainguinal bypass surgery / B. Dorweiler, T. Friess, F. Duenschede, [et al.] // *Ann Vasc Surg.* – 2014. – Vol.28(3). – P.633-639.
65. Earnshaw, J. Surgical options for treatment of profunda stenosis / J. Earnshaw // Greenhalgh RM (ed) *Towards Vascular and Endo-vascular Consensus*, London, BIBA. – 2005. – P.431–438.
66. Eisenberg, L. Sonographically guided compression repair of pseudoaneurysms: further experience from a single institution / L. Eisenberg, E.K. Paulson, M.A. Kliever, [et al.] // *AJR.* – 1999. – Vol.173. – P.1567–1573.
67. El-Kayali, A. Ultrasound guided compression repair of post- catheterization femoral pseudoaneurysm / A. El-Kayali // *Kuwait Med J.* – 2003. – Vol.35. – P.192–195.
68. Elsharkawi, M. Clinical outcomes from profundoplasty performed as a sole procedure for revascularization in critically ischaemic limbs / M. Elsharkawi, M. Elkassaby, N. McVeigh, [et al.] // *Vascular.* – 2021. – Vol. 29 (3). – P.396-403.
69. Feldhaus, R.J. A technique for profunda femoris artery reconstruction. Hemodynamic assessment and functional results / R.J. Feldhaus, A.V. Sterpetti, R.D. Schultz, [et al.] // *Ann. Surg.* – 1986. – Vol.203. – P.390–398.
70. Fellmeth, B.D. Postangiographic femoral artery injuries: nonsurgical repair with US-guided compression / B.D. Fellmeth, A.C. Roberts, J.J. Bookstein, [et al.] // *Radiology.* – 1991. – Vol.178. – P.671–675.
71. Fernandes, J.F. An objective assessment of common femoral endarterectomy and profundaplasty in patients with superficial femoral occlusion / J.F. Fernandes, A.N. Nicolaides, N.A. Angelides, [et al.] // *Surgery.* – 1978. – Vol.83. – P.313.
72. Fugger, R. The Place of Profundaplasty in the Surgical Treatment of Superficial Femoral Artery Occlusion / R. Fugger, G. Kretschmer, M. Schremper, [et al.] // *Eur. J. Vasc. Surg.* – 1987. – Vol.1. – P.187-191.
73. Goldstone, J. Importance of the profunda femoris artery in primary and secondary arterial operations for lower extremity ischemia / J. Goldstone, J.M. Malone, W.S. Moore // *Am. J. Surg.* – 1978. – Vol.136. – P.215.

74. Gould, K.L. Coronary branch steal: experimental validation and clinical implications of interacting stenosis in branching coronary arteries / K.L. Gould, R. Kirkeeide, N.P. Johnson // *Circ Cardiovasc Imaging*. – 2010. – Vol.3(6). – P.701–709.
75. Graziano, J.L. Significance of the Profunda Femoris Artery in Extremities with Marked Ischemia / J.L. Graziano, G.A. Olander, R.B. Lai // *Amer. Surg.* – 1989. – Vol.35(4). – P.229-232.
76. Grollman, J.H. Transbrachial arteriography: techniques and complications / J.H. Grollman, R. Marcus // *Cardiovasc Intervent Radiol.* – 1988. – Vol.11. – P.32–35.
77. Hebrang, A. Successful closure of large pseudoaneurysm of peroneal artery using transluminal temporary occlusion of the neck with the catheter / A. Hbrang, A. Grga, B. Brkljadic, [et al.] // *Eur Radiol.* – 2001. – Vol.11. – P.1206–1209.
78. Heenan, S.D., Grubnic S., Buckenham T.M. Transbrachial arteriography: indications and complications / S.D. Heenan, S. Grubnic, T.M. Buckenham // *Clin Radiol.* – 1996. – Vol.51. – P.205-209.
79. Hepp, W. Gefaesschirurgie / W. Hepp, H. Kogel, [et al.] // Urban Fischer: Munich. – 2001.
80. Hershey, F.B. Extended surgical approach to the profunda femoris artery / F.B. Hershey, A.I. Auer // *Surg. Gynecol. Obstet.* – 1974. – Vol.138. – P.88.
81. Hessel, S.J. Complications of angiography / S.J. Hessel, D.F. Adams, H.L Abrams // *Radiology.* – 1981. – Vol.138. – P.273-281.
82. Hirano, Y. Diagnosis of vascular complications at the puncture site after cardiac catheterization / Y. Hirano, S. Ikuta, H. Uehara, [et al.] // *J. Cardiol.* – 2004. – Vol.43. – P.259–265.
83. Hollinshead, H.W. Buttock, Hip joint and thigh, Profunda femoris artery / H.W. Hollinshead // *Anatomy for surgeons: Vol. 3. The back and limbs.* 2nd ed. Hoeber Medical Division, Happer & Row Publishers, New York, Evanston and London. – 1969. – P.725-730.

84. Huang, T.L. Ultrasound-guided compression repair of peripheral artery pseudoaneurysm: 8 years' experience of a single institute / T.L. Huang, H.L. Liang, J.S. Huang, [et al.] // *J. Chin Med Assoc.* – 2012. – Vol.75(9). – P.468-473.
85. Ibrahim, K. A novel interventional method for treating femoral pseudoaneurysms: Results from a monocentric experience / K. Ibrahim, M. Christoph, C. Wunderlich, [et al.] // *EuroIntervention.* – 2017. – Vol.13. – P.366–370.
86. Imran, H.M. Efficacy and safety of adjunctive drug-coated balloon therapy in endovascular treatment of common femoral artery disease / H.M. Imran, O.N. Hyder, P.A. Soukas // *Cardiovasc Revasc Med.* – 2019. – Vol.20 (3). – P.210–214.
87. International Diabetes Federation / *IDF DIABETES ATLAS* // Eighth edition – [Internet] - 2017.
88. Jargiełło, T. Ultrasound-guided thrombin injection in the management of pseudoaneurysm after percutaneous arterial access / T. Jargiełło, J. Sobstyl, Ł. Światłowski, [et al.] // *J. Ultrason.* – 2018. – Vol.18(73). – P.85–89.
89. Johnson, N.P. Coronary Steal: Mechanisms of a Misnomer / N.P. Johnson, R.L. Kirkeeide, K.L. Gould // *J. Am Heart Assoc.* – 2021 –Vol.10(13) . – P.e021000.
90. Jongkind, V. A systematic review of endovascular treatment of extensive aortoiliac occlusive disease / V. Jongkind, G.J. Akkersdijk, K.K. Yeung, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 2010. – Vol.52. – P.1376–1383.
91. Kalman, P.G. The current role of isolated profundaplasty / P.G. Kalman, K.W. Johnston, P.M. Walker // *J. Cardiovasc. Surg.* – 1990. – Vol.31. – P.107-111.
92. Kang, S.S. Percutaneous ultrasound guided thrombin injection: a new method for treating postcatheterization femoral pseudoaneurysms / S.S. Kang, N. Labropoulos, M.A. Mansour, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 1998. – Vol.27. – P.1032–1038.
93. Kang, S.S. Expanded indications for ultrasound-guided thrombin injection of pseudoaneurysms / S.S. Kang, N. Labropoulos, M.A. Mansour, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 2000. – Vol.31(2). – P.289–298.
94. Kaplan, J.L. A cost-based comparison between perforator flaps and TRAM flaps / J.L. Kaplan, R.J. Allen // *Plast. Reconstr. Surg.* – 2000. – Vol.105(3). - P.943-948.

95. Katzenschlager, R. Incidence of pseudoaneurysm after diagnostic and therapeutic angiography / R. Katzenschlager, A. Ugurluoglu, A. Ahmadi, [et al.] // *Radiology*. – 1995. – Vol.195. – P.463 – 466.
96. Keen, J.A. A study of the arterial variations in the limbs with special reference to symmetry of vascular patterns / J.A. Keen // *Am J. Anat.* – 1961. – P.245-261.
97. Kent, K.C. A prospective study of the clinical outcome of femoral pseudoaneurysms and arteriovenous fistulas induced by arterial puncture / K.C. Kent, C.R. McArdle, B. Kennedy, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 1993. – Vol.17. – P.125–31, discussion P.131–133.
98. King, T.A. Diabetes mellitus and atherosclerotic involvement of the profunda femoris artery / T.A. King, R.G. DePalma, R.S. Rhodes // *Surg. Gynecol. Obstet.* – 1984. – Vol.159. – P.553-556.
99. Klaphake, S. Mortality after major amputation in elderly patients with critical limb ischemia / S. Klaphake, K. de Leur, P.G. Mulder, [et al.] // *Clin. Interv. Aging.* – 2017. – Vol.12. – P.1985–1992.
100. Koscielny, A. Case–control comparison of profundaplasty and femoropopliteal supragenicular bypass for peripheral arterial disease / A. Koscielny, U. Puetz, W. Willinek, [et al.] // *Br. J. Surg.* - 2010. – Vol.97. – P.344–348.
101. Kresowik, T.F. A prospective study of the incidence and natural history of femoral vascular complications after percutaneous transluminal coronary angioplasty / T.F. Kresowik, M.D. Khoury, B.V. Miller, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 1991. – Vol.13. – P.328–333.
102. Kuma, S. Ultrasound-guided percutaneous thrombin injection for post-catheterization pseudoaneurysm / S. Kuma, K. Morisaki, A. Kodama, [et al.] // *Circ J.* – 2015. – Vol.79(6). – P.1277-1281.
103. Kuo, T.T. Outcome of drug-eluting balloon angioplasty versus endarterectomy in common femoral artery occlusive disease / T.T. Kuo, P.L. Chen, C.Y. Huang, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 2019. – Vol.69 (1). – P.141–147.

104. Lawson, D.W. Limb salvage by extended profundaplasty of occluded deep femoral arteries / D.W. Lawson, GG Gallico, A.S. Patton // *Am. J. Surg.* 1983. – Vol.145. – P.458-463.
105. Leather, R.P. The use of extended profundaplasty in limb salvage / R.P. Leather, D.M. Shah, A.M. Karmody // *Am. J. Surg.* – 1975. – Vol.136. – P.359.
106. Leeds, F.H. Importance of profunda femoris artery in the revascularization of the ischemic limb / F.H. Leeds, R.S. Gilfillan // *Arch. Surg.* – 1961. – Vol.82. - P.25-31.
107. Lemaire, J.M. Percutaneous coil embolization of iatrogenic femoral arteriovenous fistula or pseudoaneurysm / J.M. Lemaire, R.F. Dondelinger // *Eur J. Radiol.* – 1994. – Vol.18. – P.96–100.
108. Loffroy, R. Packing technique for endovascular coil embolisation of peripheral arterial pseudoaneurysms with preservation of the parent artery: safety, efficacy and outcomes / R. Loffroy, P. Rao, S. Ota, [et al.] // *Eur J. Vasc Endovasc Surg.* – 2010. – Vol.40. – P.209–215.
109. Lumsden, A.B. A prospective evaluation of surgically treated groin complications following percutaneous cardiac procedures / A.B. Lumsden, J.M. Miller, A.S. Kosinski, [et al.] // *Am Surg.* – 1994. – Vol.60. – P.132-137.
110. Malgor, R.D. Common femoral artery endarterectomy for lower-extremity ischemia: evaluating the need for additional distal limb revascularization / R.D. Malgor, J.J. 2nd Ricotta, T.C. Bower, [et al.] // *Ann Vasc Surg.* – 2012. – Vol.26(7). – P.946-956.
111. Margulis, A.R. Arteriographic manifestations of peripheral occlusive vascular disease; with the report of two new signs / A.R. Margulis, C.M. Nice, T.O. Murphy // *Am. J. Roentgenology, Radium Therapy, and Nuclear Medicine.* – 1957. – Vol.78. – P.273.
112. Martin, P. On the Surgery of The Profunda Femoris Artery / P. Martin, S. Renwick, C. Stepherson // *Brit. J. Surg.* – 1968. - Vol.55(7). - P.539-542.
113. Martin, P. On the surgery of atherosclerosis of the profunda femoris artery / P. Martin, J.E. Frawley, A.P. Arabas, [et al.] // *Surgery.* – 1972. – Vol.71: 182-189.

114. Martin, P. The Rationale for and Measurement after Profundaplasty / P. Martin, J. Crawford // *Surg. Clin. North Am.* – 1974. - Vol.54(1). – P.95-109.
115. Martin, P. The medium term results after profundaplasty / P. Martin, J. Bouhoutsos // *Br. J. Surg.* – 1977. – Vol.64. - P.194.
116. McNeil Nancy, L. Sonographically guided percutaneous thrombin injection versus sonographically guided compression for femoral artery pseudoaneurysms / L. McNeil Nancy, W. Timothy, I. Clark, // *AJR.* – 2001. – Vol.176. – P.459–62.
117. Mergu, P. Unique variation in origin and branching pattern of profundafemoris artery: a case report / P. Mergu, V.S. Prasad // *OA Anatomy.* – 2014. – Vol.2(1)5. – P.1-3.
118. Merlini, M.P. Surgery of the Deep Femoral Artery / M.P. Merlini, R.J.A.M. van Dongen, M. Dusmet // Springer-Verlag. – 1994.
119. Messina, L.M. Clinical characteristics and surgical management of vascular complications in patients undergoing cardiac catheterization: interventional versus diagnostic procedures / L.M. Messina, T.E. Brothers, T.W. Wakefield, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 1991. – Vol.13. – P.593–600.
120. Middleton, W.D. Diagnosis and treatment of iatrogenic femoral artery pseudoaneurysms / W.D. Middleton, A. Dasyam, S.A. Teefey // *Ultrasound Q.* – 2005. – Vol.21. – P.3–17.
121. Miksic, K. Profunda femoris revascularization in limb salvage / K. Miksic, B. Novak // *J. Cardiovasc. Surg.* – 1986. – Vol.27. P.544–552.
122. Minici, R. Percutaneous treatment of vascular access-site complications: a ten years' experience in two centres / R. Minici, S. Paone, M. Talarico, [et al.] // *CVIR Endovasc.* – 2020. – Vol.3(1). – P.29.
123. Mitchell, R.A. Patient Selection for Isolated Profundaplasty. Arteriographic Correlates of Operative Results / R.A. Mitchell, G.E. Bone, R. Bridges // *Am. J. Surg.* -1980.- Vol.138(6). – P.912-919.
124. Morgan, R. Current treatment methods for postcatheterization pseudoaneurysms / R. Morgan, A.M. Belli // *J. Vasc Interv Radiol.* – 2003. – Vol.14. – P.697-710.

125. Morris, G.C. Jr. Anatomical Studies of the Distal Popliteal Artery and Its Branches / G.C. Morris Jr., A.C. Beall Jr., W.B. Berry, [et al.] // S. Forum. – 1959. – Vol.10. – P.498.
126. Morris, G.C. Jr. Arterial Bypass Below the Knee / G.C. Morris Jr., M.E. De Bakey, D.A. Cooley, [et al.] // Surg. Gynec. & Obst. – 1959. - Vol.108. – P.321.
127. Morris, G.C. Jr. Surgical importance of profunda femoris artery / G.C. Morris Jr., E. Edwards, D.A. Cooley, [et al.] // Arch. Surg. - 1961. – Vol.82. – P.32-37
128. Morris-Jones, W. Profundaplasty in the treatment of femoropopliteal occlusion / W. Morris-Jones, C.D.P. Jones // Am. J. Surg. – 1974. – Vol.127. - P.680-686.
129. Motarjeme, A. Percutaneous transluminal angioplasty of the deep femoral artery / A. Motarjeme, J.W. Keifer, A.J. Zuska // Radiology. – 1980. – Vol.135. – P.613–617.
130. Mouawad, N.J. Is isolated profundoplasty enough in critical limb ischemia? / N.J. Mouawad // Vascular. – 2022. – Vol.30(1). – P.183-184.
131. Nakai, M. Percutaneous fluoroscopically guided n-butyl cyanoacrylate (NBCA) injection for iatrogenic femoral arterial pseudoaneurysm under temporary balloon occlusion of arterial blood flow / M. Nakai, M. Sato, H. Sanda, [et al.] // Jpn J. Radiol. – 2012. – Vol.30. – P.365–369.
132. Norgren, L. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II) / L. Norgren, W.R. Hiatt, J.A. Dormandy, [et al.] TASC II Working Group // J. Vasc Surg. – 2007. – 45 Suppl S:S5-67.
133. Oudot, J. The most frequent site of segmental arteritis: superficial femoral arteritis / J. Oudot, J.M. Cormier // Presse Medicale. – 1953. – Vol.61. – P.1361.
134. Ouriel, K. Revascularization of the distal profunda femoris artery in the reconstructive treatment of aortoiliac occlusive disease / K. Ouriel, J.A. DeWeese, J.J. Ricotta, [et al.] // J. Vasc. Surg. – 1987. – Vol.6(3). – P.217-220.
135. Paulson, E.K. Ultrasonographically guided manual compression of femoral artery injuries / E.K. Paulson, M.A. Kliwer, B.S. Hertzberg, [et al.] // J. Ultrasound Med. – 1995. – Vol.14. – P.653–659.

136. Paulson, E.K. Treatment of iatrogenic femoral arterial pseudoaneurysms: comparison of US-guided thrombin Injection with compression repair / E.K. Paulson, D.H. Sheafor, M.A. Kliewer, [et al.] // *Radiology*. – 2000. – Vol.215. – P.403–408.
137. Pearce, W.H. Extended autogenous profundaplasty and aortofemoral grafting: an alternative to synchronous distal bypass / W.H. Pearce, R.F. Kempczinski // *J. Vasc. Surg.* – 1984. – Vol.1. – P.455-458.
138. Pell, J. Association between age and survival following major amputation / J. Pell, P. Stonebridge // *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* – 1999. Vol.17(2). – P.166–169.
139. Périard, D. Sealing pseudoaneurysms of the femoral artery with saline injection: A new technique / D. Périard, M.A. Rey Meyer, D. Hayoz, [et al.] // *EuroIntervention*. – 2012. – Vol.7. – P.1206–1209.
140. Pope, M. Anaphylaxis after thrombin injection of a femoral pseudoaneurysm: recommendations for prevention / M. Pope, K.W. Johnston // *J. Vasc Surg.* – 2000. – Vol.32. – P.190–191.
141. Prakash, K.J. Variations in the origins of the profunda femoris and the medial and the lateral femoral circumflex arteries: a cadaver study in the Indian population / K.J. Prakash, B.A. Kumar, B.A. Jose, [et al.] // *Rom. J. Morphol. Embryol.* – 2010. – Vol.51(1). – P.167-170.
142. Rajani, S.J. Cadaveric Study of Profunda Femoris Artery with Some Unique Variations / S.J. Rajani, M.K. Ravat, J.K. Rajani, [et al.] // *J. Clinical and Diagnostic Research*. – 2015. – Vol.9(5). - AC01-AC03.
143. Ravikumar, N. Comparative Analysis of Endovascular Intervention and Endarterectomy in Patients with Femoral Artery Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis / N. Ravikumar, G. Sreejith, S.H.C. Law, [et al.] // *Hematol Rep.* – 2022. – Vol.14 (2). – P.179–202.
144. Ricci, M.A. Vascular complications of cardiac catheterization / M.A. Ricci, G.T. Trevisani, D.B. Pilcher // *Am J. Surg.* – 1994. – Vol.168. – P.375–378.

145. Rimm, A.D. Basic biostatistics in medicine and epidemiology / A.D. Rimm, A.J. Hartz, J.M. Kalbfleisch, [et al.] // New York: Appleton-Century-Crofts. – 1980. – P.311-313.
146. Roberts, V.C. Electromagnetic blood flow measurement during extended deep femoral angioplasty / V.C. Roberts, L.T. Cotton // Act. Chir. Scand. – 1977. – Vol.143. – P.413-416.
147. Rollins, D.L. Endarterectomized superficial femoral artery as an arterial patch / D.L. Rollins, J.B. Towne, V.M. Bernhard, [et al.] // Arch. Surg. – 1985. – Vol.120. – P.367-369.
148. Rollins, D.L. Isolated profundaplasty for limb salvage / D.L. Rollins, J.B. Towne, V.M. Bernhard, [et al.] // J. Vasc. Surg. – 1985. – Vol.2. – P.585–589.
149. Rosenfield, K. Trial of a Paclitaxel-Coated Balloon for Femoropopliteal Artery Disease / K. Rosenfield, M.R. Jaff, C.J. White, [et al.] // N Engl J. Med. – 2015. – Vol.373(2). – P.145–53.
150. Saad, N.E. Pseudoaneurysms and the role of minimally invasive techniques in their management / N.E. Saad, W.E. Saad, M.G. Davies, [et al.] // Radiographics. – 2005. – Vol.25. – Suppl. 1. – P.173-189.
151. Sabnis, A.S. Anatomical variations of profunda femoris artery / A.S. Sabnis // J. Clin research letters. – 2013. – Vol.4(1). – P.54-56.
152. Sahana. Circulatory system, Profunda femoris artery / Sahana // Human Anatomy 1st ed. The Central Book Agency, Calcutta, India. – 1964. – P.245-261.
153. Savolainen, H. Small Is Beautiful: Why Profundaplasty Should Not Be Forgotten / H. Savolainen, A. Hansen, N. Diehm, [et al.] // World J. Surg. – 2007 – Vol.31. – P.2058–2061.
154. Savolainen, H. Comment on “Endovascular Treatment of Profunda Femoris Artery Obstructive Disease: Nonsense or Useful Tool in Selected Cases?” / H. Savolainen // Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg. – 2010. – Vol.39. – P.515.
155. Savolainen, H. Femoral Pseudoaneurysm Requiring Surgical Treatment / H. Savolainen, I. Baumgartner, J. Schmidli, [et al.] // Trauma. – 2011. – Vol.4. – P.194–197.

156. Schaub, F. New aspects in ultrasound-guided compression repair of postcatheterization femoral artery injuries / F. Schaub, W. Theiss, M. Heinz, [et al.] // *Circulation*. – 1994. – Vol.90. – P.1861–1865.
157. Schroeder, H. A Pilot Study of Femoropopliteal Artery Revascularisation with a Low Dose Paclitaxel Coated Balloon: Is Predilatation Necessary? / H. Schroeder, D.R. Meyer, B. Lux, [et al.] // *Eur J. Vasc Endovasc Surg*. – 2017. – Vol.54 (3). – P.348–355.
158. Sheiman, R.G. Thrombin injection for the repair of brachial artery pseudoaneurysms / R.G. Sheiman, D.P. Brophy, L.J. Perry // *AJR*. – 1999. – Vol.173. – P.1029–1030.
159. Shetty, A.S. An atypical outsized lateral circumflex femoral artery and its clinical implications / A.S. Shetty, S. Shetty, G. Rakesh, [et al.] // *JCDR*. – 2012. – Vol.6(7). – P.1284-1245.
160. Sidawy, A.N. Rutherford's Vascular Surgery and Endovascular Therapy, 2-Volume Set. 9th Ed. Philadelphia, PA / A.N. Sidawy, B.A. Perler // Elsevier. – 2019. – P.2211.
161. Silva, J.A. Percutaneous Profundaplasty in the Treatment of Lower Extremity Ischemia: Results of Longterm Surveillance / J.A. Silva, C.J. White, S.R. Ramee, [et al.] // *J. Endovasc. Ther.* – 2001. – Vol.8. – P.75–82.
162. Spoden, M. Amputation rates of the lower limb by amputation level – observational study using German national hospital discharge data from 2005 to 2015 / M. Spoden, U. Nimptsch, T. Mansky // *BMC HealthServ. Res.* – [Internet] – 2019.
163. Standard for diagnostic arteriography in adults: Standards of Practice Committee of the Society of Cardiovascular and Interventional Radiology. // *J. Vasc Interv Radiol.* – 1993. – Vol.4. – P.385 – 395.
164. Strandness, D.E. Functional results after revascularization of the profunda femoris artery / D.E. Strandness // *Am J. Surg.* – 1970. - Vol.119(3). – P.240-245.
165. Stone, P.A. Ten-year experience of vascular surgeon management of iatrogenic pseudoaneurysms: Do anticoagulant and or antiplatelet medications matter? / P.A.

- Stone, M. Martinez, S.N. Thompson, [et al.] // *Ann Vasc Surg.* – 2016. – Vol.30. – P.45–51.
166. Stoney, R.J. Discussion of David T.E., Dresner A.D.: Extended profundaplasty for limb salvage / R.J. Stoney // *Surgery.* – 1978. – Vol.84. – P.748.
167. Taurino, M. The Role of the Profundoplasty in the Modern Management of Patient with Peripheral Vascular Disease / M. Taurino, F. Persiani, R. Ficarelli, [et al.] // *Ann Vasc Surg.* – 2017. – Vol.45. – P.16-21.
168. Taylor, L.M. Extended profundaplasty. Indications and techniques with results of 46 procedures / L.M. Taylor, G.M. Baur, L.R. Eidemiller, [et al.] // *Am. J. Surg.* – 1981. – Vol.141. – P.539–543.
169. Tepe, G. Local delivery of paclitaxel to inhibit restenosis during angioplasty of the leg / G. Tepe, T. Zeller, T. Albrecht, [et al.] // *N Engl J. Med.* – 2008. – Vol.358(7). – P.689–699.
170. Tepe, G. Drug-coated balloon versus standard percutaneous transluminal angioplasty for the treatment of superficial femoral and popliteal peripheral artery disease: 12-month results from the IN.PACT SFA randomized trial / G. Tepe, J. Laird, P. Schneider, [et al.] // *Circulation.* – 2015. – Vol.131(5). – P.495–502.
171. Thomas, M.H. Doppler ultrasound in the functional assessment of extended deep femoral angioplasty / M.H. Thomas, C.R.G. Quick, L.T. Cotton, // *Br. J. Surg.* – 1977. - Vol. 64. – P.368-370.
172. Tisi, P.V. Surgery versus non-surgical treatment for femoral pseudoaneurysms / P.V. Tisi, M.J. Callam // *Cochrane Database Sys Rev.* – 2006. – Vol.1. – P.CD004981.
173. Toursarkissian, B. Spontaneous closure of selected iatrogenic pseudoaneurysms and arteriovenous fistulae / B. Toursarkissian, B.T. Allen, D. Petrinec, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 1997. – Vol.25. – P.803–808.
174. Trenner, M. EL-COVID collaborators. Vascular education through e-Learning / M. Trenner, N. Patelis, O. Bartos // *Vasa.* – 2022.

175. Tunis, S.R. The Use of Angioplasty Bypass Surgery, and Amputation in the Management of Peripheral Vascular Disease / S.R. Tunis, E.B. Bass, E.P. Steinberg // *N Engl J. Med.* – 1991. – Vol.325. – P.556.
176. Ugurluoglu, A. Ultrasound guided compression therapy in 134 patients with iatrogenic pseudoaneurysms: advantage of routine duplex ultrasound control of the puncture site following transfemoral catheterization / A. Ugurluoglu, R. Katzenschlager, R. Ahmadi, [et al.] // *Vasa.* – 1997. – Vol.26. – P.110–116.
177. van der Plas, J.P.L. Isolated Profundaplasty in Critical Limb Ischaemia--Still of Any Use? / J.P.L. van der Plas, J. van Dijk, J.H.M. Tordoir, [et al.] // *Eur. J. Vasc. Surg.* – 1993. - Vol.7. - P.54-58.
178. van Dongen, R.J.A.M. Die Profundarevascularisation; alte und neue Methoden / R.J.A.M. van Dongen, E.D. Schwilden // *Folia Angiol.* – 1974. – Vol.22. – P.222-230.
179. Varty, K. Percutaneous Angioplasty of the Profunda Femoris Artery: A Safe and Effective Endovascular Technique / K. Varty, N.J.M. London, D.A. Ratliff, [et al.] // *Eur. J. Vasc. Surg.* – 1993. – Vol.7. – P.483-487.
180. Vázquez, V. Human thrombin for treatment of pseudoaneurysms: comparison of bovine and human thrombin sonogram-guided injection / V. Vázquez, M. Reus, A. Piñero, [et al.] // *Am J. Roentgenol.* – 2005. – Vol.184(5). – P.1665–1671.
181. Waibel, P.P. Autogenous reconstruction of the deep femoral artery / P.P. Waibel // *J. Cardiovasc. Surg.* – 1966.- Vol.7. – P.179-181.
182. Waltman, A.C. Percutaneous transluminal angioplasty: iliac and deep femoral arteries / A.C. Waltman // *A.J.R.* 1980. – Vol.135. – P.921-925.
183. Watkinson, A.F. Complications of direct brachial artery puncture for arteriography: a comparison of techniques / A.F. Watkinson, G.G. Hartnell // *Clin Radiol.* – 1991. – Vol.44. – P.189-191.
184. Weber, R. Die Profunda Revascularisation / R. Weber, H.M. Becker, G. Baumann // *Thoraxchir. Vask. Chir.* – 1977. – Vol.25:3. – P.132–138.
185. Werk, M. Inhibition of restenosis in femoropopliteal arteries: paclitaxel-coated versus uncoated balloon: femoral paclitaxel randomized pilot trial / M. Werk, S.

- Langner, B. Reinkensmeier, [et al.] // *Circulation*. – 2008. – Vol.118(13). – P.1358–1365.
186. Werk, M. Paclitaxel-coated balloons reduce restenosis after femoro-popliteal angioplasty: evidence from the randomized PACIFIER trial / M. Werk, T. Albrecht, D.R. Meyer, [et al.] // *Circ Cardiovasc Interv*. 2012. – Vol.5(6). – P.831–840.
187. Yao, J.S.T. The first operation on the profunda femoris artery / J.S.T. Yao // *J. Vasc. Surg.* – 2010. – Vol.52. – P.1101-1102.
188. Ye, W. Early and late outcomes of percutaneous treatment of TransAtlantic Inter-Society Consensus class C and D aorto-iliac lesions / W. Ye, C.W. Liu, J.B. Ricco, [et al.] // *J. Vasc Surg.* – 2011. – Vol.53. – P.1728–1737.
189. Young, A.H. Abnormal Arrangement of the Branches of the Femoral Artery. Note on the Absence of the Profunda Femoris / A.H. Young // *J. Anatomy*. – 1879. – Vol.13(Pt 2). – P.154-156.
190. Yowmans, C.R. Transinguinal distal profunda femoris revascularization / C.R. Yowmans, J.W. Hopkins, J.R. Denich, // *Am J. Surg.* – 1969. – Vol.198. – P.909.
191. Zeebregts, C.J. Comments regarding ‘Endovascular Treatment of Profunda Femoris Artery Obstructive Disease: Nonsense or Useful Tool in Selected Cases?’ / C.J. Zeebregts, I.F.J. TielliuEur // *J. Vasc. Endovasc. Surg.* – 2010. – Vol.39. – P.314-315.
192. Zou, J. Hybrid endarterectomy and endovascular therapy in multilevel lower extremity arterial disease involving the femoral artery bifurcation / J. Zou, Y. Xia, H. Yang, [et al.] // *Int. Surg.* – 2012. – Vol.97. – P.56–64.