

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
ТРАНСПЛАНТОЛОГИИ И ИСКУССТВЕННЫХ ОРГАНОВ
ИМЕНИ АКАДЕМИКА В. И. ШУМАКОВА»

На правах рукописи

ЖАРИКОВ АНДРЕЙ АНДРЕЕВИЧ

**ПРОФИЛАКТИКА И КОРРЕКЦИЯ СОСУДИСТЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ
У РЕЦИПИЕНТОВ ПОЧКИ**

3.1.14 – трансплантология и искусственные органы

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
академик РАН,
доктор медицинских наук, профессор
СЕРГЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ ГОТЬЕ

Москва 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПАТОФИЗИОЛОГИИ НАРУШЕНИЙ КРОВотоКА В НЕФРОТРАНСПЛАНТАТЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИХ ПРОФИЛАКТИКЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)	12
1.1 Методы интраоперационного контроля функциональных параметров трансплантата почки	15
1.2 Методы артериальных реконструкций множественных сосудов почечного трансплантата.....	19
1.2.1 Реконструкция на этапе <i>back table</i>	20
1.2.2 Артериальная реконструкция в случае наличия двух артерий трансплантата почки	21
1.3 Ранние сосудистые осложнения у реципиентов почки	22
1.3.1 Тромбоз почечной артерии	24
1.3.2 Тромбоз почечной вены.....	26
1.3.3 Стеноз почечной артерии	28
1.4 Профилактика тромботических осложнений при трансплантации почки .	31
1.4.1 Терапия, направленная на ингибирование агрегации тромбоцитов...	32
1.4.2 Терапия, направленная на снижение свертываемости крови с использованием антикоагулянтов.....	33
1.5 Заключение	35
ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	36
2.1 Характеристика пациентов, включенных в исследование	36
2.2 Обследование пациентов, ожидающих трансплантацию почки	37
2.3 Техника трансплантации почки	38
2.4 Интраоперационная ультразвуковая флоуметрия почечного кровотока	41
2.4.1 Принцип работы и предоперационная калибровка аппарата	42
2.4.2 Выбор соответствующего размера датчика-зонда.....	44
2.4.3 Интраоперационное измерение кровотока	45
2.5 Ведение реципиентов почки в раннем послеоперационном периоде.....	47
2.6 Статистическая обработка результатов исследования	49

ГЛАВА 3 ПРОФИЛАКТИКА СОСУДИСТЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ У РЕЦИПИЕНТОВ ПОЧКИ	50
3.1 Сравнительная характеристика пациентов, включенных в исследование ...	50
3.2 Оценка результатов трансплантации почки без применения методики ультразвуковой флоуметрии.....	55
3.3 Анализ сосудистых осложнений в интра- и послеоперационном периоде..	59
3.4 Анализ показателей интраоперационной ультразвуковой флоуметрии в зависимости от типа донора и выполнения сосудистых реконструкций.....	62
ГЛАВА 4 ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА СОЗДАНИЯ СОСУДИСТЫХ АНАСТОМОЗОВ ИЛИ ВЫПОЛНЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРИ НАЛИЧИИ ДВУХ И БОЛЕЕ АРТЕРИЙ ТРАНСПЛАНТАТА ПОЧКИ	75
4.1 Сравнительный анализ клинических результатов трансплантации почки от живого родственного донора при наличии двух и более артерий трансплантата	76
4.2 Хирургическая техника формирования сосудистых анастомозов или артериальной реконструкции при наличии двух и более артерий трансплантата почки от живого родственного донора	80
4.3 Сравнительный анализ клинических результатов трансплантации почки от посмертного донора при наличии двух и более артерий трансплантата	85
4.4 Хирургическая техника формирования сосудистых анастомозов или артериальной реконструкции при наличии двух и более артерий трансплантата почки от посмертного донора	88
4.5 Алгоритм интраоперационной профилактики сосудистых осложнений у реципиентов почки	96
ОБСУЖДЕНИЕ	107
ВЫВОДЫ	117
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ	118
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	119
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	120

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования

Трансплантация почки рассматривается как наиболее эффективный и предпочтительный способ лечения пациентов с хронической болезнью почек пятой стадии [10]. Однако ранние сосудистые осложнения остаются одной из значимых причин развития отсроченной функции трансплантата, возникновения первично нефункционирующего трансплантата, а в некоторых случаях и его утраты. Такие последствия вынуждают пациентов возвращаться к заместительной почечной терапии (ЗПТ) и зачастую вновь ожидать трансплантации почки [15, 24, 72].

Частота встречаемости сосудистых осложнений при трансплантации почки, согласно данным различных исследований, составляет от 3 до 15 % [129]. Среди наиболее серьезных сосудистых осложнений выделяют стеноз, тромбоз артерии или вены трансплантата, которые могут приводить к нарушению функции и потере органа. Причинами возникновения таких осложнений могут служить артериальная гипотония как в процессе, так и после операции, сложные технические аспекты, связанные с формированием сосудистых анастомозов, анатомические вариации сосудов трансплантата, а также их повреждения, включая расслоение интимы и перегибы сосудов [21]. В ряде случаев сосудистые осложнения связаны с выраженными атеросклеротическими изменениями сосудистого русла реципиента или наличием аномалий в сосудистой системе донорского органа [169]. Эти осложнения требуют своевременной диагностики и коррекции, так как могут напрямую влиять на исход трансплантации.

Наличие двух и более почечных артерий встречается у 8–10 % потенциальных доноров почки [129], что ранее рассматривалось как относительное противопоказание к трансплантации, поскольку это повышало риск потери трансплантата. Трансплантат почки с несколькими сосудами, а также с поврежденными артериями или венами в процессе эксплантации, может быть успешно использован для трансплантации [26, 156]. Правильный выбор методики

реконструкций артерий при множественных сосудах позволяет значительно снизить частоту сосудистых и урологических осложнений, минимизировать риск дисфункции трансплантата в послеоперационном периоде, а также избежать чрезмерной тепловой и холодовой ишемии [69].

Интраоперационная оценка артериального кровотока в трансплантате почки с использованием ультразвуковой флоуметрии позволяет выявить возможные технические недостатки артериального анастомоза, провести количественную характеристику гемодинамики и, при необходимости, скорректировать артериальный кровоток непосредственно во время трансплантации. Кроме того, данные, полученные с помощью этого метода, дают возможность прогнозировать функциональное состояние трансплантата почки в раннем послеоперационном периоде [19, 102].

Степень разработанности темы исследования

Одним из перспективных методов профилактики сосудистых осложнений у реципиентов почки является интраоперационная оценка артериального кровотока в почечной артерии трансплантата. На сегодняшний день отсутствуют систематизированные данные в отечественной и зарубежной литературе, которые бы описывали стандартизированные подходы к применению данной техники, а также ее точное влияние на прогноз трансплантации. Это подчеркивает необходимость дальнейших исследований, направленных на изучение возможности внедрения интраоперационного мониторинга кровотока, его влияния на предупреждение сосудистых осложнений и улучшение результатов трансплантации почки. Необходимо также усовершенствовать и стандартизировать хирургические техники выполнения реконструкций, затрагивающих две и более артерий почечного трансплантата.

Работа выполнена в рамках государственного задания на осуществление научных исследований и разработок «Органозамещающие и реконструктивные операции на органах мочеполовой системы» (2021 – 2023 гг.).

Цель исследования

Улучшить результаты трансплантации почки путем создания алгоритма комплексного подхода к профилактике и коррекции сосудистых осложнений у реципиентов почки.

Задачи исследования

1. Оценить частоту развития сосудистых осложнений в раннем послеоперационном периоде у пациентов, перенесших трансплантацию почки с использованием интраоперационной оценки объемной скорости кровотока в почечной артерии методом ультразвуковой флоуметрии, и без его применения.
2. Определить пороговые значения объемной скорости кровотока и индекса пульсативности после реперфузии и после неоуретероцистоанастомоза, связанные с повышенным риском развития сосудистых осложнений в раннем послеоперационном периоде у реципиентов почки.
3. Сформулировать рекомендации по тактике формирования артериальных сосудистых анастомозов или выполнения артериальной реконструкции при наличии двух и более артерий трансплантата почки.
4. Разработать алгоритм профилактики и хирургической коррекции сосудистых осложнений у реципиентов почки.

Научная новизна

На основании анализа частоты возникновения сосудистых осложнений у реципиентов почечного трансплантата в раннем послеоперационном периоде разработаны критерии интраоперационной оценки адекватности скорости артериального кровотока в области сосудистых анастомозов трансплантированной почки. Для профилактики сосудистых осложнений в ближайшем послеоперационном периоде использован метод интраоперационной ультразвуковой флоуметрии.

Установлена взаимосвязь между количественными показателями артериального кровотока и риском неблагоприятных исходов как в ходе операции, так и в раннем послеоперационном периоде.

На основании полученных данных предложены оптимальные методы формирования сосудистых анастомозов при наличии вариаций в анатомическом строении сосудов, в том числе при множественных почечных артериях.

Кроме того, разработан алгоритм профилактики и коррекции сосудистых осложнений, таких как стеноз или тромбоз почечной артерии и вены трансплантата. Он включает оптимальные подходы к формированию сосудистых анастомозов, применение ультразвуковой флоуметрии интраоперационно, хирургическую коррекцию сформированного анастомоза почечного трансплантата, а также проведение эффективной антикоагуляционной терапии, направленной на предотвращение развития тромботических осложнений после трансплантации почки.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость исследования заключается в анализе патофизиологических механизмов, определяющих развитие сосудистых осложнений при родственной трансплантации почки и трансплантации почки от посмертного донора, как во время оперативного вмешательства, так и в раннем посттрансплантационном периоде.

Внедрение результатов научной работы в клиническую практику позволит сократить частоту развития сосудистых осложнений (сужение сосудистого анастомоза, расслоение артериальной стенки, флотацию интимы и снижение перфузии трансплантата почки) в раннем посттрансплантационном периоде за счет интраоперационной оценки адекватности скорости артериального кровотока в области сосудистых анастомозов трансплантированной почки с использованием метода интраоперационной ультразвуковой флоуметрии и выбора оптимального метода реконструкции сосудов при наличии двух и более почечных артерий.

Методология и методы исследования

В исследуемой работе представлен анализ реципиентов трансплантированной почки, оперированных с 2022 по 2023 год ($n = 285$). На основании проведенных исследований был выполнен статистический анализ клинических данных и результатов хирургического вмешательства, основывающийся на собранной в ходе исследования информации. Изучены результаты лабораторных и инструментальных методов исследования. На основе полученных статистических данных был проведен углубленный анализ клинических показателей и исходов трансплантации почек, выполненных как от живых родственных доноров, так и от доноров с диагнозом смерти мозга.

Обследование всех пациентов, принявших участие в данном исследовании, осуществлялось в федеральном государственном бюджетном учреждении «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБУ «НМИЦ ТИО им. ак. В.И. Шумакова» Минздрава России).

Основные положения, выносимые на защиту

1. Возникновение тромботических осложнений в артериях почечного трансплантата в раннем послеоперационном периоде, сопровождающееся нарушением функции трансплантата, связано с ухудшением гемодинамических параметров почечного артериального кровотока.

2. Использование метода интраоперационной ультразвуковой флоуметрии для оценки объемной скорости кровотока в почечной артерии обеспечивает возможность раннего выявления нарушений кровообращения в почечном трансплантате и проведения своевременной хирургической коррекции еще на этапе операции.

3. Рациональный выбор методики выполнения сосудистых анастомозов и артериальной реконструкции, особенно в случаях аномалий почечных артерий (например, при их множественности), играет ключевую роль в снижении частоты развития ранних сосудистых осложнений у пациентов после трансплантации почки.

4. Внедрение комплексного подхода к профилактике сосудистых осложнений, включающий использование интраоперационной ультразвуковой флоуметрии для мониторинга артериального кровотока в трансплантируемой почке, оптимизацию техники выполнения сосудистых анастомозов при наличии двух и более артерий трансплантата, а также применение антикоагулянтной терапии в послеоперационном периоде, существенно снижает риск возникновения данных осложнений.

Степень достоверности и апробация результатов

Достоверность и обоснованность полученных данных обеспечены четкой формулировкой задач исследования, репрезентативным объемом клинических наблюдений (285 реципиентов почечного трансплантата), систематическим и длительным наблюдением за пациентами, а также использованием комплекса клинико-лабораторных, инструментальных методов диагностики и современных статистических подходов к обработке данных.

Апробация диссертационного исследования была проведена 19 ноября 2024 года в рамках совместной конференции научных и клинических подразделений ФГБУ «НМИЦ ТИО им. ак. В.И. Шумакова» Минздрава России.

Основные результаты исследования были представлены на XII Всероссийском съезде трансплантологов (Москва, 2024 г.), 30-м Международном конгрессе Трансплантологического сообщества, TTS (Турция, Стамбул, 2024 г.).

Внедрение в практику

Результаты исследования были использованы в: хирургическом отделении № 1 ФГБУ «НМИЦ ТИО им. ак. В.И. Шумакова» Минздрава России, отделении пересадки почки и поджелудочной железы Государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-исследовательский институт скорой помощи имени Н.В. Склифосовского Департамента здравоохранения города Москвы», хирургическом отделении № 20 Государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Московский многопрофильный научно-клинический центр имени С.П. Боткина» Департамента здравоохранения города Москвы, в учебном процессе на кафедре трансплантологии и искусственных органов Института клинической медицины имени Н.В. Склифосовского Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет).

Личный вклад автора

Автор активно участвовал в разработке концепции исследования, формулировке его целей и задач. Лично участвовал в проведении хирургических операций по трансплантации почек, выявлению и устранению сосудистых осложнений, а также самостоятельно организовал процесс сбора материала для исследования. Кроме того, автор разработал базу данных, провел статистический анализ, а также осуществил интерпретацию полученных результатов на основе обработки данных.

Публикации

По теме диссертации опубликовано 17 научных работ, в том числе 6 статей в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий ФГБУ «НМИЦ ТИО им. ак. В.И. Шумакова» Минздрава России, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

Объем и структура работы

Содержание диссертации состоит из введения, обзора литературы, главы, которая посвящена материалам и методам исследования, двух глав собственных результатов исследования, а также обсуждения, выводов, практических рекомендаций и списка используемой литературы, содержащего 32 публикации отечественных и 172 публикации зарубежных авторов. Работа изложена на 143 страницах машинописного текста, иллюстрирована 40 рисунками, содержит 16 таблиц.

ГЛАВА 1 АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПАТОФИЗИОЛОГИИ НАРУШЕНИЙ КРОВОТОКА В НЕФРОТРАНСПЛАНТАТЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ИХ ПРОФИЛАКТИКЕ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Хроническая болезнь почки (ХБП) – социально значимое заболевание, характеризующееся повреждением структурно-функциональных единиц почек и снижением их функции в течение трех месяцев и более от момента дебюта патологического состояния. Патологические изменения при данной болезни необратимы и характеризуются медленным прогрессирующим течением вплоть до терминальной стадии, высоким риском осложнений и увеличением смертности, особенно от сердечно-сосудистых заболеваний [33, 41].

Исторический прогресс и развитие техники операции пересадки почки на протяжении последнего века тесно связаны с работами и исследованиями нескольких значительных хирургов, чье влияние остается актуальным и в нынешней клинической практике. Это исследования Алексиса Карреля, разработавшего методы работы с сосудистыми заплатами и сосудистыми анастомозами, которые заслужили Нобелевскую премию в 1912 г. «за признание работы по сосудистому шву и трансплантации кровеносных сосудов и органов» [38]. Большую значимость имеют работы Рене Кюсса по стандартизации хирургической техники трансплантации почки (ТП) в подвздошную ямку в 1951 г [71]. Первая успешная ТП между двумя однояйцевыми близнецами была выполнена Джозефом Эдвардом Мюрреем в 1954 г. в Массачусетском госпитале общего профиля в Бостоне, США (удостоен Нобелевской премии в 1990 г.) [173].

В мире количество трансплантаций почки растет как от посмертных, так и от живых доноров [128, 162]. К примеру, в США в 2021 г. количество ТП достигло рекордного уровня в 25487 трансплантаций; при этом растет и выживаемость трансплантатов [128]. В Германии в 2021 г. было проведено 1 929 успешных ТП [98]. В России в 2022 г. было выполнено 1562 трансплантации почки. Сравнивая с 2021 годом, количество проведенных трансплантаций возросло почти на 12,9 % [10].

Основным фактором, способствующим долговременному выживанию как реципиента трансплантированного органа, так и трансплантата, является своевременная диагностика, качественное лечение и меры по профилактике осложнений, связанных с ТП [98]. Вопросы профилактики и лечения осложнений у реципиентов почек становятся все более актуальными в связи с ежегодным ростом количества ТП как в России, так и за рубежом.

Главным параметром, регулирующим функцию почек, является их кровоснабжение. Перфузия – кровоток на уровне тканевого капиллярного русла, определяет доставку питательных веществ и кислорода к тканям. Почечная перфузия является ключевым фактором, определяющим клубочковую фильтрацию, и поэтому – центральным показателем мониторинга почечной функции [125]. Гипоксия и недостаточная доставка питательных веществ, которые приводят к атрофии канальцев, повреждению капилляров и интерстициальному фиброзу, были предложены как частые причины повреждения трансплантата [2, 70].

Результаты трансплантации почки зависят от индивидуальных факторов реципиента и донора, а также от проведения хирургической процедуры. Краткосрочные результаты, включая отсроченную функцию трансплантата и потерю трансплантата, больше зависят от процедур изъятия донорского органа и реперфузии, а также хирургических/технических факторов, чем от совместимости тканей и реакции отторжения [171].

Операционный мониторинг состояния трансплантата почки представляет собой один из ключевых этапов пересадки органа, направленный на сохранение его жизнеспособности, предотвращение возможных осложнений и обеспечение его полноценного функционирования в организме реципиента. Трансплантация почки является сложным и тонким хирургическим вмешательством, требующим внимательного контроля на всех стадиях, начиная с извлечения донорского органа, его транспортировки, последующей трансплантации и включая непрерывное наблюдение после операции.

Основная цель мониторинга заключается в оценке функционального состояния трансплантата на каждой из стадий хирургического процесса. Это

включает контроль жизнеспособности тканей, адекватного кровоснабжения, восстановления процессов фильтрации и своевременное выявление возможных осложнений. Учитывая значительные риски сосудистых, тромбоэмболических и реперфузионных нарушений во время хирургического вмешательства, систематическое наблюдение за состоянием трансплантата становится ключевым аспектом для достижения успеха процедуры трансплантации.

Современный подход включает использование прогрессивных методов диагностики, таких как ультразвуковая доплерография, оценка гемодинамических характеристик сосудов трансплантата, визуализация перфузионных процессов, а также анализ выделительной функции почки. Комплексное использование этих методов дает возможность на ранних стадиях обнаружить отклонения: нарушения кровообращения, ишемические процессы в тканях, отторжение органа или механические проблемы в области сосудистых анастомозов. Получение этих данных в ходе операции позволяет хирургу принимать грамотные решения и оперативно вносить необходимые коррективы, что существенно улучшает прогноз как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе.

Однако современные методики контроля состояния почечного трансплантата и его перфузии непосредственно в процессе реперфузии остаются ограниченными [55]. В большинстве случаев почечный кровоток рассматривается лишь в послеоперационном периоде с помощью стандартных методик, таких как доплеровское ультразвуковое исследование [3, 87]. Оценка качества выполнения артериальной реконструкции органа обычно основывается на субъективных наблюдениях хирурга. Однако даже самый опытный специалист не всегда способен с высокой точностью спрогнозировать функциональное состояние трансплантата, опираясь исключительно на визуальную оценку или доплерографию. Это подчеркивает необходимость внедрения более объективных и количественных методов оценки перфузии [12, 103], которые позволят получать более точную информацию о состоянии пересаженного органа.

Использование объективных методов оценки во время операции предоставляет возможность более точно анализировать функциональное состояние

почки и эффективность кровоснабжения. Эти данные позволяют надежно определить качество выполненной сосудистой реконструкции, своевременно выявлять технические ошибки и предрасположенность к осложнениям [23]. Главным преимуществом такого подхода является возможность немедленного исправления выявленных недостатков, что значительно снижает риск серьезных последствий и улучшает исход трансплантации.

1.1 Методы интраоперационного контроля функциональных параметров трансплантата почки

У пациентов с почечной недостаточностью существуют ограничения на применение методов визуализации, связанные с использованием контрастных веществ, отчасти из-за затруднений их количественного определения, так как они легко фильтруются почечными клубочками, а в основном – из-за побочных, токсичных эффектов [125]. По данным Комитета по безопасности контрастных материалов (Contrast Media Safety Committee (CMSC) Европейского общества урогенитальной радиологии, риск контраст-индуцированной нефропатии у пациентов с трансплантированной почкой не выше, чем у пациентов без трансплантации, однако рекомендуется проявлять осторожность. В клинической практике предполагается, что риск повреждения почек у пациентов с ХБП при применении внутривенного болюсного контрастирования высок [98]. Контрастные методы допустимо использовать для подтверждения проблем, выявленных с помощью ультразвукового исследования [98].

Ультразвуковая доплерография является методом выбора для оценки состояния сосудов трансплантата и выявления осложнений в ранний послеоперационный период, позволяя определять максимальную скорость кровотока в артерии трансплантата, профили внутривисочечного кровотока и индекс пульсативности (разница пиковой систолической и диастолической скорости, деленная на пиковую систолическую скорость) внутривисочечных артерий [98]. Значения индекса пульсативности, измеренные в сегментарных

артериях почечного трансплантата в послеоперационном периоде, коррелируют с функцией трансплантата [155, 166].

Во время операций трансплантации почки ультразвуковую доплерографию проводят с начала 1990-х гг., что позволяет визуализировать и оценивать почечную перфузию и целостность крупных сосудов почек, включая аномалии анастомозов. В 2022 г. был опубликован систематический обзор, выполненный с целью оценки взаимосвязи применения ультразвуковой доплерографии с хирургическими результатами и ранней функцией трансплантата [171].

Hoff M. и соавт. сообщают об успешном использовании интраоперационной доплерографии при принятии хирургического решения по поводу ТП с двумя венами трансплантата. Ультразвуковая доплерография показала наличие обратного кровотока в диастолу, после чего удалось выполнить анастомоз нижней полой почечной вены с наружной подвздошной веной без нарушения перфузии почки [43].

Lisik W. и соавт. оценивали степень ишемии/реперфузии органа при трансплантации с целью адаптации иммуносупрессивной терапии к потребностям поврежденного органа. Они оценивали корреляции между общим и паренхиматозным кровотоком в пересаженной почке ($n = 71$) или печени ($n = 15$) вскоре после реваскуляризации дважды с интервалом от 5 до 60 мин. Общий кровоток в почечной артерии у реципиентов почки или в печеночной артерии и воротной вене у реципиентов печени измеряли с помощью электромагнитного расходомера. Паренхиматозный кровоток в трансплантате оценивали с помощью лазерно-доплеровской флоуметрии. Ни общий почечный кровоток, ни сосудистое сопротивление, рассчитанное по разнице между средним артериальным давлением и центральным венозным давлением, не отличались между группами пациентов с немедленной либо отсроченной функцией трансплантированной почки. Но паренхиматозный кровоток был значительно ниже в группе отсроченной функции трансплантата, и эта разница росла со временем.

При трансплантации печени была выявлена связь между печеночным артериальным кровотоком и жизнеспособностью и ранней функцией трансплантата [100].

При трансплантациях и других оперативных вмешательствах, требующих контроля проходимости сосудистых графтов, в частности в кардиохирургии, используется несколько методов [1, 51].

Ультразвуковая доплерография применяется в двух вариантах. Один из них – чреспищеводная эхокардиография, с помощью которой удастся оценить состояние сердечного трансплантата почти в 90 % случаев, и послеоперационные результаты в целом хорошо коррелируют с результатами оценки [51, 184]. Эходопплеркардиография с использованием высокочастотных звуковых волн по одним данным позволяет оценить проходимость анастомозированного шунта с высокой специфичностью и чувствительностью [4]. По другим данным, этот метод уступает ангиографии для выявления шунтов, требующих ревизии.

Рентгенконтрастная ангио-шунтография считается золотым стандартом исследования для оценки качества трансплантата во время операции аортокоронарного шунтирования [51]. Однако метод имеет недостатки – инвазивность, высокая стоимость, техническая сложность, лучевая нагрузка, развитие нежелательных побочных реакций [18].

Метод интраоперационной флуоресцентной визуализации (ангиографии) индоцианином зеленым менее инвазивен по сравнению с катетерной ангиографией. Этот краситель лимфо- и вазотропен – он связывается с внутрисосудистыми белками и стимулирует флуоресценцию на длине волны 830 нм; длина волны возбуждения – 806 нм. В результате компилируются изображения трансплантатов, анастомозов и нативных сосудов. Однако результаты использования этого метода на практике неоднозначны [51].

Интраоперационная ультразвуковая флоуметрия (transit-time flow measurement, TTFM) – метод, основанный на определении времени потока крови через шунт [17, 18, 51, 182, 185]. Впервые метод был использован для контроля качества при аортокоронарном шунтировании в 1998 г. Сейчас

интраоперационная ультразвуковая флоуметрия рекомендуется к использованию для интраоперационной оценки качества ESC/EACTS по реваскуляризации миокарда от 2018 г [203].

При флоуметрии определяют такие параметры, как средняя объемная скорость кровотока, индекс пульсации и процент диастолического объемного наполнения [17, 18, 182]. Эффективным показателем потока по венозному или артериальному шунту и показателем качества анастомоза является индекс пульсации, который рассчитывается как разность максимальной и минимальной скоростей потока, деленная на среднюю скорость потока. Индекс пульсации выражается в абсолютных числах и представляет собой оценку сопротивления потоку в пересаженном графте. Приемлемыми показателями являются значения от 1 до 3; более высокие цифры отражают увеличение сопротивления потоку, например, в результате стеноза или тромбоза шунта [16, 18, 25, 182].

Средняя объемная скорость кровотока не обязательно является хорошим критерием качества анастомоза, она зависит от слишком многих параметров, таких как вязкость крови, сопротивление, размер нативной артерии, размер и качество трансплантата, спазм в трансплантате и т. п. [18, 182]. Процент диастолического объемного наполнения представляет собой долю потока, направленного обратно в трансплантат через анастомоз в течение 1 сердечного цикла [18, 182].

Одним из преимуществ интраоперационной ультразвуковой флоуметрии перед доплеровской технологией является то, что при использовании TTFM не требуется калибровка; зонды готовы к измерению в любое время; измерения не зависят от угла между зондом и сосудом, сечения сосуда и уровня гематокрита. Одним из ограничений интраоперационной ультразвуковой флоуметрии является то, что она дает только функциональную, но не анатомическую информацию [22].

Недавний систематический обзор данных об использовании интраоперационной ультразвуковой флоуметрии и других методов контроля качества аортокоронарного шунтирования подтвердил связь между показаниями TTFM, проходимостью графта и послеоперационными клиническими исходами.

Хотя использование интраоперационной ультразвуковой флоуметрии увеличивает продолжительность и стоимость операции, а также требует обучения, соотношение затрат и результатов кажется благоприятным, учитывая потенциальные последствия дисфункции и потери трансплантата [182].

Кроме эффективности интраоперационного измерения кровотока при помощи флоуметрии для контроля проходимости сосудистых анастомозов и для оценки технических проблем реконструкции почечной артерии, сообщалось о корреляции интраоперационных данных флоуметрии с функцией трансплантата [78, 100, 102, 111, 178].

В настоящее время не хватает стандартных или номинальных кривых и значений потока для различных типов трансплантатов и реваскуляризированных сосудов. Таким образом, интерпретация кривых потока и результатов интраоперационной ультразвуковой флоуметрии требует определенного опыта работы с прибором и определения референтных параметров кровотока, а также прогностической значимости данного исследования.

1.2 Методы артериальных реконструкций множественных сосудов почечного трансплантата

Анатомические вариации сосудов почек считаются одной из наиболее распространенных сосудистых аномалий – как артериальных, так и венозных, они встречаются примерно у 35 и 18 % людей соответственно [44]. Количество «односторонних» добавочных артерий варьирует от 3 до 30 %, и в 10 % случаев дополнительные артерии выявляются с обеих сторон. Добавочные вены чаще бывают с правой стороны (16,6 %), чем с левой (2,1 %) [44]. Распространенность сосудистых вариаций зависит от этнической принадлежности, варьируя в пределах от 4 до 61,5 % для почечных артерий и от 8 до 38,8 % для почечных вен [44]. Так, у доноров почек из Нигерии добавочные почечные артерии выявлялись в 50 % случаев [46].

Аномалии почечной вены обычно связаны с неправильным эмбриологическим развитием нижней полой вены. Ретроаортальная почечная вена и двойная нижняя полая вена также являются возможными анатомическими аномалиями [30, 31, 73].

Аневризма почечной артерии трансплантата определяется как расширенный участок почечной артерии, диаметр которого превышает нормальный более чем в два раза. Такая аневризма может иметь различные формы, включая мешковидную, веретенообразную или расслаивающуюся. Это редкое состояние с распространенностью около 1% [76], и его можно обнаружить во время обследования живого донора или при эксплантации у посмертного донора. Наличие аневризмы почечной артерии не должно служить поводом для отказа от трансплантата, но требует исчерпывающей оценки расположения ветвей и возможности их реконструкции, так как от этого будет зависеть жизнеспособность трансплантата. Хирургическое восстановление идет от простой резекции до сложных реконструкций, требующих сосудистых донорских кондуитов и/или множественных анастомозов. Успешные результаты лечения аневризм почечной артерии были зафиксированы не только при трансплантации от живого донора [61], но также и в случаях аутоотрансплантации, проведенной после нефрэктомии, осуществленной у живого донора.

1.2.1 Реконструкция на этане back table

Основной целью хирургического вмешательства, связанного с предварительной обработкой трансплантата почки, является успешная реваскуляризация; однако это не является единственной причиной такого подхода. Как установлено в масштабном когортном исследовании Eurotransplant, охватывающем 13 964 случаев трансплантации, продолжительность выполнения анастомоза имеет негативное воздействие на выживаемость трансплантата, особенно в тех случаях, когда она превышает 45 минут [177]. Этот эффект более актуален у доноров после сердечной смерти, и здесь справедливо утверждение

«чем быстрее, тем лучше». Чем лучше будут подготовлены сосуды перед операцией по трансплантации, тем меньше времени потребуется для выполнения сосудистого анастомоза, и меньше будет время тепловой ишемии.

Выполнять предварительную обработку трансплантата оптимально параллельно хирургическому доступу, но чаще всего этот этап выполняется до того, как реципиент подается на операционный стол, так как это позволяет избежать «опасных» находок – к примеру, если во время эксплантации произошло повреждение трансплантата или в случае наличия аномалий его строения и развития, и прогноз реконструкции неоднозначен [32].

1.2.2 Артериальная реконструкция в случае наличия двух артерий трансплантата почки

Различные методы используются для реваскуляризации нескольких артерий в зависимости от анатомических особенностей, состояния реципиента, а также предпочтений хирурга или установленных правил учреждения [95].

В целом, реконструкция трансплантата, обладающего двумя артериями, будет всегда зависеть от длины каждой артериальной ветви, ее калибра, анатомического расположения и объема кровоснабжения в почечном трансплантате. Очень мелкие полюсные или добавочные артерии, главным образом в верхнем полюсе, могут быть лигированы, если они, допустим, были повреждены во время извлечения [95].

В случае, если одна артерия значительно меньше другой, меньшая артерия может быть анастомозирована с большей артерией трансплантата [96, 118]. Надо учитывать, что вариант имплантации каждой артерии трансплантата с подвздошными артериями реципиента приводит к увеличению времени тепловой ишемии [118]. Вопрос о наилучшем реконструктивном варианте для ситуации, когда одна артерия значительно меньше другой, остается спорным [118].

В случае необходимости восстановления двух почечных артерий, которые имеют одинаковую длину и диаметр, можно прибегнуть к объединению двух анастомозов в одном месте для создания единого соустья. Это может быть

осуществлено при помощи обычного анастомоза «конец в бок» с наружной подвздошной или внутренней подвздошно-подчревной артерией. Иногда калибр каждой артерии достаточен, чтобы анастомозировать их независимо друг от друга – одну с наружной подвздошной, а другую с внутренней подвздошной артерией [95, 118, 189].

Анастомоз внутренней подвздошной артерии с артерией почечного трансплантата по типу «конец в конец» в настоящее время рутинно не выполняется, так как он обычно более подвержен атеросклерозу и имеет более высокие показатели стеноза и эректильной дисфункции [189]. Иногда две близко расположенные почечные артерии могут быть анастомозированы непосредственно на аортальной площадке.

Отдельной сложной задачей является пересадка «маргинальных» трансплантатов с множественными артериями реципиентам с патологически измененными артериями. Так была произведена ТП с четырьмя артериями и двумя венами реципиенту с двусторонним тяжелым атероматозом подвздошных артерий с использованием реконструкции подвздошной артерии донора как общего ствола для четырех почечных артерий [97].

Кроме того, в последние годы растет использование трансплантатов с множественными сосудами от доноров с расширенными критериями, что также требует проведения более сложных процедур сосудистой хирургии [142].

1.3 Ранние сосудистые осложнения у реципиентов почки

Осложнения, возникающие в послеоперационный период и имеющие место как в ранние, так и поздние сроки, классифицируются как сосудистые и несосудистые и встречаются у 12–20 % пациентов [79, 98]. Общие несосудистые осложнения включают обструкцию и непроходимость мочеточника, скопление жидкости в области трансплантата, гематомы, абсцессы, лимфоцеле и отторжение трансплантата [98].

Сосудистые осложнения, согласно данным литературы, встречаются в среднем у 3–15 % реципиентов почки, а частота потери трансплантата у таких пациентов варьируется от 12,6 до 66,7 % [98, 152, 200] (Таблица 1).

Таблица 1 – Данные зарубежных авторов о частоте, видах сосудистых осложнений после трансплантации почки

Опыт	Частота сосудистых осложнений	Вид	Автор
1 367 трансплантаций почки	4,2 % (38 осложнений, приведших к потере трансплантата)	19 стенозов почечных артерий трансплантата, в большинстве случаев успешно скорректированы	Dimitroulis и соавт.
1 500 реципиентов почечного трансплантата	8,8 %		Salehipour и соавт.
55 реципиентов почечного трансплантата	37 % (20 случаев)		Safa и соавт.
1 843 случая трансплантации почки за длительный период, начиная с 1975 г.	2,55 %	Стеноз почечной артерии – 0,7 %, тромбоз почечной артерии – 0,2 %, тромбоз почечной вены – 0,1 %, перегиб почечной артерии/ вены – по 0,3%, повреждение почечных артерий – 0,2%, разрывы почечных вен – 0,2 %. Артериовенозные фистулы и лимфоцеле по 0,05%	Aktas и соавт.
2 594 трансплантации почки (1975 по 2017 гг.)	Сообщили о сосудистых осложнениях у 2,1 %	Стеноз почечной артерии – 0,6 %, тромбоз почечной артерии – 0,4 %, тромбоз почечной вены – 0,2 %, перегиб почечной артерии – 0,3 %, перегиба почечной вены – 0,5 %. Расслоение наружной подвздошной артерии – 0,01 %, разрывы почечных артерий/вен – 0,01 % / 0,2 %	Ayvazoglu и соавт.
1945 реципиентов почечного трансплантата от от живых родственных доноров	1,29 %		Srivastava и соавт.
Ретроспективный анализ 2 304 операций по ТП (2015 по 2022 гг.)	2,34 %	Стеноз почечной артерии – 67 %, диссекция наружной подвздошной артерии – 0,9 %, разрыв почечной артерии – 0,7 %, тромбоз почечной вены – 0,6 %, тромбоз почечной артерии – 0,4 %, расслоение почечной артерии – 0,02 %, псевдоаневризмы почечной артерии/ внутренней подвздошной артерии по 0,02 %, перегиб почечной артерии – 0,02 %	Zhang и соавт.

В работе Guillaume A. и соавт. из 707 трансплантаций почки 28 (3,96 %) трансплантэктомий были выполнены в первый месяц после ТП, и среди них 86 % трансплантэктомий были связаны с сосудистыми осложнениями [159].

Ранние сосудистые осложнения включают в себя тромбозы артерий и вен, расслоение артерии, повреждения сосудов (порезы и разрывы), артериовенозные фистулы, псевдоаневризмы, гематомы. Более поздние – стеноз или перегиб почечной артерии и реже почечной вены, а также внешнюю компрессию вследствие наличия скоплений жидкости вокруг трансплантата [98, 152]. Наиболее частыми являются артериальные стенозы (3–12,5 %), за ними следуют артериальные и венозные тромбозы (0,1–8,2 %) и расслоение сосудистой стенки (0,1 %). Реже возникают артериовенозные свищи или псевдоаневризмы [98].

1.3.1 Тромбоз почечной артерии

Тромбоз почечной артерии (ПА) транспантированной почки является основной причиной потери трансплантата в раннем посттрансплантационном периоде. Это редкое осложнение, зарегистрированная частота которого варьирует от 0,2 до 3,5% [91].

Чаще всего тромбоз ПА развивается в раннем послеоперационном периоде (в течение нескольких минут или часов) и может возникнуть в результате сверхострого отторжения, окклюзии анастомоза, стеноза почечной артерии трансплантата, перегиба почечной артерии, состояния гиперкоагуляции [75, 90]. В первые часы после операции тромбоз почечной артерии чаще проявляется только внезапным снижением или прекращением диуреза и повышением уровня креатинина плазмы [91]. Также клинические признаки тромбоза включают проявления гипертензии, боль в месте расположения трансплантата, которая может проявляться в результате раздражения, отека и воспаления брюшины [90].

Для своевременной диагностики требуются дополнительные методы, например, Srivastava A. и соавт. предлагают цветное доплеровское картирование для дифференциальной диагностики от острого отторжения или острого

тубулярного некроза [195]. Катетерная и магнитно-резонансная ангиография являются основными методами подтверждения диагноза, демонстрирующими снижение или отсутствие кровотока к трансплантату, но ангиография может быть неосуществима в неотложных ситуациях [90, 199]. Стандартным методом считают скрининговое ультразвуковое исследование трансплантата с дуплексным сканированием [153].

При полной закупорке артерий в результате тромбоза может произойти потеря трансплантата. Однако, когда тромбоз не затрагивает основной ствол почечной артерии, а только мелкие дистальные ветви, исход может быть благоприятным [27]. Если пораженная артерия является нижней полюсной ветвью, это может спровоцировать ишемию мочеточника, последующий некроз мочеточника и мочево́й затек.

В случае тромбоза ПА единственный шанс спасти трансплантированную почку – неотложная хирургическая помощь [90, 91]. Обычно выполняется тромбэктомия с восстановлением анастомоза. Роль интервенционного лечения при тромбозе артерии трансплантата еще четко не определена, но сообщалось о нескольких успешных случаях катетер-направленного тромболизиса с чрескожной ангиопластикой или без нее и/или установки стента.

Ayvazoglu E.H. и соавт. сообщают, что в 8 случаях тромбоза почечной артерии у 5 пациентов была проведена тромбэктомия с восстановлением анастомоза и у 3 – чрескожная транслюминальная ангиопластика, тромболизис и установка стента [197].

Harraz A.M. и соавт. проанализировали случаи сосудистых катастроф – тромбоза почечной артерии (19) и почечной вены (4), которые составили 23 случая (1 %) из 2 208 случаев ТП от живого донора за период с 1976 по 2011 гг. У 12 пациентов с ТПА (63 %) трансплантат был сохранен путем проведения открытой реваскуляризации. Важнейшими этапами их оперативной стратегии были обеспечение контроля сосудов, ревизия артериального анастомоза, извлечение тромба и перфузия трансплантата консервирующим раствором, гепаринизированным физиологическим раствором и сосудорасширяющими

средствами с удалением перфузата через венотомию с последующим реанастомозированием [161].

Aktas S. и соавт. сообщили о 3 случаях спасения почечных трансплантатов с тромбозом почечной артерии с помощью тромбэктомии и формирования нового анастомоза. Двум другим пациентам с тромбозом почечной артерии провели чрескожную транслюминальную ангиопластику, тромболизис и установку стента [42].

Rouviere O. и соавт. сообщили об успешной реваскуляризации трех из четырех трансплантированных почек с тромбозом почечной артерии с помощью катетерного тромболизиса. Они пришли к выводу, что управляемый тромболизис может быть эффективен в течение 24 часов после начала артериального тромбоза [37]. При этом катетерное введение тромболитиков не рекомендуется в течение первых 10–14 дней после трансплантации из-за высокого риска послеоперационного кровотечения.

1.3.2 Тромбоз почечной вены

Тромбоз почечной вены (ПВ) является одним из основных сосудистых осложнений после ТП и одной из наиболее важных причин немедленной потери трансплантата [140]. Частота раннего посттрансплантационного тромбоза почечных вен оценивается по разным данным в пределах от 0,1 % до 5,5 % [117], от 0,3 до 4,2 % [139], 0,14 % [91]. Обычно тромбоз ПВ развивается в течение первых 5 дней после операции с пиком заболеваемости в течение первых 48 часов, хотя бывают случаи отсроченного тромбоза ПВ, возникающие после первой послеоперационной недели [90].

Распространенными причинами тромбоза ПВ являются анатомические аномалии или технические проблемы во время операции [140], в том числе перекручивание вены трансплантата, повреждение эндотелия сосудов во время хирургических манипуляций или во время предварительной обработки трансплантата [66, 130]. Также в качестве непосредственных причин тромбоза (

называют внешней компрессию, вызванную гематомой или скоплением жидкости вокруг трансплантата [75].

Технические проблемы часто бывают при трансплантации правой почки из-за короткой и тонкостенной почечной вены [66, 130]. С другой стороны, Natour А. К. и соавт. сообщают, что сторона трансплантации почки не связана с частотой развития тромбоза ПВ трансплантата [160]. Удлинение правой почечной вены за счет участка нижней поллой вены или гонадной вены при трансплантации правой почки от посмертного донора позволяет избежать технических трудностей при формировании анастомоза, и это, по-видимому, является основной причиной низкой частоты тромбоза ПВ в последние годы [170].

Более высокие дозы циклоспорина, распространенные в первые годы его применения, также связаны с более высокой частотой венозных тромбозов. Другой важной причиной являются состояния гиперкоагулопатии, такие как дефицит антитромбина III, протеина С или протеина S [34].

Клинически обычно проявляется значительным увеличением размеров и плотности трансплантата, болью или дискомфортом в области трансплантата, нарастанием гематурии на фоне быстро снижающегося диуреза, протеинурией, дисфункцией трансплантата, олигурией или анурией [190]. Косвенными признаками служат ипсилатеральные отеки нижних конечностей, субфебрильная температура и в тяжелых случаях – массивное кровоизлияние в забрюшинное пространство.

Основным методом диагностики тромбоза ПВ является цветное доплеровское картирование, при котором определяется отсутствие кровотока в почечной вене, набухший трансплантат и аномальный артериальный сигнал с платообразным обратным диастолическим потоком [90, 117, 195]. Также можно определить потерю кортико-медуллярной дифференцировки и наличие паранефральной жидкости [90]. Магнитно-резонансная или компьютерно-томографическая венография является более точной, но менее часто используемой процедурой в качестве рутинного метода оценки [117, 195].

При выявлении тромбоза ПВ практически всегда требуется хирургическое вмешательство. По данным L. Cambou и соавт., венозный тромбоз был причиной потери трансплантата в 86,4 % случаев, при этом только интраоперационный тромбоз был связан с лучшей выживаемостью трансплантата (63,5 %), что, вероятно, связано с возможностью немедленного принятия мер. В случае оперативного вмешательства трансплантат подвергается новым ишемически-реперфузионным поражениям с последствиями в виде задержки восстановления функции и отторжения [117].

По данным Harraz A. M. и соавт., 2 случая тромбоза почечной вены были разрешены с помощью чрескожной катетерной тромболитической терапии и 1 – путем тромбэктомии и реваскуляризации [161].

По данным Lerman M. и соавт., при немедленном вмешательстве, обычно в течение 1 часа после начала тромбоза, можно спасти трансплантат. Lerman M. и соавт. сообщают о случае, когда трансплантат был сохранен после открытой тромбэктомии и реимплантации почки [140].

Ранний тромбоз ПВ имеет плохой прогноз. Имеющиеся данные говорят о том, что интраоперационный мониторинг сосудистых осложнений крайне важен для успеха трансплантации в случае развития интраоперационного тромбоза почечной вены. Кроме того, скрининг протромботических состояний у потенциальных реципиентов почки с факторами риска тромбоза и оправданное использование периоперационной антикоагулянтной терапии являются важными стратегиями предотвращения образования тромбов.

1.3.3 Стеноз почечной артерии

Частота стеноза почечной артерии (ПА) трансплантата варьирует от 1 до 23 % [186]. Стеноз почечной артерии является наиболее частым сосудистым осложнением ТП [42, 75, 197]. Широкий диапазон заболеваемости объясняют отсутствием единообразия в определении состояния и различными методами

визуализации, используемыми для постановки диагноза [106]. По другим данным, стеноз ПА поражает около 3 % всех почечных трансплантатов [90].

Стеноз ПА является потенциально обратимой причиной рефрактерной посттрансплантационной гипертензии, при которой сужение ПА трансплантата препятствует кровотоку и приводит к почечной гипоперфузии [186]. Обычно стеноз ПА диагностируют между тремя месяцами и двумя годами после трансплантации, но возможны ранние или поздние проявления [183]. Это осложнение следует заподозрить у посттрансплантационных пациентов с рефрактерной к лечению артериальной гипертензией, ухудшением состояния, повышением уровня креатинина или снижением функции трансплантата и уменьшением объема мочи [74, 90]. Иногда клинически бессимптомные стенозы случайно обнаруживаются при ультразвуковом исследовании, проводимом в целях рутинного наблюдения за трансплантатом.

Большинство случаев стеноза ПА склонны к прогрессированию, которое ведет к потере трансплантата, поэтому важна ранняя и точная диагностика этого состояния [183]. Цифровая субтракционная ангиография считается золотым стандартом визуализации для диагностики стеноза ПА, но это инвазивный инструмент, требующий использования нефротоксичных контрастных веществ.

Также используется компьютерная томографическая ангиография и магнитно-резонансная ангиография с контрастом [183], но предпочтительнее в качестве начального выбора визуализации ультразвуковая доплерография из-за ее доступности и неинвазивности [90]. Признаки стеноза ПА трансплантата видны в месте сужения и включают повышенную пиковую систолическую скорость, ее аномальное соотношение в главной почечной артерии по отношению к вышестоящей подвздошной артерии и наличие элайзинг-эффекта из-за турбулентности. Пиковая систолическая скорость 340–400 см/с в месте анастомоза считается надежным критерием стеноза ПА трансплантата – впрочем, ее следует рассматривать в контексте других показателей [90].

После установления диагноза при гемодинамически значимом стенозе производится миниинвазивное или открытое хирургическое вмешательство [74, 90]. Терапией первой линии являются эндоваскулярные методы, включая чрескожную транслюминальную ангиопластику и установку стента. В рефрактерных случаях, при сложных анатомических особенностях или ранний послеоперационный срок следует выбрать открытое хирургическое вмешательство [9, 90].

В более ранних работах показано, что после эндоваскулярного вмешательства функция почек нормализовалась у 85–93 %, а артериальное давление – у 63–83 % пациентов. Риск рецидива колебался от 10 до 33 %, но был меньше при сочетании ангиопластики со стентированием [199].

Это подтверждается метаанализом, проведенным Ngo А.Т. и соавт., где они отметили более высокие показатели проходимости при установке стента по сравнению с одной ангиопластикой (90,4 % против 73 %) [35]. Также для лечения стеноза ПА успешно применялись баллоны и стенты с лекарственным покрытием [164, 203]. Результаты недавнего систематического обзора также показали, что эндоваскулярное лечение стеноза почечной артерии улучшает сохранность трансплантата, функцию почек и гемодинамические параметры [84].

Сосудистые осложнения являются относительно распространенной и только примерно в четверти случаев излечимой причиной отторжения трансплантата [79, 98]. Возможности и результаты лечения сосудистых осложнений нельзя считать удовлетворительными, частота потери трансплантированной почки при их наличии высока [75]. Тромбоз почечного трансплантата является причиной до 45 % ранней потери трансплантата [75, 91, 137].

При лечении сосудистых осложнений у реципиентов почек, как правило, результаты лечения зависят от того, в какое время была проведена диагностика [75, 197]. Но до настоящего времени не решен вопрос о методах профилактики и диагностики при лечении сосудистой патологии, которая имеет место быть.

1.4 Профилактика тромботических осложнений при трансплантации почки

Для успеха профилактики тромботических осложнений при ТП крайне важно быстрое выявление проблем, поскольку варианты лечения ограничены мероприятиями неотложной хирургии и попытками тромбэктомии. Профилактическая антитромботическая терапия в периоперационном периоде ТП представляется оправданной, хотя установленных протоколов на сегодняшний день не существует [48]. Основные общие рекомендации по профилактике тромбоза касаются только венозной тромбоземболии и не касаются конкретных проблем тромбоза в местах хирургического вмешательства [40]. В рекомендациях Европейской ассоциации урологов не рекомендуется применять нефракционированный или низкомолекулярный гепарин в качестве профилактической меры у реципиентов трансплантатов от живого донора, если у них наблюдается низкий уровень риска [79].

Пациенты с поздними стадиями ХБП имеют хрупкий баланс между риском тромбоземболических осложнений и кровотечений, и при необходимости проведения в антикоагулянтной терапии возникает ряд трудностей. Из-за изменений в системе гемостаза и множества сопутствующих факторов пациенты с ХБП/ТХБП часто не включаются в клинические испытания, изучающие эффект антикоагулянтной терапии [139].

В результате анализа открытых источников и исследований достоверных данных для формулирования научно обоснованных рекомендаций относительно периоперационной антитромботической терапии практически нет [99]. В разных медицинских центрах применяется спектр собственных протоколов периоперационной антитромботической терапии и послеоперационной тромбопрофилактики [48].

1.4.1 Терапия, направленная на ингибирование агрегации тромбоцитов

У пациентов с ХБП профилактику тромбозов в основном проводят с помощью ацетилсалициловой кислоты, ее производного карбазалата кальция и ингибиторов P2Y, таких как клопидогрел и тикагрелор [139].

Некоторые пациенты получают двойную антитромбоцитарную терапию; в этом случае большинство центров прекращают одну из них перед трансплантацией, но обычно продолжают монотерапию антиагрегантами [48].

При этом Hernandez D. и соавт. сообщили о 6 % увеличении геморрагических осложнений у пациентов, получающих антитромбоцитарную терапию, но подчеркнули важность дополнительных факторов риска, таких как сложные оперативные вмешательства [156].

T.A.J. van den Berg и соавт. проанализировали данные двух тысяч реципиентов почечного трансплантата и не обнаружили повышенного риска кровотечения при проведении интраоперационной гепариновой и антитромбоцитарной терапии [137]. Как упоминалось выше, при решении вопроса о продолжении антитромбоцитарной терапии необходимо сопоставлять риски кровотечений с другими факторами риска, такими как существующие сердечно-сосудистые заболевания [137].

В систематическом обзоре всех доступных исследований случаев антикоагулянтной и/или антитромбоцитарной профилактики тромбоза при ТП оценили частоту тромбоза трансплантата у реципиентов, получавших антикоагулянты или антиагреганты. Тромбоз трансплантата возник у 7,24 % пациентов, не получавших терапии, по сравнению с 3,38 %, 1,2 % и 0,47 % пациентов, получавших антикоагулянты, аспирин или аспирин в сочетании с антикоагулянтами соответственно. Выяснилось, что применение аспирина после ТП снижает частоту тромбоза трансплантата, правда, при приеме антикоагулянтов было выявлено повышение частоты геморрагических осложнений [36].

1.4.2 Терапия, направленная на снижение свертываемости крови с использованием антикоагулянтов

Применяемые при ТП антикоагулянты можно условно разделить на 3 группы: гепарины, антагонисты витамина К (АВК, кумарины, включая варфарин) и прямые пероральные антикоагулянты, среди которых выделяют прямые ингибиторы фактора Ха и прямые ингибиторы тромбина (фактор IIa). Варфарин остается терапией первой линии при терминальной стадии почечной недостаточности, хотя в этих случаях решение о применении или неиспользовании антикоагулянтов принимается строго индивидуально [53].

Гепарины (в том числе низкомолекулярные) используются центрами трансплантологии для предотвращения раннего тромбоза трансплантата; другие антикоагулянты или антитромбоцитарные препараты часто используются профилактически по другим показаниям, но также могут способствовать предотвращению раннего тромбоза трансплантата [48].

Гепарин представляет собой гликозаминогликан, который вырабатывается в организме всех позвоночных. Гепарин был открыт в 1916 г., а его клиническое применение было разработано Гордоном Мюрреем и Чарльзом Бестом примерно в конце 1930-х гг [121]. Уже тогда Мюррей Г. исследовал его применение для предотвращения раннего тромбоза трансплантата.

Существуют две формы современных препаратов гепарина – нефракционированный гепарин (НФГ) со смесью полисахаридных цепей и низкомолекулярный гепарин (НМГ), состоящий из более коротких полисахаридов [56]. НФГ потенцирует антитромбин III для ингибирования нескольких факторов свертывания, в основном Ха и IIa и в меньшей степени XIIa, XIa, IXa и VIIa.

С наибольшим риском геморрагических осложнений были ассоциированы послеоперационные инфузии гепарина в сочетании с АЧТВ > 80.

Хотя НФГ безопасно назначать пациентам с ХБП, у пациентов с ТХПН и рСКФ < 15 мл/мин требуется снижение дозы на 33% [46]. Побочные эффекты НФГ включают кровотечения и тромбоцитопению. Так называемая индуцированная гепарином тромбоцитопения 2-го типа наблюдается у 1–3 %

пациентов, получающих НФГ на гемодиализе, и фактически может привести к тромбозу [20].

Для использования НФГ при трансплантации почки J.C. Ng и соавт. исследовали различные протоколы гепарина в посттрансплантационном периоде. В анализ были включены 547 пациентов, и хотя терапевтическое использование НФГ показало повышенную частоту значительного послеоперационного кровотечения, введение профилактической дозы (5 000 международных единиц [МЕ]) подкожно не было связано с усилением кровотечения. Профилактическое применение гепарина предотвращало больше случаев тромбоза по сравнению со случаями, когда антикоагулянты не назначались [124]. Эти результаты согласуются с ранее упомянутым анализом 2 000 реципиентов почки, в котором показано, что даже в сочетании с предоперационной антиагрегантной терапией интраоперационная гепариновая и антитромбоцитарная терапия не были связаны с повышенным риском кровотечения [137].

Другой небольшой ретроспективный анализ также показал, что в почках пациентов, получавших 5 000 МЕ НФГ внутривенно до реперфузии, было меньше микротромбов, чем в группе без гепарина [134]. Хотя его эффективность остается неясной, представляется, что профилактические дозы НФГ (например, 5 000 МЕ интраоперационно) можно безопасно использовать без увеличения частоты значительных послеоперационных кровотечений [104, 143].

Низкомолекулярные гепарины (НМГ) ингибируют фактор Ха, но воздействуют на тромбин (фактор IIa) гораздо менее эффективно, чем НФГ. НМГ представлены такими препаратами, как эноксапарин, далтепарин, тинзапарин и надропарин, часто используются в качестве профилактики венозной тромбоэмболии, например у пациентов с повышенным баллом по шкале PADUA.

Период полувыведения НМГ составляет примерно 4 часа; он имеет большую биодоступность, чем НФГ, требует менее тщательного мониторинга и может назначаться как стационарным, так и амбулаторным больным. НМГ выводится почками, что у пациентов с ХБП требует по крайней мере эмпирической коррекции дозы из-за повышенного риска кровотечения. Эффекты

НМГ могут быть лишь частично устранены протамином, который более эффективен в обращении активности гепаринов в отношении тромбина, чем в отношении фактора Ха. Рекомендуется контролировать активность анти-Ха при отклонении от дозировки с поправкой на массу тела.

1.5 Заключение

Проведенный анализ литературных данных, посвященных сосудистым осложнениям при трансплантации почки и методам их профилактики, подчеркивает значимость данной проблемы.

Развитие сосудистых осложнений в периоперационном периоде оказывает существенное влияние на долгосрочные результаты функционирования трансплантата и состояние здоровья реципиента, что делает их предотвращение приоритетной задачей. Основные факторы, предрасполагающие к возникновению таких осложнений, можно условно разделить на три группы: особенности донорского органа, наличие факторов риска у реципиента и сложность выполняемого хирургического вмешательства.

Тем не менее до настоящего времени остается множество дискуссионных вопросов, касающихся интраоперационного этапа трансплантации почки. Так, до сих пор нет единого подхода к выбору оптимального метода реконструкции артерий трансплантата, а также к процедурам профилактики, направленным на контроль и оценку эффективности этих сосудистых реконструкций.

Перспективным направлением для предотвращения сосудистых осложнений является использование интраоперационной ультразвуковой флоуметрии для измерения скорости кровотока в почечной артерии трансплантата на этапе хирургического вмешательства. Этот метод отличается своей новизной и недостаточной изученностью, что определяет его значительный как научный, так и практический интерес. Указанные аспекты обосновывают необходимость углубленного исследования данной темы.

ГЛАВА 2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Характеристика пациентов, включенных в исследование

В период с мая 2022 по июль 2023 гг. в ФГБУ «НМИЦ ТИО им. ак. В.И. Шумакова» Минздрава России было выполнено 298 операций по трансплантации почки у пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек. 13 трансплантаций были выполнены с использованием почек, изъятых у доноров с остановкой сердечной деятельности, и были исключены из исследования, поскольку трансплантаты, полученные при таких условиях, зачастую характеризуются отсроченной функцией. Таким образом, итоговая выборка составила 285 пациентов (Таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика пациентов, включенных в исследование

Параметр	Основная группа	Группа сравнения
Число пациентов, n (%)	49 (17,2 %)	236 (82,8 %)
Возраст пациентов (лет)	5–68 ($44 \pm 17,9$)	1–70 ($37 \pm 17,4$)
20 и менее	7 (14,3%)	53 (22,5%)
21-30	3 (6,1%)	28 (11,9%)
31-40	11 (22,5%)	50 (21,2%)
41-50	5 (10,2%)	39 (16,5%)
51-60	12 (24,5%)	46 (19,5%)
61-70	11 (22,4%)	20 (8,5%)
Пол:		
мужчины, n (%)	27 (55,1%)	134 (56,8%)
женщины, n (%)	22 (44,9%)	102 (43,2%)
Методика	Интраоперационная флоуметрия: измерение объемной скорости кровотока и пульсативного индекса почечной артерии трансплантата с определением необходимости коррективки либо реанастомозирования сосудов.	Традиционный подход: формирование сосудистых анастомозов без оценки почечного кровотока методом интраоперационной флоуметрии.
Особенности (включение детских пациентов)	Детские реципиенты с несоответствием диаметра артерий трансплантата и сосудов реципиента.	Не применялся индивидуальный подход по указанным особенностям.

Общая когорта состояла из 160 мужчин (56,1 %) и 125 женщин (43,9 %) в возрасте $38,1 \pm 17,8$ (в диапазоне от 1 года до 70 лет) лет. Пациенты были разделены на две группы в зависимости от подходов к мониторингу и коррекции сосудистого кровотока в ходе операции. Ключевым критерием распределения явилось использование интраоперационной ультразвуковой флоуметрии, которая применялась исключительно в основной группе. В первую группу вошли 49 пациентов (17,2 %), у которых выполнялась интраоперационная ультразвуковая флоуметрия, во второй группе, состоящей из 236 пациентов (82,8 %), данный метод не использовался.

2.2 Обследование пациентов, ожидающих трансплантацию почки

Все пациенты с показаниями к трансплантации почки проходили плановое медицинское обследование в соответствии с принятым в ФГБУ «НМИЦ ТИО им. ак. В.И. Шумакова» Минздрава России протоколом. Результаты исследований потенциальных реципиентов почки позволяли определить наличие показаний к трансплантации, а также выявить абсолютные или относительные противопоказания для ее проведения. На этапе подготовки к трансплантации потенциальным реципиентам проводилась терапия для устранения и предотвращения осложнений основного заболевания, лечение сопутствующих патологий, а также санация хронических очагов инфекции, согласно принятому в ФГБУ «НМИЦ ТИО им. ак. В.И. Шумакова» Минздрава России протоколу.

Потенциальные родственные доноры перед оперативным вмешательством подвергались комплексному медицинскому обследованию, выполненному в соответствии с установленными стандартами. На основании этого обследования выявляли абсолютные и относительные противопоказания к проведению операции. Потенциальным родственным донорам выполняется мультиспиральная компьютерная томография брюшной полости с болюсным внутривенным контрастированием. На этом этапе проводится важное предоперационное

планирование с тщательным изучением сосудистой архитектуры потенциального донора (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Пример мультиспиральной компьютерной томографии органов брюшной полости с внутривенным контрастированием

Мультиспиральная компьютерная томография брюшной полости с болюсным внутривенным контрастированием направлена как на минимизацию риска для донора, так и на обеспечение наилучших результатов процедуры трансплантации для реципиента.

2.3 Техника трансплантации почки

Трансплантация почки проводится в соответствии со стандартным методом забрюшинного доступа. Операция трансплантации почки выполняется в условиях стерильной операционной под общим эндотрахеальным наркозом. Перед началом хирургического вмешательства проводится катетеризация мочевого пузыря катетером Фолея. Антибактериальная терапия осуществляется препаратами из группы цефалоспоринов третьего поколения или карбапенемов. Индукционная иммуносупрессивная терапия включает применение базиликсимаба (10–20 мг)

и/или иммуноглобулина антиtimoцитарного (25–100 мг) для предотвращения реакции отторжения трансплантата.

В случае использования почки от посмертного донора перед трансплантацией выполняется предтрансплантационная подготовка трансплантата на специальном столике (back-table). Анализируют анатомические особенности и состояние сосудов, включая их калибр, наличие атеросклеротических поражений, длины мочеточника, а также проверяют целостность тканей и качество перфузии. Если используется правый трансплантат, то для удлинения его вены может применяться участок нижней поллой вены донора.

Прежде всего, получая трансплантат с множественными артериями для его подготовки и инфузии консервирующего раствора, необходимо найти основную артерию трансплантата и канюлировать ее атравматичной ирригационной иглой с оливковой головкой. Использовать другие канюли или внутривенные иглы не рекомендуется из-за высокого риска повреждения интимы сосуда. В некоторых случаях при наличии двух и более артерий трансплантата может быть трудно найти все артерии, потому что они скрыты другими тканями у ворот. В таких условиях ирригацию можно начинать путем катетеризации более доступной почечной вены до тех пор, пока все необходимые артерии будут найдены. Полюсные артерии (< 2 мм), главным образом верхнего полюса, могут быть лигированы. Допустима перевязка артерий с результирующей площадью ишемии менее 15 % от верхнего полюса. Полюсные артерии (> 2 мм) нижнего полюса должны быть сохранены и обязательно реваскуляризированы. Для увеличения просвета диаметра артерий можно воспользоваться гидравлической препаровкой, которая значительно облегчит процесс формирования анастомоза.

После подготовки необходимо поместить трансплантат в брюшинное пространство для лучшей оценки мест анастомозов и потенциальной длины артериальных и венозных сосудов. Следует точно определить место каждого анастомоза и положение трансплантата в соответствии с размером и длиной сосудов, а также длиной мочеточника и положением мочевого пузыря или

мочеточника и окончательным положением трансплантируемой почки. Предпочтительно использовать наружную и/или общую подвздошную артерию и наружную подвздошную вену для сосудистых анастомозов. Чаще всего вначале формируется артериальный анастомоз. Но когда вена короче, чем обычно, или когда для трансплантации используется левая подвздошная область, имеется целесообразность сначала сформировать венозный анастомоз.

Для анастомоза почечной артерии «конец в бок» с наружной подвздошной или общей подвздошной артерией или аортой почечную артерию следует спатулировать в направлении ее нижнего угла. Для анастомоза почечной артерии с внутренней подвздошной артерией «конец в конец» почечную артерию следует спатулировать от верхнего угла, а внутреннюю подвздошную артерию – в направлении противоположного нижнего угла.

Чаще всего трансплантат размещают в подвздошной области, противоположной стороне трансплантируемой почки. Для получения доступа используется косовосходящий разрез; при этом кожные покровы, подкожно-жировую клетчатку и мышцы разделяют слой за слоем, с последующим медиальным смещением брюшины для доступа к подвздошным сосудам. Мобилизация сосудов сопровождается лигированием лимфатических путей для предотвращения послеоперационной лимфореи.

При необходимости эндартерэктомию артерии реципиента следует проводить с особой осторожностью после вскрытия просвета наружной и/или общей подвздошной артерии. В конце процедуры эндартерэктомии не должно оставаться лоскутов интимы. Если это возможно, лоскут должен быть полностью прикреплен к артериальной стенке с помощью одного или нескольких швов.

При трансплантации почки от родственного донора после оперативного изъятия, орган помещается в лоток с «мягким льдом». Почечная артерия канюлируется и перфузируется консервирующим раствором Кустодиол® (1 000 мл), содержащим гепарин (5 000 ME). Затем трансплантат укладывается в проекцию раны для формирования сосудистых анастомозов. Артериальные анастомозы выполняются по принципу «конец почечной артерии в бок

подвздошной артерии» с использованием непрерывного шва (Пролен 5/0–7/0). Венозные анастомозы создаются аналогичным образом («конец в бок») с помощью шва Пролен 5/0–6/0.

До восстановления кровотока внутривенно вводится метилпреднизолон (10 мг/кг) в качестве дополнительной индукционной иммуносупрессии. После снятия зажимов с сосудов трансплантата выполняется контроль гемостаза по линиям анастомозов. Реперфузия трансплантата сопровождается его освобождением от охлаждающих материалов и последующим контролем кровообращения. Место анастомозов и сам трансплантат укладываются в анатомически оптимальную позицию, выполняется гемостатическая обкладка зоны сосудистых анастомозов горячими марлевыми салфетками для окончательного гемостаза.

Пузырно-мочеточниковый анастомоз может быть выполнен двумя способами: методом Лич-Грегуара (экстравезикальная методика) за счет имплантации мочеточника в дно мочевого пузыря либо с использованием собственного мочеточника пациента (при повреждениях или недостаточной длине донорского мочеточника). Предварительное, для обеспечения адекватного тугого наполнения мочевого пузыря заполняется стерильным 10 % раствором повидон-йода через уретральный катетер.

После формирования анастомозов устанавливают дренаж в полость ложа трансплантата, проводят обработку раневой поверхности раствором повидон-йода (10 %) и послойное ушивание раны. Заключительный этап операции – наложение косметического внутрикожного шва.

2.4 Интраоперационная ультразвуковая флоуметрия почечного кровотока

Сразу после окончания реперфузии трансплантата и выполнения неоуретероцистоанастомоза в основной группе проводили интраоперационную ультразвуковую флоуметрию не менее двух раз, а при необходимости — более двух раз.

2.4.1 Принцип работы и предоперационная калибровка аппарата

При применении метода флоуметрии, ультразвук используется для прямого измерения объема кровотока. Метод флоуметрии основан на том, что два ультразвуковых преобразователя посылают ультразвуковые импульсы в противоположных направлениях кровотока через отражатель (Рисунок 2). Оба импульса проходят одинаковое расстояние, но из-за потока крови время от передачи до момента получения импульса будет другим. Разница во времени прохождения регистрируется системой и прямо пропорциональна объему крови, протекающему через зону измерения (мл/мин).

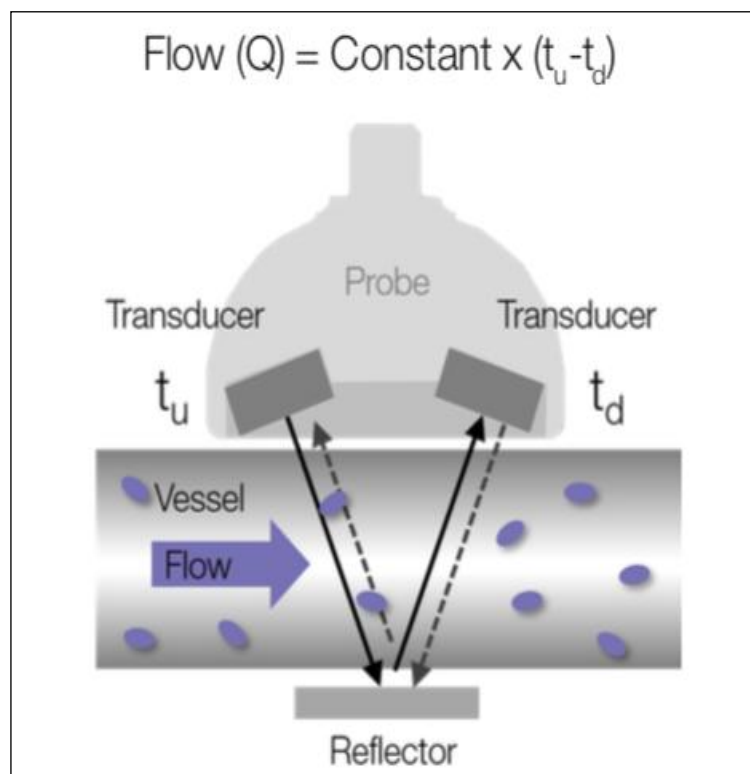


Рисунок 2 – Принцип работы флоуметра

Перед проведением измерения необходимо провести функциональную проверку, чтобы убедиться, что датчики и сама система измерения работают оптимально и откалиброваны.

Для этого необходимо:

1. Подключить датчик к системе и поместить в стерильную емкость с физиологическим раствором (Рисунок 3).



Рисунок 3 – Откалиброванный датчик находится в стерильном физиологическом растворе

2. Проверить индекс акустической связи (АСИ). Индикатор должен быть зеленым и отображать значение от 50 до 100 % (Рисунок 4). Если АСИ ниже этих значений, необходимо перемешать раствор зондом и перепроверить АСИ.

АСИ	50-100 %	Good
АСИ	30-50 %	Suboptimal
АСИ	10-30 %	Unacceptable
АСИ	0-10 %	No measurement

Рисунок 4 – Индекс акустической связи

3. Убедиться, что смещение среднего потока (красная линия) близка к нулю.
 4. Если индекс акустической связи меньше 90 %, необходимо попробовать подключить датчик к другому каналу или попробовать его заменить.

При измерении важно иметь зеленый или желтый индикатор. Красный или оранжевый индикатор может привести к неточным показаниям.

2.4.2 Выбор соответствующего размера датчика-зонда

Для получения корректных измерений важно выбрать правильный размер датчика-зонда. Датчик-зонд должен располагаться таким образом, чтобы он обхватывал сосуд и не сжимал, не изгибал и не перекручивал его. Существуют различные размеры датчиков, позволяющие оптимизировать контакт между сосудом и зондом (в нашем исследовании использовались датчики размером от 4 до 5 мм, рисунки 5, 6).

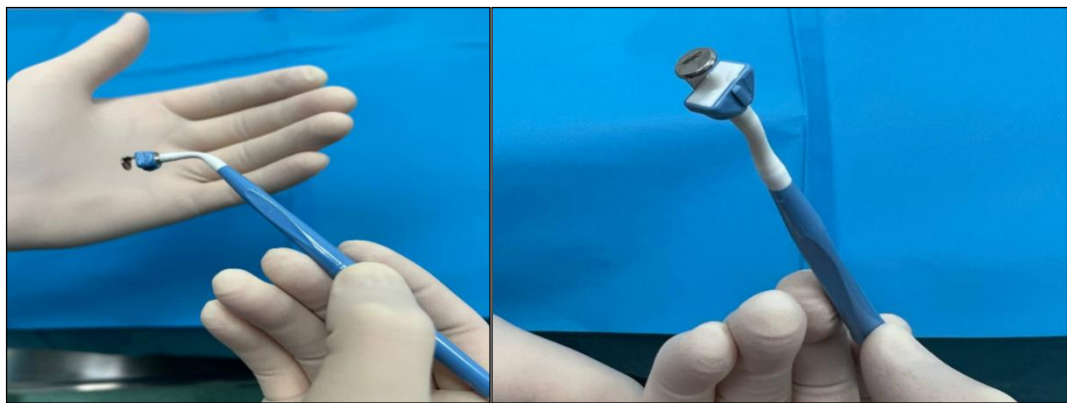


Рисунок 5 – Датчики-зонды

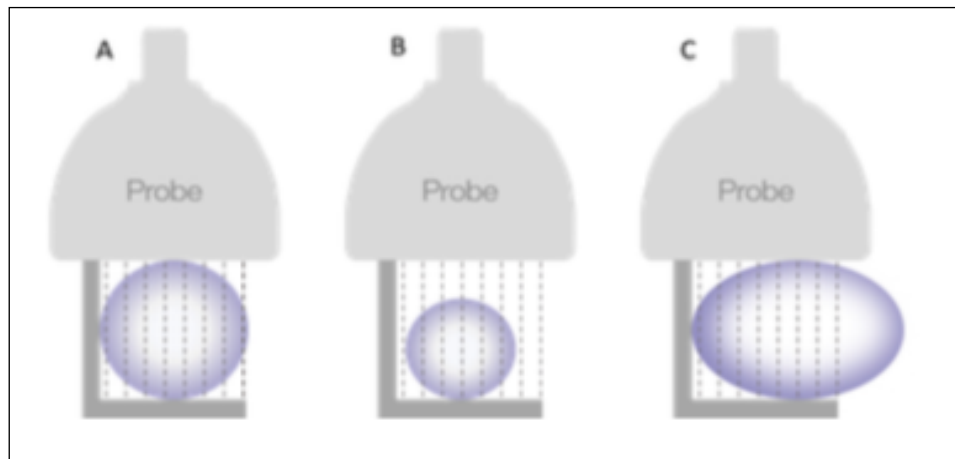


Рисунок 6 – Выбор датчика для получения наиболее точных результатов

А – правильный размер датчика, обеспечивающий надежное измерение,
 В – слишком большой датчик, плохо контактирующий с сосудом,
 С – слишком маленький датчик, сдавливающий сосуд

Если индекс акустической связи низкий, пространство между зондом и сосудом может быть заполнено физиологическим раствором. Необходимо поместить зонд так, чтобы стрелка указывала на предполагаемое направление кровотока. Отрицательное значение потока указывает либо на обратное расположение зонда, либо на чистый ретроградный поток. Ручку датчика можно сгибать в любой плоскости для более удобного измерения.

Измерения с неправильно расположенным обхватом датчика сосуда приводят к завышению или занижению результатов. Правильный размер датчика помогал достичь оптимального обхвата сосуда.

2.4.3 Интраоперационное измерение кровотока

Для оценки объема потока и/или проходимости сосудов трансплантата необходимо было оценить несколько параметров:

1. Средний поток крови (Q). Средний поток – это числовое значение красной горизонтальной линии. Факторами, влияющими на средний поток, являются артериальное давление, размер сосуда, качество сосудистого русла, разница в размерах сосудов донора и реципиента, а также возможный спазм сосудов. Ожидаемое значение среднего потока должно быть скорректировано в соответствии с этими факторами. Низкое значение среднего потока само по себе не является признаком компрометации трансплантата, а представляет собой диагностическую информацию.

2. Индекс пульсативности (PI). Индекс пульсативности определяется как разница между максимальным и минимальным потоком, деленная на средний поток. Большая разница между максимальным и минимальным потоком приводит к высокому значению PI.

Турбулентность кровотока приводит к увеличению PI. Прежде чем принять окончательное решение о повторном наложении анастомоза, необходимо подождать несколько минут, чтобы поток нормализовался, и

повторить измерение. Спазм артерии или перфузируемого русла может вызвать снижение потока с увеличением PI.

На рисунке 7 представлен экран отображения результатов и приведен пример проведения исследования.

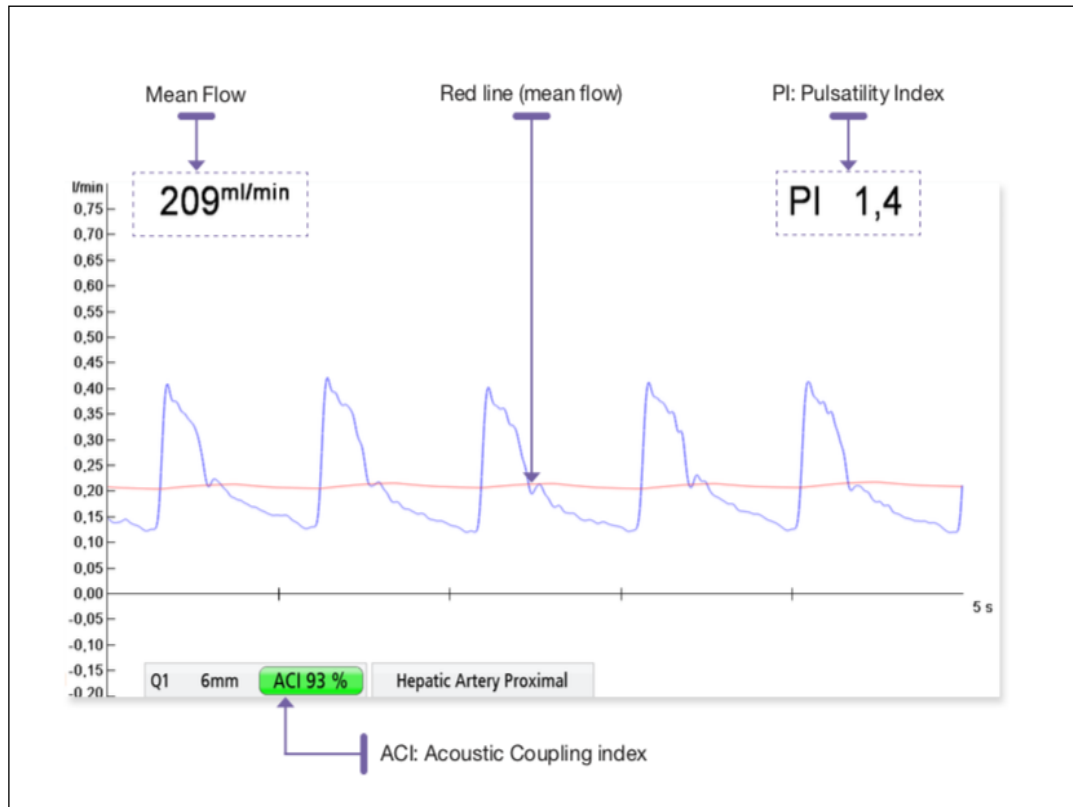


Рисунок 7 – Пример кривой флоуметрии на экране

Красная горизонтальная линия на экране – это средний поток, рассчитанный за последние 7 секунд.

После выполнения настройки, выбора нужного размера и калибровки датчиков-зондов выполняется непосредственное измерение кровотока. Интраоперационное измерение разделили на периоды, соответствующих двум естественным гемостатическим паузам операции. Первое измерение выполняли после снятия сосудистых зажимов и реперфузии трансплантата, второе измерение выполняли после завершения неоуретероцистоанастомоза и укладки почечного трансплантата в операционную рану (Рисунок 8).

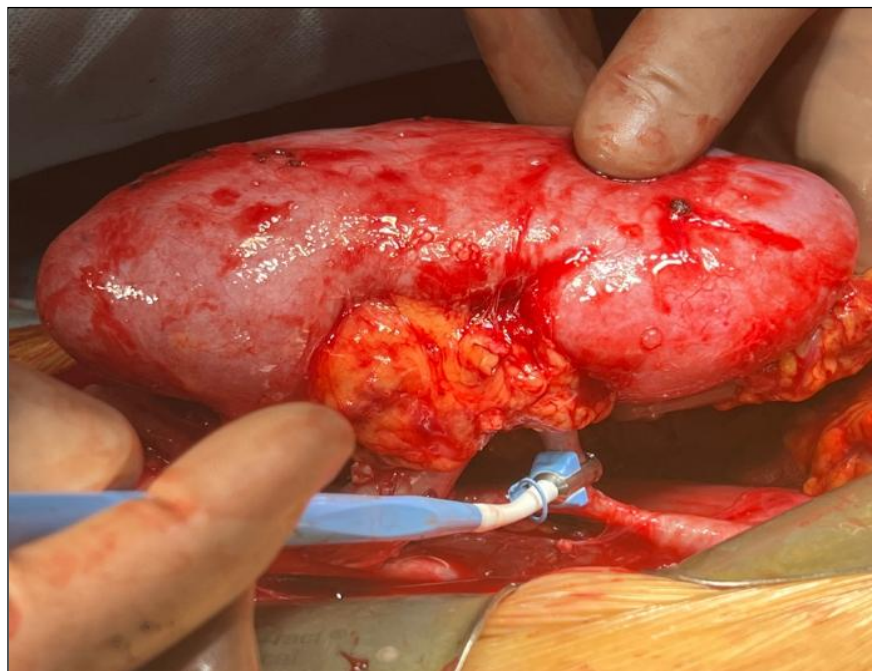


Рисунок 8 – Интраоперационное исследование флоуметрии по почечной артерии

При выявлении неудовлетворительных параметров артериального кровотока или необходимости реанастомозирования артериального анастомоза измерение выполняется несколько раз.

2.5 Ведение реципиентов почки в раннем послеоперационном периоде

После завершения трансплантации реципиентов почечного трансплантата экстубируют на операционном столе и переводят в палату отделения реанимации и интенсивной терапии для дальнейшего динамического наблюдения. Перевод в профильное отделение осуществляют на следующий день. Во время нахождения в реанимационном отделении контролируют следующие показатели: гемодинамические (артериальное давление, частоту сердечных сокращений, запись электрокардиограммы), количество, характер и темп отделяемого по страховочному дренажу согласно принятому в ФГБУ «НМИЦ ТИО им. ак. В.И. Шумакова» Минздрава России протоколу. Биохимический и общий анализ крови, кислотно-щелочное состояние крови

определяют каждые 3 часа. По показаниям проводят заместительную почечную терапию. Протокол иммуносупрессивной терапии включает в себя:

- индукционную терапию – базиликсимаб 10-20 мг интраоперационно и на 4-е послеоперационные сутки. У пациентов высокого иммунологического риска назначают иммуноглобулин антитимоцитарный в дозе 50-75 мг. При необходимости проводят повторные введения;

- поддерживающую терапию – на 1 и 2 сутки послеоперационного периода пациентам делают внутривенное введение 125-250 мг метилпреднизолона. Затем пациенту вводят пероральную форму метилпреднизолона суточной дозой 16 мг. В течение первых суток также назначают ингибиторы кальциневрина (такролимус) в дозе 0,1 н/г на 1 кг массы тела, микофенолата мофетил в суточной дозе 2 000 мг, препараты микофенолой кислоты в суточной дозе 1 440 мг. Концентрацию такролимуса поддерживают на уровне 8-10 нг/мл на ранних сроках после операции.

У больных, которые имеют повышенный риск тромбообразования, гепариновая профилактика может включать в себя назначение гепарина 5 000 или 10 000 МЕ/сут под контролем показателей коагулограммы и далее переход к подкожному введению низкомолекулярных гепаринов.

Удаление страховочного дренажа выполняется на следующий послеоперационный день. Уретральный катетер удаляется на 5-7-е сутки после операции. Ультразвуковой доплеровский контроль проводится ежедневно, при необходимости несколько раз в день.

2.6 Статистическая обработка результатов исследования

Проведение статистического анализа данных было выполнено в программе SPSS 26 (IBM SPSS Inc., США). Данные представлены как среднее арифметическое и стандартное отклонение ($M \pm S.D$) для параметрических и как медиана и интерквартильный размах ($IQR = Q3 - Q1$) для непараметрических переменных. При сравнении зависимых выборок рассчитывали парный критерий Уилкоксона, для сравнения независимых переменных применяли U-критерий Манна-Уитни. Проводили анализ площади под ROC-кривыми, определение чувствительности, специфичности, порогового значения для каждого параметра. Для оценки прогностической значимости показателей объемной скорости кровотока по почечной артерии и индекса пульсативности в отношении развития сосудистых осложнений выполнен однофакторный логистический регрессионный анализ. Точность прогноза оценена по критерию Хосмера-Лемешова. Качество модели представлено в виде коэффициента детерминации Нэйджелкерка. Статистическая значимость модели оценена по критерию Хи-квадрат Вальда. Для всех критериев критический уровень значимости принимался равным 5 %, т.е. нулевая гипотеза отвергалась при $p < 0,05$.

ГЛАВА 3 ПРОФИЛАКТИКА СОСУДИСТЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ У РЕЦИПИЕНТОВ ПОЧКИ

3.1 Сравнительная характеристика пациентов, включенных в исследование

Исследование проведено с участием 285 пациентов, среди которых было 160 (56,1 %) мужчин и 125 (43,9 %) женщин. Средний возраст пациентов составил $38,1 \pm 17,8$ (от 1 до 70) лет. Продолжительность наблюдения за состоянием реципиентов почки составляла от 52 до 369 ($192,3 \pm 75,9$) дней.

Пациенты были разделены на две группы: основную и группу сравнения. Основная группа включала 49 (17,2 %) пациентов в возрасте от 5 до 68 ($44 \pm 17,9$) лет, у которых на разных этапах операции выполнялись измерения объемной скорости кровотока и пульсативного индекса с использованием метода интраоперационной ультразвуковой флоуметрии. Этот метод позволял оценить кровоток в почечной артерии трансплантата и при необходимости проводить коррекцию сосудистых анастомозов или их повторное формирование. Особенностью данной группы было включение детей-реципиентов, что потребовало дополнительных хирургических коррекционных мероприятий из-за несоответствия между диаметрами аорты и подвздошных сосудов и почечной артерией трансплантата.

Группа сравнения состояла из 236 (82,8 %) пациентов в возрасте от 1 до 70 ($37 \pm 17,4$) лет. Для этой группы применялся стандартный подход формирования сосудистых анастомозов при трансплантации почки, без оценки кровотока с использованием интраоперационной ультразвуковой флоуметрии.

Заболевания, ставшие причиной развития терминальной стадии хронической болезни почек и приведшие к необходимости трансплантации почки у пациентов основной и контрольной групп, представлены на рисунках 9 и 10.

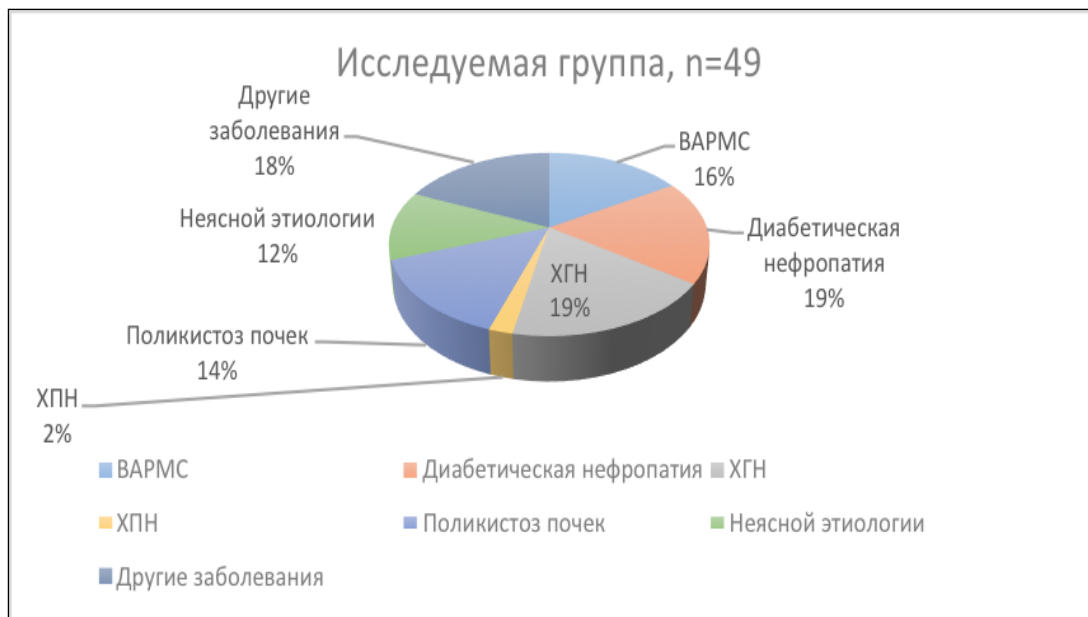


Рисунок 9 – Причины развития терминальной стадии хронической болезни почек у пациентов основной группы



Рисунок 10 – Причины развития терминальной стадии хронической болезни почек у пациентов группы сравнения

Установлено, что основными заболеваниями, приведшими к развитию терминальной стадии хронической болезни почек, являются хронический гломерулонефрит, диабетическая нефропатия и аутосомно-доминантный поликистоз почек.

Проведен сравнительный анализ клинических характеристик в группах сравнения. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение клинических характеристик групп реципиентов

Показатель	Проводилась флоуметрия	Не проводилась флоуметрия	Достоверность значений, р
Возраст, лет	46,4 (32,4-59)	37,9 (23,1-51,5)	0,007
Пол, n (%)			
Мужчины, n (%)	26 (53 %)	134 (57 %)	0,633
Женщины, n (%)	23 (47 %)	102 (43 %)	
ИМТ, кг/м ²	25,8 (20,1-27,9)	22,4 (19,5-26)	0,043
Диагноз, n (%)			
Хронический гломерулонефрит, n (%)	9 (18 %)	59 (25 %)	0,322
Нефропатия, обусловленная сахарным диабетом, n (%)	10 (20 %)	29 (12 %)	0,132
Врожденная аномалия развития мочевыделительной системы, n (%)	8 (16 %)	54 (23 %)	0,312
Нефропатия неизвестной этиологии, n (%)	5 (10 %)	37 (16 %)	0,325
Аутосомно-доминантная поликистозная болезнь почек, n (%)	7 (14 %)	19 (8 %)	0,168
Другие заболевания почек, n (%)	10 (20 %)	38 (16 %)	0,464
Программный гемодиализ, n (%)	34 (69 %)	171 (72 %)	0,663
Перитонеальный диализ, n (%)	7 (14 %)	15 (6 %)	0,058
Сроки заместительной почечной терапии до ТП, мес.	18 (9-55)	27 (12-58)	0,469
Заместительная почечная терапия программным гемодиализом до ТП, мес.	20,1 (8,7-55,4)	29,3 (12,8-58,5)	0,437
Заместительная почечная терапия перитонеальным диализом до ТП, мес.	16,8 (8,9-84,2)	14,5 (9,2-29,1)	0,671
Вид трансплантации, n (%)			
Прижизненный донор, n (%)	17 (35 %)	85 (37 %)	0,792
Посмертный донор, n (%)	31 (65 %)	142 (63 %)	

Важно обратить внимание на то, что наличие различных коморбидностей, таких как диабет или артериальная гипертензия, которые могли быть более распространены в одной из групп, также могло бы отразиться на уровне ИМТ. Проведен сравнительный анализ распределения диагнозов, видам и срокам ЗПТ, видам трансплантаций. По указанным характеристикам значимых различий между группами не выявлено ($p > 0,05$ по всем категориям). Наблюдается тенденция на уровне значимости $p = 0,058$ к более частому использованию флоуметрии у пациентов, находящихся на перитонеальном диализе (14 % в группе 1 и 6 % в группе 2).

На рисунке 11 представлено распределение пациентов в группах сравнения по полу.

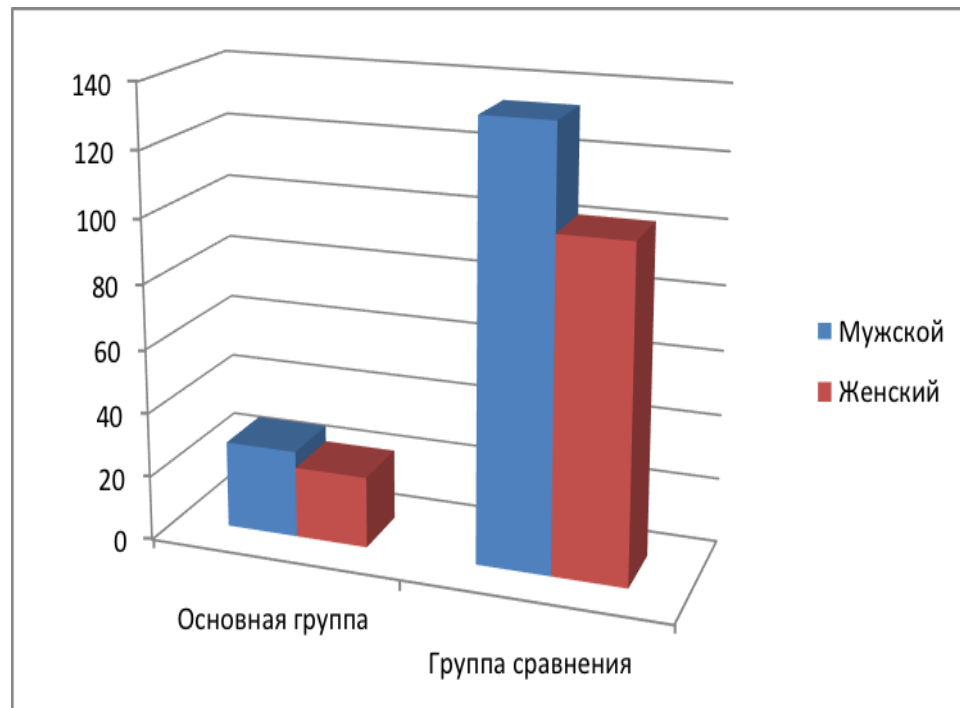


Рисунок 11 – Распределение пациентов в группах по полу

Установлено, что в основной группе пациенты статистически значимо старше, чем в группе сравнения (медиана 46,4 против 37,9 соответственно; $p = 0,007$). Группы достоверно не отличались по гендерной принадлежности ($p = 0,633$). Это может свидетельствовать о том, что пациенты из первой группы, вероятно, имели более выраженные метаболические или эндокринные особенности, приводящие к увеличению массы тела.

Проведен сравнительный анализ характеристики доноров почки. Результаты представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнительный анализ характеристики доноров

Показатель	Проводилась флоуметрия	Не проводилась флоуметрия	Достоверность значений, р
Мужчины, n (%)	28 (57 %)	134 (59 %)	0,808
Женщины, n (%)	21 (43%)	93 (41%)	
Возраст, лет	54 (44-62)	48 (38-57)	0,011
ИМТ, кг/м ²	27,8 (24,5-33,8)	27,7 (24,5-31,1)	0,736
Лабораторные показатели			
Креатинин, мкмоль/л	81 (64-94,2)	82,5 (65,2-104)	0,523
Мочевина, ммоль/л	5,6 (4,35-8,6)	5,67 (4,2-8)	0,840
Общий белок, г/л	72,1 (63-76)	70,1 (59-75,3)	0,271
СКД-EPI, мл/мин	75,7 (64-91,3)	75,9 (58,8-94,3)	0,819

Примечание: СКД-EPI - Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration

В первой группе доноры статистически значимо старше, чем в группе сравнения (медиана 54 против 48 соответственно; $p = 0,011$). Остальные характеристики, такие как ИМТ, пол и результаты лабораторных исследований оказались сопоставимы в группах ($p > 0,05$ по всем характеристикам).

Проведен сравнительный анализ характеристик проведенных операций в зависимости от использования интраоперационной ультразвуковой флоуметрии. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнительный анализ характеристик проведенных операций в зависимости от использования флоуметрии

Показатель	Проводилась флоуметрия	Не проводилась флоуметрия	Достоверность значений, р
Продолжительность операции, мин	165 (140-210)	160 (135-190)	0,290
Объем кровопотери, мл	150 (100-200)	150 (100-200)	0,418
Длительность тепловой ишемии, мин	35 (28-45)	35 (30-37)	0,237
Длительность холодовой ишемии, мин	725 (80-870)	586 (74-900)	0,473
Вид трансплантата, n (%)			
Правая почка	16 (33 %)	76 (32 %)	0,951
Левая почка	33 (67 %)	160 (68 %)	
Сосудистая реконструкция, n (%)	16 (33 %)	54 (23 %)	0,148

Оценивались такие характеристики, как продолжительность операции, объем кровопотери, длительность ишемии, вид трансплантата и частота сосудистых реконструкций. По результатам анализа не выявлено значимых различий между группами.

3.2 Оценка результатов трансплантации почки без применения методики ультразвуковой флоуметрии

Частота развития сосудистых осложнений у пациентов после трансплантации почки без применения флоуметрии представлена на рисунке 12.

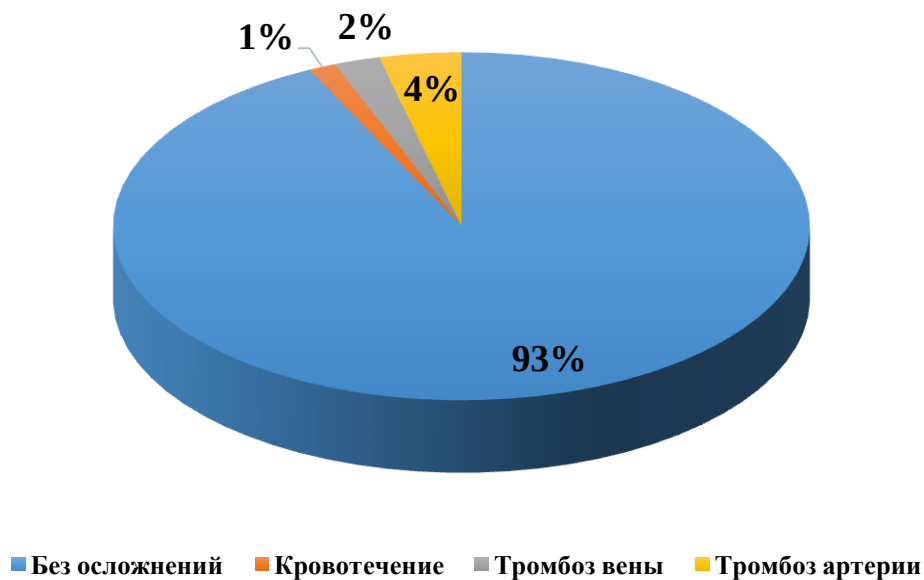


Рисунок 12 – Частота развития сосудистых осложнений у пациентов после трансплантации почки без применения флоуметрии

Сосудистые осложнения не были обнаружены у 236 пациентов (93 %) в ходе трансплантации почки и в раннем послеоперационном периоде. У 17 (7 %) пациентов были обнаружены следующие осложнения: несостоятельность артериального анастомоза, повлекшее кровотечение и образование гематомы забрюшинного пространства в ранние сроки послеоперационного периода (1 %), тромбоз вены трансплантата, который требовал проведения ревизии послеоперационной раны и выполнения тромбэктомии из вены трансплантата (2 %), тромбозы артерии, которые потребовали выполнения тромбэктомии из

почечной артерии трансплантата и выполнения повторного формирования артериального анастомоза.

Клиническое наблюдение № 1

Пациентка Ф., 60 лет, была госпитализирована в хирургическое отделение №1 ФГБУ «НМИЦ ТИО им. ак. В.И. Шумакова» Минздрава России 25.07.2023 года для проведения трансплантации почки от посмертного донора. Диагноз при поступлении: терминальная стадия хронической болезни почек как исход диабетической нефропатии. Сопутствующие заболевания: инсулинозависимый сахарный диабет; перитонеальный диализ с июня 2022 года.

При поступлении пациентка жаловалась на общую слабость и эпизодическое повышение артериального давления после сеансов гемодиализа. Общее состояние расценено как средней степени тяжести. Уровень сознания по шкале Глазго – 15 баллов. Кожные покровы бледные, патологические высыпания отсутствуют. Видимые слизистые оболочки бледно-розового цвета. Подкожно-жировая клетчатка развита удовлетворительно. Периферические лимфатические узлы не пальпируются. Костно-мышечная система без патологических изменений. При аускультации легких определяется везикулярное дыхание, хрипов не выслушивается. При перкуссии и аускультации сердца — тоны сердца приглушены, ритмичные. Живот мягкий, безболезненный, патологических симптомов при пальпации и перкуссии не выявлено. Печень расположена по краю реберной дуги, селезенка не пальпируется. Стул регулярный, патологических примесей не отмечено. Мочеиспускание: собственный диурез около 700 мл. Симптом Пастернацкого отрицательный с обеих сторон. Температура тела – 36,6 °С. ЧСС – 88 уд./мин, АД – 130/90 мм рт. ст., ЧДД – 18 в минуту, сатурация крови кислородом – 98 %. В области имплантации перитонеального диализного катетера признаков воспаления не выявлено.

Выполнена трансплантация почки от посмертного донора в правую подвздошную область (левая почка донора) с последующим стентированием мочеточника трансплантата. Донорский трансплантат имел одну артерию, одну

вену и один длинный мочеточник. После предварительной обработки трансплантат помещен в трансплантационное ложе.

Сосудистые анастомозы сформированы методом «конец в бок»:

- Артериальный анастомоз между артерией трансплантата и наружной подвздошной артерией, выполненный непрерывным швом нитью Пролен 6/0.
- Венозный анастомоз между веной трансплантата и наружной подвздошной веной, выполненный непрерывным швом нитью Пролен 5/0.

После восстановления кровотока в 14:31 трансплантат почки приобрел розовый цвет, тургор трансплантата оценен как удовлетворительный. Моча выделялась в умеренном темпе. Был сформирован неоуретероцистоанастомоз с использованием нити PDS 6/0 и стентированием мочеточника. Гемостаз завершен, рана обработана раствором бетадина, в забрюшинное пространство через контрапертуру установлен дренаж. Трансплантат почки уложен в оптимальное положение, рана ушита послойно, установлена асептическая повязка.

Согласно результатам ультразвукового исследования в условиях отделения реанимации и интенсивной терапии, в области трансплантата выявлен слабовыраженный почечный кровоток с низкими скоростными характеристиками по основной и дуговым артериям. На фоне проведения интенсивной терапии выявлен метаболический ацидоз, гипергликемия, а также тенденция к гиперкалиемии. Динамическое ультразвуковое исследование показало отсутствие визуализации почечного кровотока, что стало основанием для принятия решения о проведении ревизии послеоперационной раны.

В условиях операционной под эндотрахеальным наркозом выполнено снятие швов с послеоперационной раны, осуществлен доступ в забрюшинное пространство. Визуализированы сформированные сосудистые анастомозы. При пальпации в просвете артерии трансплантата, в области его ворот, выявлен тромб. Трансплантат почки имел бледно-синюшный цвет (Рисунок 13). Выполнены следующие мероприятия:

1. Наложение зажимов на наружную подвздошную артерию реципиента.
2. Пересечение артерии трансплантата, тромбэктомия.

3. Пересечение почечной вены и ретроградная перфузия трансплантата раствором гепарина, которая не дала положительного результата.

На основании отсутствия восстановления адекватного кровотока в трансплантате было принято решение о выполнении трансплантатэктомии (Рисунок 14). Перевязаны и прошиты артерия и вена трансплантата, отсечен мочеточник с удалением стента, слизистая мочевого пузыря ушита. Гемостаз, установлен дренаж, рана ушита послойно, наложена асептическая повязка.

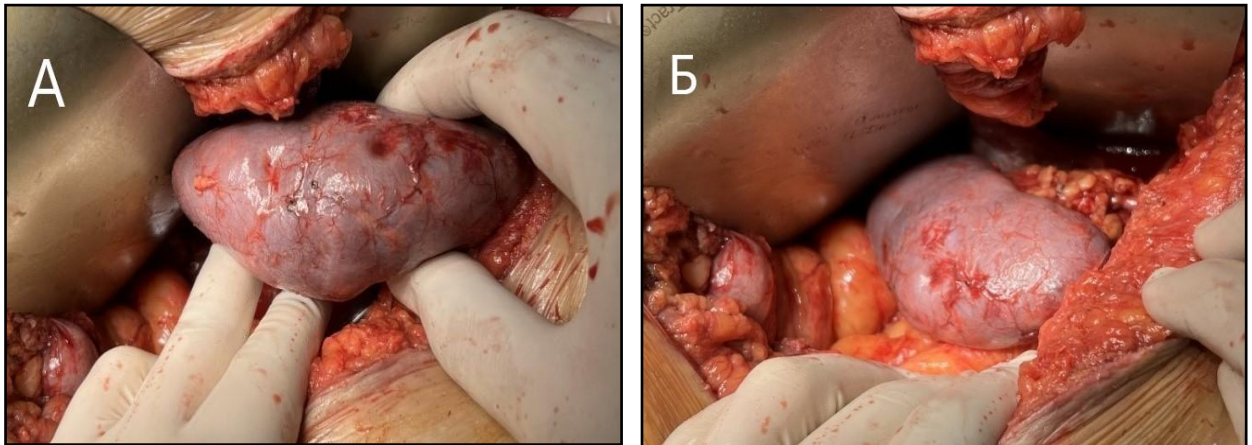


Рисунок 13 – Артериальный тромбоз трансплантата почки:
А – вид трансплантата по ребру почки; Б — вид трансплантата после доступа в забрюшинное пространство

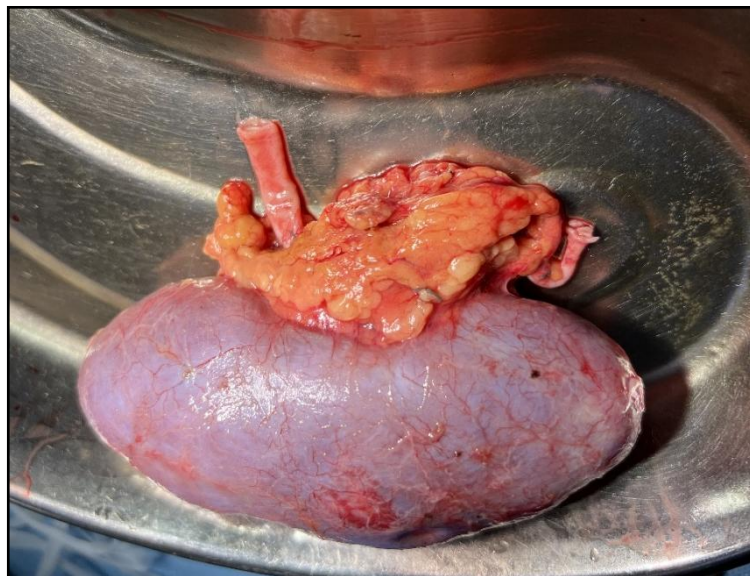


Рисунок 14 – Нефротрансплантат после перенесенного артериального тромбоза

В послеоперационном периоде пациентке проводились сеансы гемодиализа. В дальнейшем она была переведена на перитонеальный диализ. Пациентка выписана в удовлетворительном состоянии из стационара и повторно включена в лист ожидания для получения донорского органа.

3.3 Анализ сосудистых осложнений в интра- и послеоперационном периоде

Выполнен сравнительный анализ показателей объемной скорости кровотока по почечной артерии и PI после реперфузии трансплантата, а также после завершения неоуретероцистоанастомоза в зависимости от наличия или отсутствия сосудистых осложнений в интра- и послеоперационном периоде (Таблица 6).

Таблица 6 – Сравнение показателей скорости кровотока в почечной артерии и индекса пульсативности после реперфузии трансплантата и после завершения неоуретероцистоанастомоза, с учетом наличия или отсутствия сосудистых осложнений

Показатель	Сосудистые осложнения		Достоверность значений, p
	Пациенты с наличием СО (n = 6)	Пациенты с отсутствием СО (n = 43)	
Объемная скорость кровотока по почечной артерии после реперфузии трансплантата (мл/мин) <i>Mean ± SD</i>	94 ± 93	291 ± 147	0,002
PI после реперфузии трансплантата <i>Median (IQR)</i>	2 (1,7-2,1)	1,3 (0,8-2)	0,037
Объемная скорость кровотока по почечной артерии после неоуретероцистоанастомоза (мл/мин) <i>Mean ± SD</i>	160 ± 88	349 ± 157	0,006
PI после неоуретероцистоанастомоза <i>Median (IQR)</i>	1,7 (1,5-2)	1,2 (0,7-1,6)	0,079

Примечание: PI – индекс пульсативности

В данном исследовании была проанализирована информация о 49 пациентах, которым в ходе операционного процесса была проведена интраоперационная ультразвуковая флоуметрия. Из этой группы у 6 пациентов были зарегистрированы интраоперационные сосудистые осложнения: в трёх случаях зафиксировано интраоперационное снижение артериального кровотока, что привело к тромбозу как артерии, так и вены трансплантата. Это обстоятельство потребовало выполнения ревизии как артериального, так и

венозного анастомоза (выполнение тромбэктомии) с последующим созданием нового артериального анастомоза, который был выполнен с общей подвздошной артерией реципиента.

В трех других случаях возникли сложности, связанные с укладкой трансплантата в операционной ране. После размещения трансплантата в ране наблюдалось постепенное и прогрессивное снижение почечной перфузии, что потребовало произвести реанастомозирование артерии трансплантата в новое место.

В результате проведенных исследований было установлено, что у пациентов, которым применялась интраоперационная ультразвуковая флоуметрия, частота возникновения сосудистых осложнений составила 12,2%. Своевременное и точное измерение кровотока, а также возможность быстрого реагирования на возникающие изменения на этапе интраоперационного наблюдения позволили сохранить почечные трансплантаты, исключив случаи потери в данной группе пациентов, тем самым снизив показатель сосудистых осложнений до 0%.

У остальных 43 (87,8 %) осложнения отсутствовали. Установлено, что в группе пациентов с сосудистыми осложнениями интраоперационно наблюдались более низкие показатели объемной скорости кровотока по почечной артерии после реперфузии (94 ± 93 против 291 ± 147 ; $p = 0,002$), а также после завершения неоуретероцистоанастомоза (160 ± 88 против 349 ± 157 ; $p = 0,006$). Показатель PI после реперфузии трансплантата, напротив, оказался выше в группе с осложнениями (медиана 2 против 1,3; $p = 0,037$). Значения PI после завершения неоуретероцистоанастомоза значительно не различались между группами сравнения (медиана 1,7 против 1,2; $p = 0,079$).

Для оценки прогностической значимости показателей объемной скорости кровотока по почечной артерии и PI в отношении развития сосудистых осложнений, выполнен ROC-анализ (Рисунок 15).

При значении объемной скорости кровотока после реперфузии менее или равном 120 мл/мин (чувствительность 83,3 % и специфичность 88,4 %) можно

сделать прогноз о развитии сосудистых осложнений интраоперационно или в послеоперационном периоде. При значении объемной скорости кровотока после выполнения неоуретероцистоанастомоза менее или равном 230 мл/мин можно также сделать прогноз о развитии сосудистых осложнений с (чувствительность 83,3 и специфичность 79,1 %). Аналогичным образом с сосудистыми осложнениями статистически значимо связан показатель PI после реперфузии (p < 0,001). Данный предиктор может обеспечить точность прогноза на уровне 76,4 %. При значении PI после реперфузии больше или равном 1,65 можно сделать прогноз о развитии осложнений (чувствительность 83,3 % и специфичность 65,1 %).

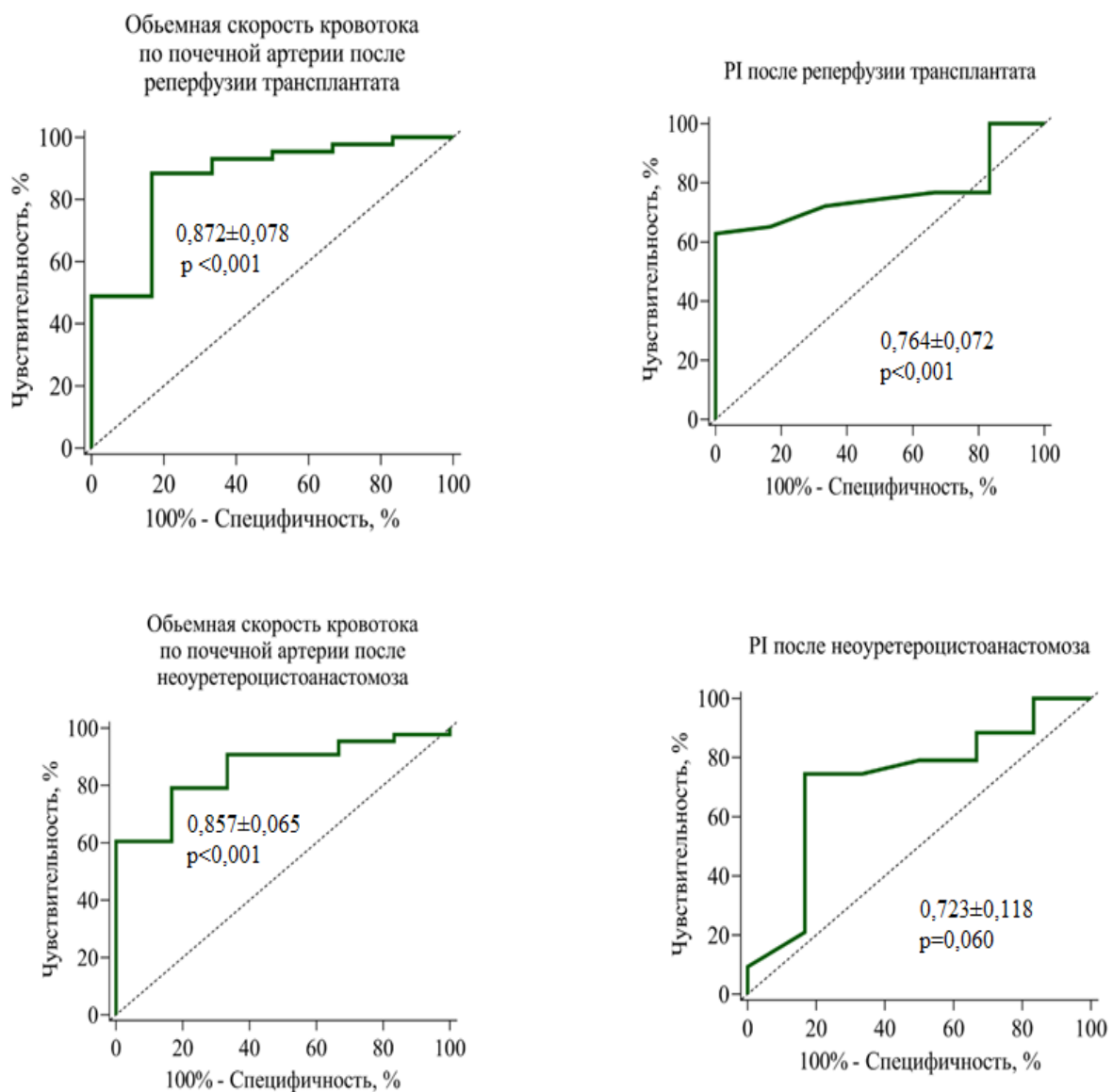


Рисунок 15 – Оценка прогностической значимости показателей в отношении развития сосудистых осложнений (ROC-анализ)

Установлено, что показатели объемной скорости кровотока по почечной артерии как после реперфузии, так и после выполнения неоуретероцистоанастомоза, являются статистически значимыми предикторами сосудистых осложнений ($p < 0,001$). Данные показатели могут обеспечить точность прогноза осложнений на уровне 87,2 и 85,7 % соответственно. Показатель PI после завершения неоуретероцистоанастомоза не показал статистически значимой предиктивной роли в отношении развития сосудистых осложнений ($p = 0,060$).

Относительный риск сосудистых осложнений у пациентов со значением объемной скорости кровотока после реперфузии менее или равном 120 мл/мин равен $15,6 \pm 1,06$ [95% ДИ 1,95 – 124,66]. Относительный риск сосудистых осложнений у пациентов со значением объемной скорости кровотока после выполнения неоуретероцистоанастомоза менее или равном 230 мл/мин равен $10,0 \pm 1,07$ [95% ДИ 1,22 – 81,81]. Относительный риск сосудистых осложнений у пациентов со значением индекса пульсативности после реперфузии больше или равном 1,65 равен $8,59 \pm 1,03$ [95% ДИ 1,14 – 64,65].

3.4 Анализ показателей интраоперационной ультразвуковой флоуметрии в зависимости от типа донора и выполнения сосудистых реконструкций

Выполнен анализ данных 49 пациентов, среди которых у 18 (36,7 %) пациентов донором почки стал родственник, у остальных 31 (63,3 %) пациентов трансплантат получен от посмертного донора. Выполнен сравнительный анализ показателей объемной скорости кровотока по почечной артерии и индекса пульсативности после реперфузии трансплантата, а также после выполнения неоуретероцистоанастомоза, в зависимости от типа донора (Таблица 7).

Таблица 7 – Результаты сравнительного анализа флоуметрических показателей в зависимости от типа донора

Показатель	Живой родственный донор, n = 18	Посмертный донор, n = 31	Достовер ность значений, p
Объемная скорость кровотока по почечной артерии после реперфузии трансплантата (мл/мин) <i>Mean ± SD</i>	298 ± 170	249 ± 146	0,288
PI после реперфузии трансплантата <i>Median (IQR)</i>	1,15 (0,8-1,9)	1,6 (1-2,3)	0,209
Объемная скорость кровотока по почечной артерии после неоуретероцистоанастомоза (мл/мин) <i>Mean ± SD</i>	351 ± 168	312 ± 159	0,422
PI после неоуретероцистоанастомоза <i>Median (IQR)</i>	0,85 (0,6-1,2)	1,4 (0,8-1,8)	0,011

Установлено, что у пациентов с трансплантатом, полученным от живого родственного донора, значение PI после выполнения неоуретероцистоанастомоза оказалось статистически значимо ниже, чем у пациентов, которые получили трансплантат в результате посмертного донорства (медиана 0,85 против 1,4; $p = 0,011$). Остальные показатели, такие как объемная скорость кровотока по почечной артерии после реперфузии и после завершения неоуретероцистоанастомоза, а также PI после реперфузии трансплантата, значимо не различались между исследуемыми группами ($p > 0,05$ по всем показателям).

Выполнен сравнительный анализ показателей объемной скорости кровотока по почечной артерии и PI после реперфузии трансплантата, а также после выполнения неоуретероцистоанастомоза, в зависимости от наличия или отсутствия сосудистых реконструкций (Таблица 8). Всего среди 49 пациентов, сосудистая реконструкция была выполнена в 16 (32,7%) случаях. Остальным 33 (67,3%) пациентам сосудистая реконструкция не выполнялась.

Таблица 8 – Результаты сравнительного анализа флоуметрических показателей в зависимости от типа донора

Показатель	Выполнялась сосудистая реконструкция, n = 16	Не выполнялась сосудистая реконструкция, n = 33	Достовер ность значений, p
Объемная скорость кровотока по почечной артерии после реперфузии трансплантата (мл/мин) <i>Mean±SD</i>	184 ± 135	308 ± 149	0,007
PI после реперфузии трансплантата <i>Median (IQR)</i>	1,8 (1,5-2,05)	1,2 (0,7-1,7)	0,022
Объемная скорость кровотока по почечной артерии после неоуретероцистоанастомоза (мл/мин) <i>Mean±SD</i>	264 ± 153	357 ± 160	0,058
PI после неоуретероцистоанастомоза <i>Median (IQR)</i>	1,4 (0,9-1,7)	1 (0,6-1,6)	0,152

В результате сравнительного анализа обнаружено, что после сосудистой реконструкции наблюдаются статистически значимо более низкие показатели объемной скорости кровотока по почечной артерии (184 ± 135 против 308 ± 149 ; $p = 0,007$) и PI (медиана 1,8 против 1,2; $p = 0,022$) после реперфузии трансплантата. Показатели объемной скорости кровотока и PI после завершения неоуретероцистоанастомоза значимо не различаются между группами. В то же время показатель объемной скорости кровотока после завершения неоуретероцистоанастомоза при необходимой сосудистой реконструкции несколько ниже, чем при ее отсутствии (264 ± 153 против 357 ± 160). Различия при этом значимы на уровне, близком к пороговому ($p = 0,058$).

Для оценки прогностической значимости показателей объемной скорости кровотока по почечной артерии и PI в отношении развития сосудистых осложнений выполнен однофакторный логистический регрессионный анализ (Таблица 9). Точность прогноза оценена по критерию Хосмера-Лемешова. Качество модели в целом представлено в виде коэффициента детерминации Нэйджелкерка. Статистическая значимость модели оценена по критерию Хи-квадрат Вальда.

Таблица 9 – Результаты однофакторного логистического регрессионного анализа

Фактор	Регрессор $B \pm SE$	Константа $B \pm SE$	Н-L тест	R^2	Достовер ность значений модели, p
Объемная скорость кровотока по почечной артерии после реперфузии трансплантата (мл/мин)	$-0,015 \pm 0,006$	$0,627 \pm 0,864$	0,553	0,408	0,011
PI после реперфузии трансплантата	$0,242 \pm 0,148$	$-2,583 \pm 0,596$	0,164	0,142	0,101
Объемная скорость кровотока по почечной артерии после неоуретероцисто-анастомоза (мл/мин)	$-0,011 \pm 0,005$	$0,758 \pm 1,002$	0,868	0,326	0,018
PI после неоуретероцисто-анастомоза	$0,274 \pm 0,17$	$-2,5 \pm 0,587$	0,214	0,091	0,108
Примечание: B – коэффициент регрессии; SE – standard error (стандартная ошибка); Н-L тест – тест Хосмера-Лемешова; R^2 – коэффициент детерминации Нэйджелкерка.					

По данным регрессионного анализа установлено, что сосудистые осложнения имеют надежную статистически значимую зависимость от показателей объемной скорости кровотока по почечной артерии как после реперфузии трансплантата ($p = 0,011$), так и после выполнения неоуретероцистоанастомоза ($p = 0,018$). Показатели PI не продемонстрировали надежной предиктивной роли в отношении развития сосудистых осложнений.

Показатели объемной скорости кровотока по почечной артерии имеют отрицательные коэффициенты регрессии, что говорит о том, что с увеличением их значений вероятность развития сосудистых осложнений снижается. Снижение вероятности осложнений происходит в среднем на 1 % на каждую единицу объемной скорости кровотока.

Вероятность развития осложнений в целом на 40,8 % зависит от результатов объемной скорости кровотока по почечной артерии после реперфузии трансплантата и на 32,6 % – от результатов после выполнения неоуретероцистоанастомоза. Таким образом, значения после реперфузии

трансплантата являются более надежными предикторами, чем значения после завершения неоуретероцистоанастомоза.

На основании полученных данных о предиктивной значимости объемной скорости кровотока по почечной артерии после реперфузии трансплантата и после выполнения неоуретероцистоанастомоза, выполнен расчет вероятностей развития осложнений. Аналогичным образом выполнен расчет вероятности осложнений в зависимости от показателей PI. Расчетные вероятности в зависимости от значений PI представлены на рисунке 16.

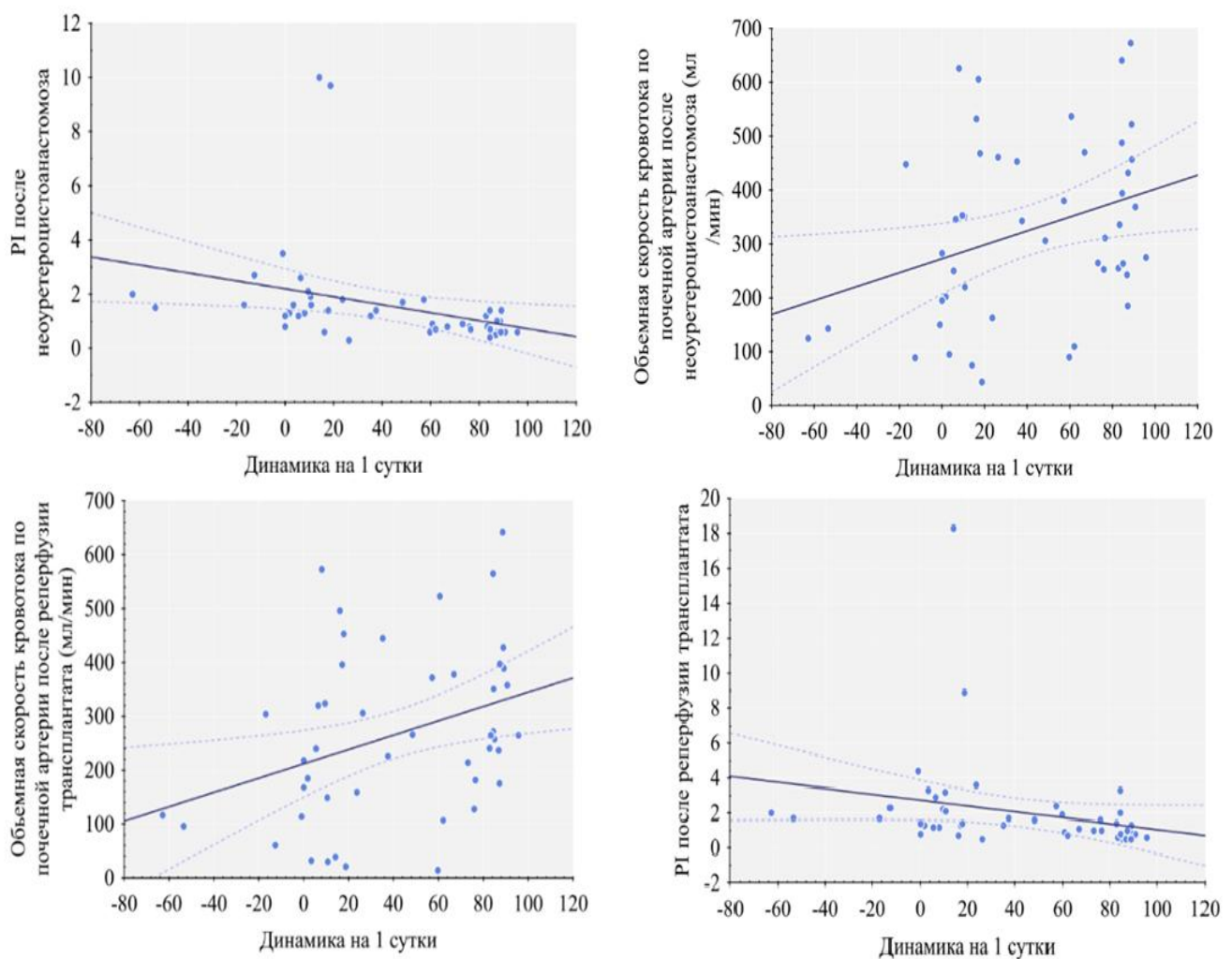


Рисунок 16 – Расчет вероятностей развития осложнений

В результате оценки предиктивной значимости данных показателей, выявлено отсутствие их статистически значимой роли в прогнозе сосудистых осложнений.

Клиническое наблюдение № 2

В возрасте 57 лет, 16 мая 2023 года, пациентка Г. была срочно госпитализирована в хирургическое отделение № 1 ФГБУ «НМИЦ ТИО им. ак. В.И. Шумакова» Минздрава России в связи с наличием подходящего органа от посмертного донора для выполнения трансплантации почки.

При поступлении пациентка предъявляла жалобы на слабость, головокружение и повышенную утомляемость. Общее состояние больной было расценено как средней степени тяжести. Кожные покровы имели нормальный телесный цвет и обычную влажность, патологические высыпания отсутствовали, но отмечалось наличие отеков. Видимые слизистые оболочки розового цвета, без признаков патологических изменений. Подкожно-жировая клетчатка характеризовалась избыточным развитием, что было связано с ожирением. Пальпация лимфатических узлов изменений не выявила — они были неизменены и не увеличены. Костно-мышечная система пациентки не имела признаков патологии. Аускультация легких выявила везикулярное дыхание, которое проводилось во всех отделах, хрипы отсутствовали. ПеркуSSIONные исследования грудной клетки не выявили смещения границ сердца, а аускультативно тоны сердца были ясными и ритмичными, патологические шумы не определялись.

Исследование органов брюшной полости не выявило болезненности при пальпации. Печень не выходила за пределы реберной дуги, селезенка не пальпировалась. Живот имел увеличенные размеры, что было обусловлено наличием поликистозных изменений почек. Стул был оформленным, без патологических включений, симптомы раздражения брюшины отсутствовали. Почки на пальпацию определялись увеличенными и бугристыми, однако симптом покалывания был отрицательным. Мочеиспускание сохранялось свободным и безболезненным, объем суточного диуреза составлял 1,4 литра.

Жизненные показатели пациентки включали частоту пульса 89 уд/мин, артериальное давление 150/90 мм рт. ст., частоту дыхательных движений 17 в минуту, а уровень насыщения крови кислородом (сатурация) составлял 98 %.

На момент госпитализации в области передней брюшной стенки был установлен катетер для перитонеального диализа. Кожные покровы в области его выхода были без признаков воспаления, патологическое отделяемое отсутствовало.

Лабораторные исследования демонстрировали повышенный уровень креатинина (597 мкмоль/л) и мочевины (21,7 ммоль/л), что указывало на хроническую почечную недостаточность. Остальные показатели биохимического анализа крови и общего анализа крови находились в пределах нормы, с небольшими отклонениями, характерными для состояния пациентки, включая умеренно повышенный уровень С-реактивного белка (10 мг/л). Иммуногематологическое исследование подтвердило наличие группы крови А (II) Rh+, антиген Kell отсутствовал.

Интраоперационно, после обработки операционного поля в правой подвздошной области, был выполнен стандартный линейный кожный разрез с послойным доступом в забрюшинное пространство. Проведен тщательный гемостаз, после чего были выделены основные сосуды: наружная подвздошная артерия, наружная подвздошная вена и общая подвздошная артерия. В операционную рану помещён трансплантат почки, предварительно обработанный и подготовленный к трансплантации. Артерии трансплантата включали три ответвления: основную артерию диаметром 7 мм и две дополнительные артерии диаметром 3–4 мм.

Для реконструкции кровоснабжения трансплантата была выполнена следующая артериальная реваскуляризация: артериальный анастомоз трансплантата (предварительно дополнительные артерии анастомозированы в бок основной артерии) с общей подвздошной артерией, а венозный анастомоз — с наружной подвздошной веной. После восстановления кровотока трансплантат приобрел розовый цвет, а из мочеточника появилась моча. На заключительном этапе был выполнен неоуретроцистоанастомоз, однако при завершении операции трансплантат потерял розовый цвет, а пульсация его сосудов ослабела.

Для уточнения состояния результата реваскуляризации была проведена интраоперационная флуометрия почечной артерии (Рисунки 17, 18).

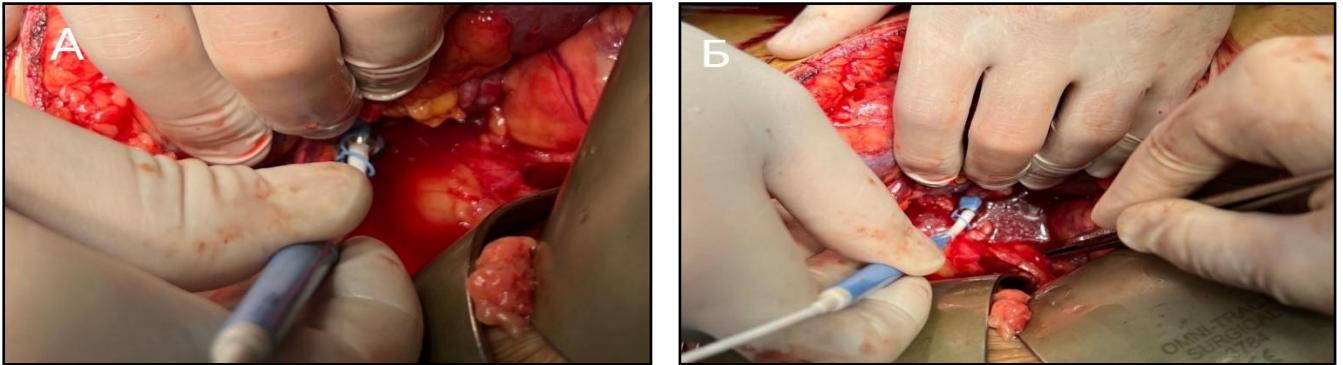


Рисунок 17 – Интраоперационное проведение флуометрии почечной артерии трансплантата: А — измерение после реперфузии трансплантата; Б — измерение после формирования уртероцистоанастомоза

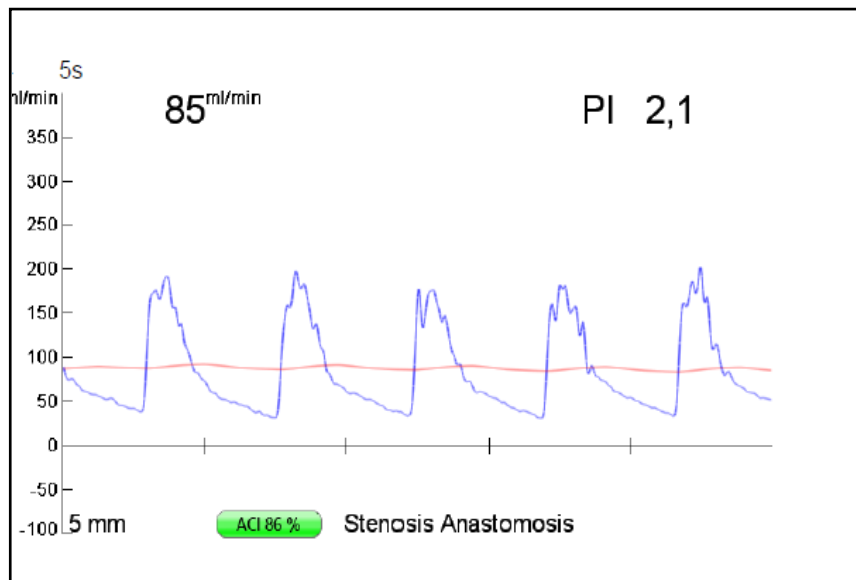
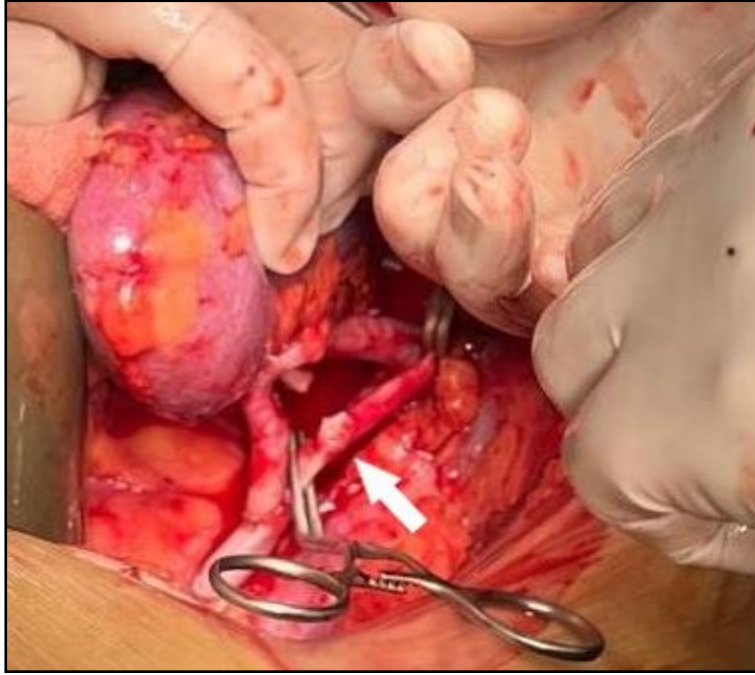


Рисунок 18 – Пациентка Г. Кривая флуометрии почечной артерии

После анализа скорости кровотока трансплантата на основании полученных показателей было принято решение о выполнении реанастомозирования основной артерии почечного трансплантата. Основная артерия была отсечена от зоны первичного анастомоза, после чего культя подвздошной артерии ушита. Затем проведено повторное формирование анастомоза основного ствола артерии, которое было выполнено с наружной подвздошной артерией пациентки (Рисунок 19).



***Рисунок 19 – Реанастомозирование основной артерии трансплантата.
Стрелкой указано место разобщения артериального анастомоза***

В процессе повторного формирования артериального анастомоза, при пальпации вены трансплантата было выявлено уплотнение, соответствующее тромбу. Была произведена венотомия с извлечением тромба, после чего венозный сосуд ушит. После восстановления проходимости венозной и артериальной систем, трансплантат приобрел характерный розовый цвет, что свидетельствовало о восстановлении кровотока. Интраоперационная оценка сосудистой перфузии трансплантата подтвердила ее удовлетворительное состояние. При повторном измерении кровотока трансплантата с использованием флоуметрического исследования были зафиксированы удовлетворительные скоростные показатели, а индекс периферического сопротивления (PI) оказался в пределах нормы (Рисунок 20). Рана была обработана антисептическим раствором бетадина, выполнена установка дренажа, после чего произведено послойное ушивание раны.

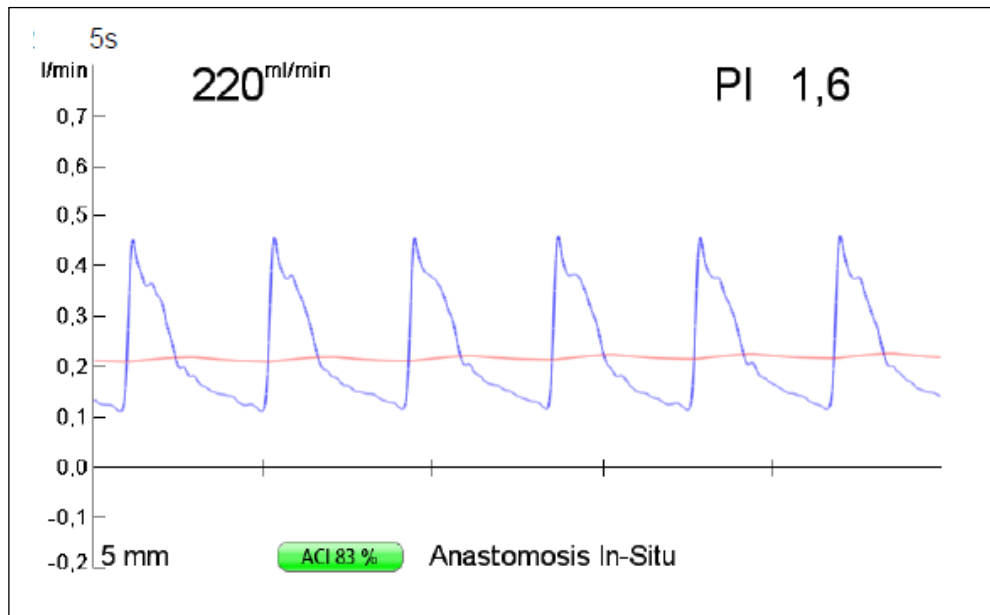


Рисунок 20 – Пациентка Г. Результаты повторного измерения кривой флоуметрии после реанастомозирования артерии трансплантата почки

В последующем послеоперационном наблюдении за реципиентом осложнений выявлено не было. Контрольный дренаж был удален на вторые сутки после операции. Почечный трансплантат имел первичную функцию, необходимость в проведении гемодиализа отсутствовала. На восьмой день послеоперационного периода пациентка была выписана из стационара в удовлетворительном состоянии под амбулаторное наблюдение.

Оценка эффективности, вероятности осложнений и предиктивной значимости показателей

Проведенное клиническое исследование, направленное на оценку эффективности методики интраоперационной флоуметрии и ее предиктивной значимости в профилактике сосудистых осложнений при трансплантации почки, демонстрирует высокий уровень научной и клинической значимости.

Одной из задач данного исследования было изучение потенциала предсказания сосудистых осложнений у реципиентов почечного трансплантата, опираясь на показатели объемной скорости почечного кровотока и пульсативного индекса. В контексте данной задачи предполагалось оценить частоту возникновения сосудистых осложнений в раннем послеоперационном периоде у пациентов, перенесших трансплантацию почки, с применением

интраоперационной оценки объемной скорости кровотока в почечной артерии с помощью ультразвуковой флоуметрии, а также без использования этого метода. Кроме того, исследование включало определение пороговых значений объемной скорости кровотока и индекса пульсативности после реперфузии, а также после выполнения неоуретероцистоанастомоза, которые были связаны с риском развития сосудистых осложнений в раннем послеоперационном периоде у реципиентов почки.

В ходе исследования установлено, что в группе без применения флоуметрии частота сосудистых осложнений после трансплантации почки составила 7 %. В группе с применением флоуметрии сосудистые осложнения были выявлены интраоперационно на уровне 12%. Своевременное и точное измерение кровотока, а также возможность быстрого реагирования на возникающие изменения на этапе интраоперационного наблюдения позволили сохранить почечные трансплантаты, исключив случаи потери в данной группе пациентов и снизив в конечном итоге уровень сосудистых осложнений в данной группе до 0%.

Это подчеркивает важность своевременного и точного измерения кровотока, а также возможности быстрого реагирования на изменения во время операции, что, в свою очередь, способствует снижению риска потери почечных трансплантатов и улучшению клинических результатов. Таким образом, результаты исследования подтверждают значимость интраоперационного контроля с помощью флоуметрии для повышения безопасности, эффективности и улучшения результатов трансплантации почки.

Показатели объемной скорости кровотока по почечной артерии (94 ± 93 мл/мин при осложнениях против 291 ± 147 мл/мин при их отсутствии; $p = 0,002$) и пульсативного индекса ($PI = 2$ против $PI = 1,3$ без осложнений; $p = 0,037$) после реперфузии трансплантата продемонстрировали различия в группах, что подтверждает их роль в прогнозировании осложнений.

Объемная скорость кровотока по почечной артерии после реперфузии и после выполнения неоуретероцистоанастомоза оказалась наиболее информативным предиктором развития интраоперационных и послеоперационных осложнений. По результатам ROC-анализа, площадь под кривой (AUC) составила 0,872 ($p < 0,001$), что позволяет классифицировать данный показатель как достаточно чувствительный ($Se = 83,3 \%$) и специфичный ($Sp = 88,4 \%$) фактор риска при кровотоке ≤ 120 мл/мин.

Пульсативный индекс (PI) после реперфузии трансплантата также показал значимость ($AUC = 0,764$, $p < 0,001$), однако является менее точным показателем, чем скорость кровотока. Его предиктивная роль была ограничена (чувствительность – 83,3 %, специфичность – 65,1 % при $PI \geq 1,65$).

Метод интраоперационной флоуметрии позволил оперативно идентифицировать неудовлетворительный кровоток через сосудистые анастомозы трансплантата, что привело к коррекции хирургическим путём (повторного формирования артериального анастомоза), исключив последующее развитие ишемических и тромботических осложнений. Примером является клиническое наблюдение № 2, где повторное измерение флоуметрических показателей после реанастомозирования почечной артерии трансплантата подтвердило успешность коррекции.

Анализ предикторов осложнений показал значительные различия в характеристиках, таких как возраст реципиентов и доноров. Именно у более возрастных доноров и реципиентов отмечались статистически значимые изменения показателей флоуметрии, сопровождающиеся высоким риском осложнений, что подчеркивает необходимость дифференцированного подхода при трансплантации.

Предложенная прогностическая модель, основанная на показателях флоуметрии, обеспечивает высокую точность предсказания вероятности сосудистых осложнений: при объемной скорости кровотока менее 120 мл/мин вероятность осложнений превышает 54,5 %, тогда как при значении ≥ 350 мл/мин риск снижается до менее 1 %. PI после реперфузии, превышающий 1,65,

увеличивает вероятность осложнений до 65,1 %, что обуславливает необходимость принятия оперативных мер по их коррекции.

Интеграция методики ультразвуковой флоуметрии при трансплантации почки позволяет существенно повысить точность диагностики в процессе оперативного вмешательства, минимизируя риск тромбозов сосудистых анастомозов, ишемии почечных трансплантатов и других серьезных осложнений. Она обладает высокой предиктивной значимостью, особенно при использовании показателей объемной скорости кровотока по почечной артерии и PI. Рекомендуется внедрение флоуметрии в стандарт операционных вмешательств при трансплантации почек для достижения более высокой выживаемости трансплантатов и снижения частоты ранних сосудистых осложнений.

ГЛАВА 4 ХИРУРГИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА СОЗДАНИЯ СОСУДИСТЫХ АНАСТОМОЗОВ ИЛИ ВЫПОЛНЕНИЯ АРТЕРИАЛЬНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ ПРИ НАЛИЧИИ ДВУХ И БОЛЕЕ АРТЕРИЙ ТРАНСПЛАНТАТА ПОЧКИ

Наличие почечного трансплантата с артериальными анатомическими вариациями существенно осложняет выполнение реконструктивного этапа операции, поскольку эффективность восстановления адекватного артериального кровоснабжения играет ключевую роль в обеспечении как краткосрочной, так и долгосрочной функциональной выживаемости трансплантата.

Лапароскопическая нефрэктомия у живых доноров сегодня признана стандартным методом изъятия почки для трансплантации. Ранее наличие множественных почечных артерий у родственных доноров считалось относительным противопоказанием для изъятия органа, что объяснялось техническими сложностями выполнения сосудистой реконструкции, а также повышенным риском развития сосудистых и урологических осложнений. Дополнительное увеличение продолжительности операции и времени холодовой ишемии создавало дополнительные риски для трансплантата и реципиента. Однако современные достижения и усовершенствования в области хирургических методов сосудистой реконструкции позволили устранить эти ограничения, обеспечив сопоставимые результаты трансплантации у пациентов с множественными почечными артериями.

Накопленный клинический опыт позволяет выделить и успешно применять различные подходы к реконструктивной коррекции артериального кровоснабжения при трансплантации почек с двумя и более почечными артериями.

4.1 Сравнительный анализ клинических результатов трансплантации почки от живого родственного донора при наличии двух и более артерий трансплантата

За период с мая 2022 по июль 2023 гг. было выполнено 102 трансплантации почки от живого родственного донора. Среди которых было 58 (56,9 %) мужчин и 44 (43,1 %) женщин. Средний возраст выборки составил $26,8 \pm 13,1$ (от 1 до 67) лет. Выборка была распределена на 2 группы сравнения. В первой группе было 84 (82,4 %) пациента, у которых одна артерия трансплантата. Пациенты с несколькими артериями трансплантата составили вторую группу из 18 человек (17,6 %). Оценка адекватности почечного кровотока проводилась с использованием клинических и инструментальных методов, таких как визуальный контроль цвета трансплантата после реперфузии, оценка пульсации сосудов, а также использование доплерографического контроля постфактум (интраоперационно и в ранний послеоперационный период).

Пациенты в данном исследовании были распределены по группам на основании анатомических особенностей сосудистой системы трансплантата, что представляет собой ключевой критерий для классификации:

1. Пациенты с одной артерией трансплантата (первая группа): этот тип анатомического строения проще в техническом исполнении во время операции и встречается чаще.
2. Пациенты с несколькими артериями трансплантата (вторая группа): трансплантаты с несколькими артериями требуют более сложного подхода при выполнении сосудистых анастомозов, что может влиять на непосредственные и отдаленные результаты трансплантации, такие как перфузия почки и риски осложнений.

Трансплантации почек проводились от двух разных типов доноров:

1. Живые родственные доноры (102 трансплантации): средний возраст реципиентов в этой группе составил $26,8 \pm 13,1$ лет, что значительно ниже, чем в группе с почками от посмертных доноров.
2. Доноры со смертью мозга (посмертные доноры) (176 трансплантаций): реципиенты из этой группы старше ($44,6 \pm 16,3$ года), что, скорее всего, связано с различными факторами доступности трансплантатов.

Таким образом, пациенты в обеих подгруппах (от живых и посмертных доноров) дополнительно были разделены на группы сравнения по структурным особенностям их трансплантатов (одна или несколько артерий) (Таблицы 10, 11). Это позволяет более точно анализировать влияние анатомических факторов на хирургические, функциональные и отдаленные результаты трансплантации.

Таблица 10 – Сравнительный анализ пациентов с почечными трансплантатами от живых и посмертных доноров в зависимости от количества артерий трансплантата

Показатель	Трансплантация		Достоверность значений, р
	от живого родственного донора (n=102)	от посмертного донора (n=176)	
Пол: мужчины, n (%) женщины, n (%)	58 (56,9%) 44 (43,1%)	106 (60,2%) 70 (39,8%)	0,983
Средний возраст, лет (минимум/максимум)	26,8 ± 13,1 (1 – 67)	44,6 ± 16,3 (2 – 69)	<0,001
Первая группа (одна артерия трансплантата)	84 пациента (82,4%)	138 пациентов (78,4%)	0,819
Вторая группа (несколько артерий трансплантата)	18 пациентов (17,6%)	38 пациентов (21,6%)	0,567

Пациенты, которым была проведена трансплантация от живого родственного донора, оказались значимо моложе, чем пациенты, которым проведена трансплантация от посмертного донора ($p < 0,001$). Распределение пациентов по полу статистически достоверно не различалось.

Таблица 11 – Сравнительный анализ демографических данных и характеристик дооперационного периода у пациентов с почечными трансплантатами в зависимости от количества артерий трансплантата

Показатель	Первая группа	Вторая группа	Достоверность значений, р
Возраст реципиента	26,8 ± 13,3	26,8 ± 12,7	0,985
Мужчины, n (%)	50 (60 %)	8 (44 %)	0,298
Женщины, n (%)	34 (40 %)	10 (56 %)	-
ИМТ	20,9 ± 4,6	20,8 ± 4,7	0,997
Уровень креатинина в сыворотке крови, мкмоль/л ± ст.окл.	750 ± 306	655 ± 216	0,332

Распределение по полу, возрасту, ИМТ и уровню креатинина не различалось значимо между группами ($p > 0,05$). Интраоперационные и послеоперационные переменные приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Интраоперационные и послеоперационные переменные

Показатель	Первая группа	Вторая группа	Достоверность значений, p
Продолжительность операции, мин	175 (150-210)	198 (150-215)	0,502
Объем кровопотери, мл	100 (100-150)	150 (100-200)	0,168
Длительность тепловой ишемии, мин	35 (27-35)	35 (30-40)	0,194
Длительность холодовой ишемии, мин	60 (52-74,5)	77,5 (65-100)	0,004

Продолжительность операции, объем кровопотери, длительность тепловой ишемии не различается значимо между исследуемыми группами ($p > 0,05$). Длительность холодовой ишемии в группе с одной артерией в среднем статистически значимо меньше, чем в группе с несколькими артериями ($77,6 \pm 91,3$ и $85,3 \pm 30,7$ соответственно; $p = 0,004$).

Распределение по виду трансплантата и по типу выполняемой сосудистой реконструкции представлено на рисунках 21, 22.

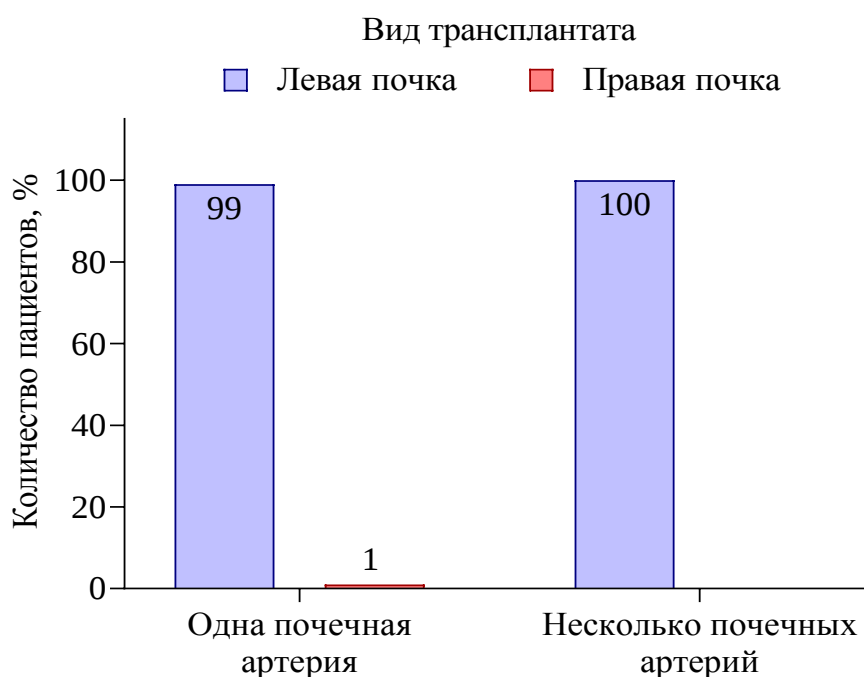


Рисунок 21 – Распределение по виду трансплантата

Вид трансплантата (левая или правая почка) не различаются между группами.



Рисунок 22 – Распределение по типу выполняемой сосудистой реконструкции

В группе с одной артерией сосудистая реконструкция проводилась статистически значимо реже, чем в группе с несколькими артериями (4,8 и 100 % соответственно; $p < 0,001$).

В том числе в группе с одной артерией не выполнялось 2 отдельных артериальных анастомоза в отличие от группы с несколькими артериями (0 и 79 % соответственно; $p < 0,001$). На рисунке 22 представлены средние концентрации креатинина в сыворотке крови у реципиентов почки на 1, 3, 5, 7 и 14 дни после операции (Рисунок 23).

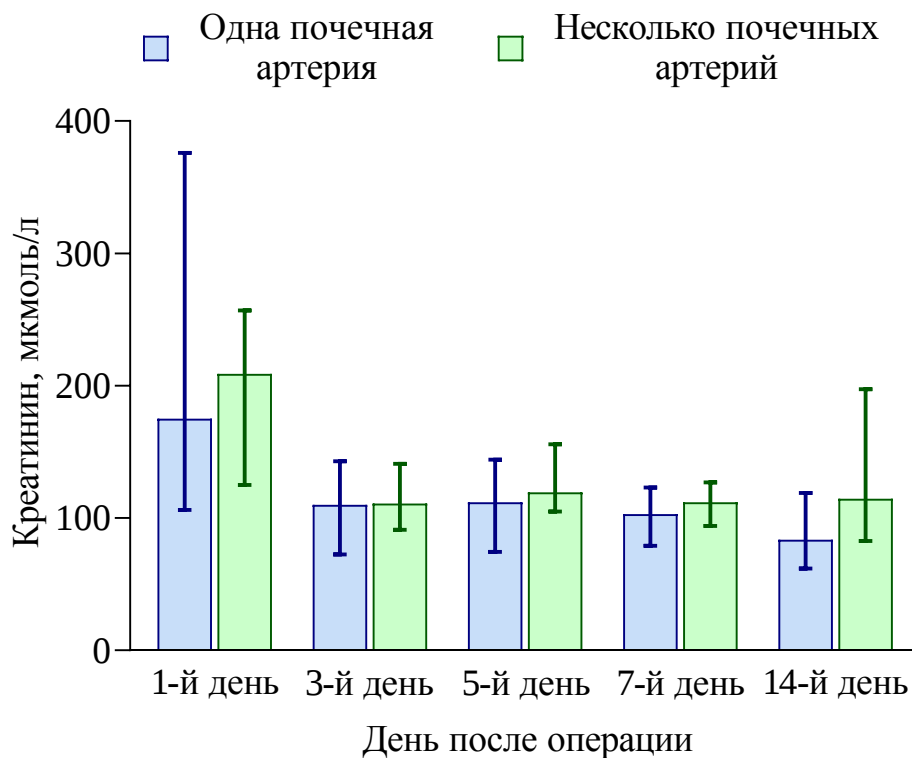


Рисунок 23 – Уровень креатинина в сыворотке крови на 1, 3, 5, 7 и 14 дни после операции

Уровень креатинина в сыворотке крови у реципиентов почки на 1, 3, 5, 7 и 14 дни после операции значимо не различаются между группами.

4.2 Хирургическая техника формирования сосудистых анастомозов или артериальной реконструкции при наличии двух и более артерий трансплантата почки от живого родственного донора

Для подавляющего большинства реципиентов почечного трансплантата, имеющих две артерии, в качестве хирургической техники формирования артериальных анастомозов было выбрано последовательное формирование двух отдельных артериальных анастомозов (11 пациентов). Данная техника в дальнейшем показала свою надежность, безопасность и эффективность. Всем остальным пациентам (3 пациента) в равной доле был сформирован анастомоз между двумя устьями артерий трансплантата и наружной подвздошной артерией по типу «конец в бок», в другом случае дополнительная нижнеполюсная артерия анастомозирована с основной артерией трансплантата «конец в бок», и в третьем

случае дополнительная нижнеполюсная артерия анастомозирована с культей нижней эпигастральной артерией по типу «конец в конец».

Артериальная реконструкция при наличии двух и более артерий почечного трансплантата всегда будет зависеть от длины, калибра сосуда и анатомического расположения каждой артериальной ветви. Существует также несколько особенностей, зависящих не только от анатомии органа, но и от наличия атеросклеротического поражения артериального русла реципиента и предпочтений хирурга. Трансплантация почки от живого родственного донора проводится после выполнения донору мультиспиральной компьютерной томографии брюшной полости с болюсным внутривенным контрастированием.

Наиболее частым используемым нами методом артериальной реконструкции при наличии двух артерий трансплантата является их раздельное, последовательное формирование (Рисунок 24). Этот метод, на наш взгляд, позволяет обеспечить беспрепятственное, надежное и безопасное позиционирование трансплантата в ране и в то же время адекватную проходимость сосудистых анастомозов. Тем самым имеются все возможности избежать сосудистых осложнений в посттрансплантационном периоде.

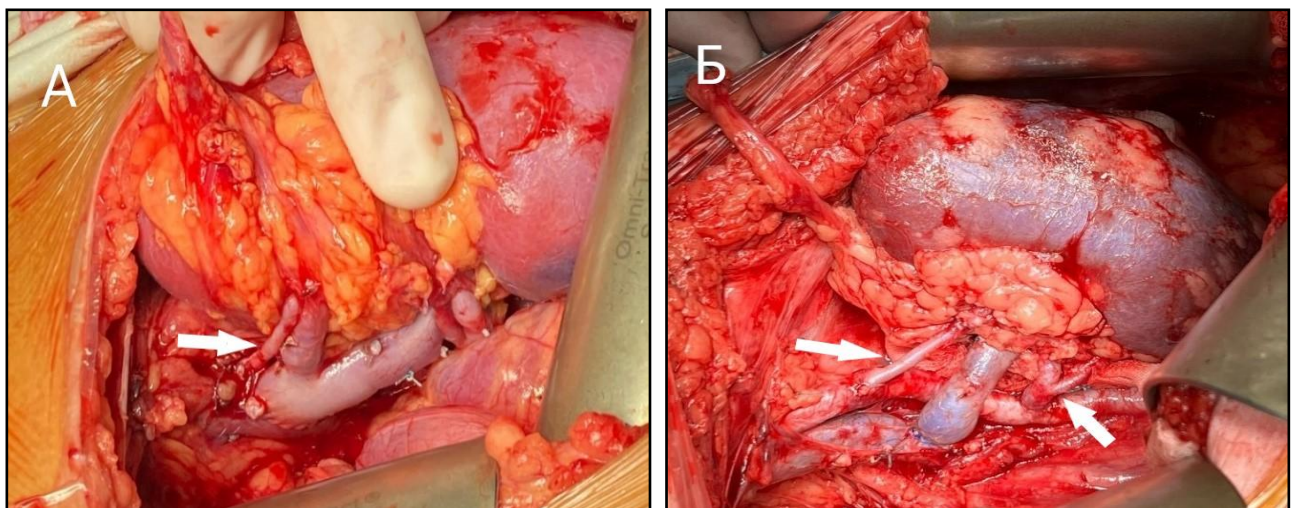


Рисунок 24 – Формирование двух раздельных артериальных анастомозов: А — сформирован артериальный анастомоз нижнеполюсной артерии; Б — расположение трансплантата с двумя артериями в операционной ране. Стрелками указаны сформированные артериальные анастомозы нижнеполюсной артерии и основной артерии трансплантата

Сосудистая стадия операции включает несколько ключевых аспектов, которые следует детально рассмотреть. Прецизионная мобилизация подвздошных сосудов реципиента требует особого внимания к обеспечению надлежащего доступа к наружной подвздошной артерии в необходимом сегменте, что позволяет избежать избыточного спазма подвздошной артерии и оптимизировать последующий этап хирургического вмешательства.

Важным шагом является выполнение сосудистого анастомоза между основной артерией почечного трансплантата и наружной подвздошной артерией реципиента с использованием методики "конец в бок". Аналогично, создается венозный анастомоз между почечной веной трансплантата и наружной подвздошной веной реципиента, также по технике "конец в бок".

Одним из значимых моментов является восстановление кровотока (реперфузия трансплантата), направленное на обеспечение адекватной циркуляции крови в подвздошных артериях реципиента и сосудах трансплантата (Рисунок 25).

Формирование анастомоза нижнеполюсной артерии трансплантата с наружной подвздошной артерией реципиента осуществляется по типу "конец в бок" без временного выключения кровотока основной артерии трансплантата. Завершающим этапом является реваскуляризация нижнеполюсной артерии почечного трансплантата (Рисунок 26).

Заключительным шагом данной стадии операции является финальная укладка почечного трансплантата в подвздошную область, что требует тщательного контроля за правильным позиционированием трансплантата и исключением перекручивания сосудистых структур.

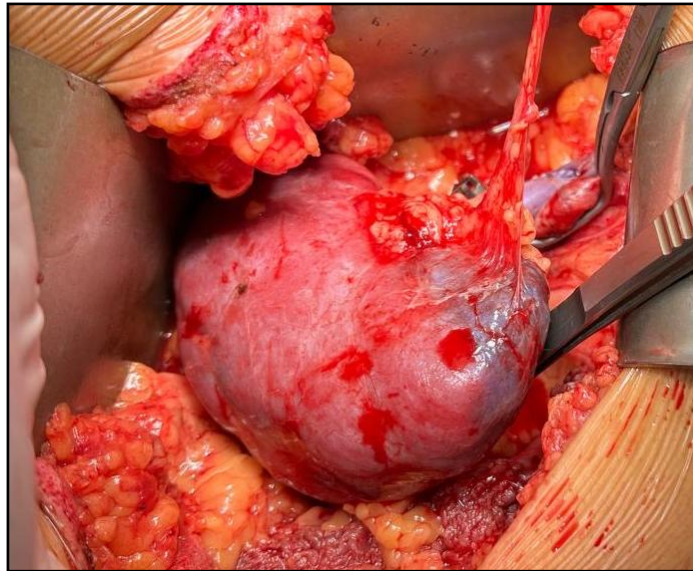


Рисунок 25 – Ишемия нижнего полюса почки до включения в кровоток нижнеполюсной артерии

В ситуациях, когда почечный трансплантат характеризуется наличием верхнеполюсной артерии, осуществляется создание двух отдельных анастомозов, с одновременно проводимой полной реваскуляризацией обеих артерий трансплантата. В процессе данного хирургического вмешательства расчет необходимой длины сосудистых структур осуществляется лишь после формирования анастомоза основной артерии. Такой подход обеспечивает точность и эффективность, что имеет важное значение для успешного функционирования трансплантата и минимизации осложнений.

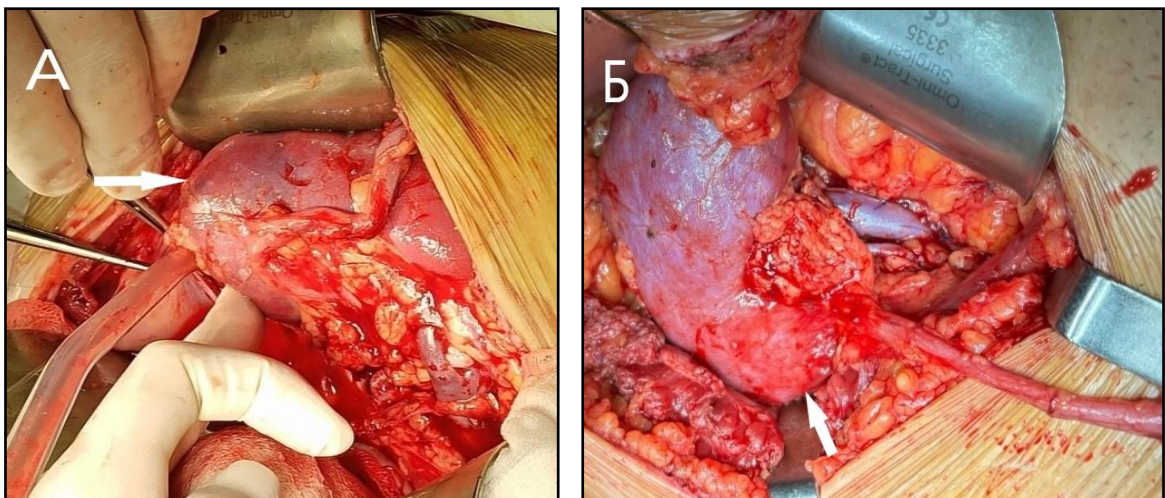


Рисунок 26 – Реперфузия нижнеполюсной артерии: А — начало реперфузии нижнеполюсной артерии; Б — реперфузия нижнеполюсной артерии спустя 5 минут

В некоторых случаях эпигастральную артерию можно использовать для реваскуляризации нижнеполюсной артерии, формируя анастомоз между ними по типу «конец в конец». Но для этого следует оставить необходимую длину эпигастральной артерии при выполнении доступа в забрюшинное пространство, убедиться в подходящем диаметре эпигастральной артерии, а также убедиться в отсутствии выраженного атеросклеротического поражения (Рисунок 27).

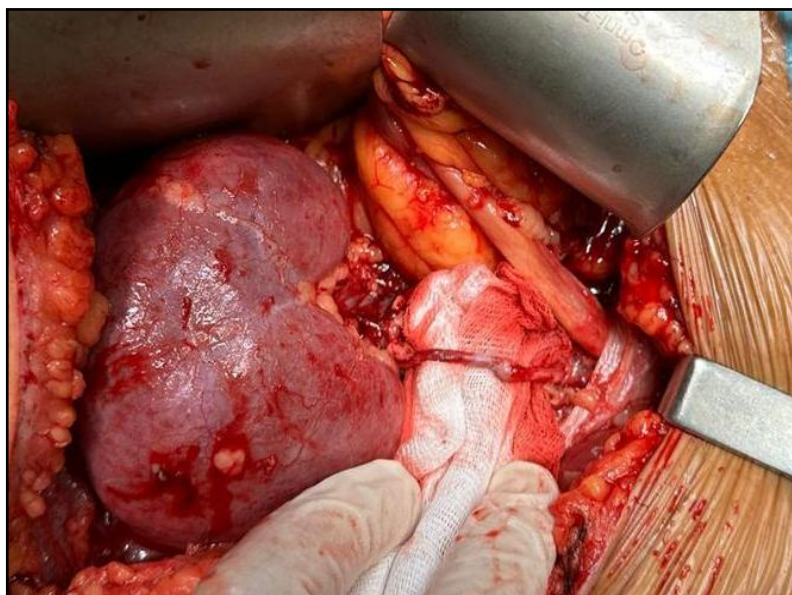


Рисунок 27 – Анастомоз между нижнеполюсной артерией трансплантата и эпигастральной артерией

Сосудистые осложнения в интра- и послеоперационном периоде представлены в таблице 13 и на рисунке 28.

Таблица 13 – Сосудистые осложнения в интра и послеоперационном периоде

Показатель	Первая группа	Вторая группа	Достоверность значений, р
Сосудистые осложнения в интра- и послеоперационном периоде	8 (8 %)	0	0,348
Тромбоз артерии трансплантата	3 (38 %)	0	1
Тромбоз вены трансплантата	0	0	-
Кровотечение, эвакуация гематомы	2 (25 %)	0	1
Нефротрансплантат-эктомия	0	0	-
Проблема с позиционированием трансплантата	3 (38 %)	0	1

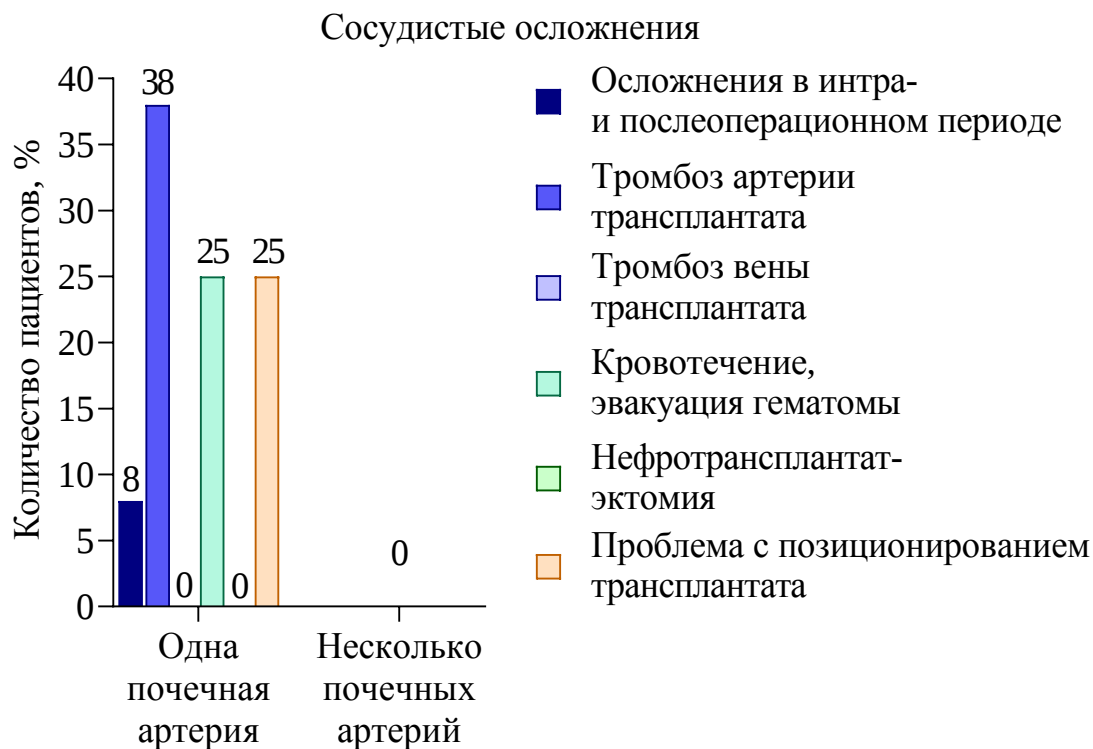


Рисунок 28 – Виды сосудистых осложнений в интра- и послеоперационном периоде

Сосудистые осложнения в интра- и послеоперационном периоде, в том числе по отдельным видам осложнений в группах встречается с равной частотой ($p = 0,348$).

4.3 Сравнительный анализ клинических результатов трансплантации почки от посмертного донора при наличии двух и более артерий трансплантата

За период с мая 2022 по июль 2023 гг. было выполнено 176 трансплантаций почки от посмертного донора, из них 106 (60,2 %) мужчин и 70 (39,8 %) женщин, средний возраст составил $44,6 \pm 16,3$ (от 2 до 69) лет. Выборка была распределена на две группы. Первую группу составили 138 (78,4 %) пациентов с одной артерией трансплантата. Вторую группу составили 38 (21,6 %) пациентов с несколькими артериями трансплантата. Демографические данные и предоперационные характеристики пациентов представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Демографические данные и предоперационные характеристики

Показатель	Первая группа	Вторая группа	Достоверность значений, р
Возраст реципиента, лет	49 (36,9-57,1)	48,6 (38,2-55,8)	0,735
Мужской пол, п (%)	80 (58 %)	20 (53 %)	0,583
Женский пол, п (%)	58 (42 %)	18 (47 %)	-
ИМТ, ед	24 ± 5,8	25,7 ± 5	0,105
Средний уровень креатинина в сыворотке до трансплантации, мкмоль/л	590 ± 272	647 ± 258	0,356

Распределение по полу, возрасту, ИМТ и уровню креатинина не различается значимо между группами ($p > 0,05$). Интраоперационные и послеоперационные переменные приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Интраоперационные и послеоперационные переменные

Показатель	Первая группа	Вторая группа	Достоверность значений, р
Продолжительность операции, мин	153 (130-175)	164 (140-190)	0,051
Объем кровопотери, мл	150 (100-200)	175 (100-250)	0,381
Длительность тепловой ишемии, мин	34 (27-40)	35 (30-40)	0,162
Длительность холодовой ишемии, мин	819 ± 262	834 ± 246	0,750

Продолжительность операции в группе с одной артерией несколько меньше, чем в группе с несколькими артериями (161 ± 57 и 174 ± 47 соответственно). Различия значимы на уровне, близком к пороговому ($p = 0,051$). Объем кровопотери, длительность тепловой и холодовой ишемии оказались сопоставимы в группах сравнения ($p > 0,05$). Вид трансплантата (левая и правая почка) также не различаются в группах на значимом уровне ($p = 0,586$). Количество артерий трансплантата почки в зависимости от вида трансплантата представлено на рисунке 29.

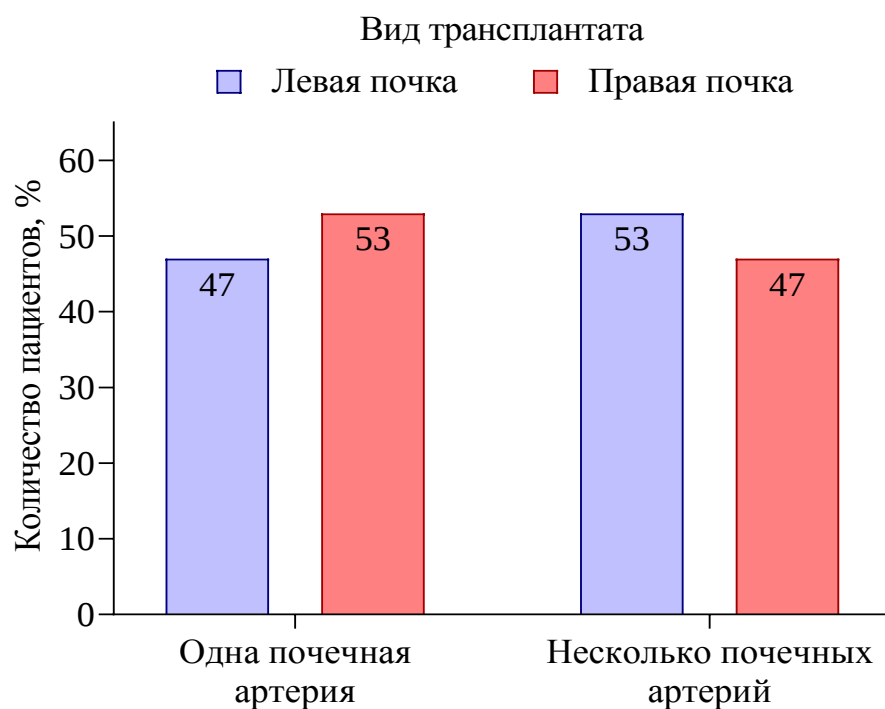


Рисунок 29 – Количество артерий трансплантата почки в зависимости от вида трансплантата

В первой группе сосудистые реконструкции проводились статистически значимо реже, чем во второй группе (6,5 и 97,4 % соответственно; $p < 0,001$). При этом по отдельным видам реконструкций различий не выявлено (Рисунок 30).



Рисунок 30 – Виды сосудистых реконструкций

Проведен сравнительный анализ уровня креатинина в сыворотки крови на 1, 3, 5, 7 дни в исследуемых группах (Рисунок 31).

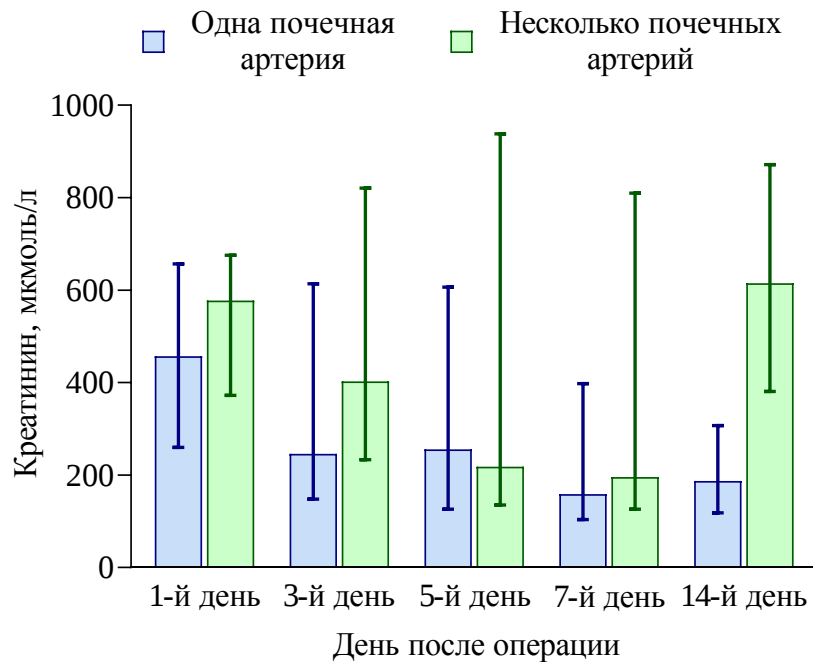


Рисунок 31 – Уровень креатинина сыворотки крови на 1, 3, 5, 7, 14-й день после трансплантации

Значение уровня креатинина в сыворотки крови на 1, 3, 5, 7 дни оказывалось сопоставимо в исследуемых группах ($p > 0,05$). Средний уровень креатинина в сыворотке крови на 14-й день после операции в группе с одной артерией значительно меньше, чем в группе с несколькими артериями ($227,6 \pm 168,9$ и $624 \pm 318,7$ соответственно; $p = 0,003$)

4.4 Хирургическая техника формирования сосудистых анастомозов или артериальной реконструкции при наличии двух и более артерий трансплантата почки от посмертного донора

Две артерии сопоставимой длины и калибра могут быть реконструированы с помощью одного анастомоза «бок в бок» для создания единого соустья по типу «штанов», который в дальнейшем может быть сформирован у реципиента через единый анастомоз «конец в бок» с наружной подвздошной артерией. Две артерии трансплантата при наличии выраженной по диаметру основной артерии и

верхне/нижнеполюсной артерии трансплантата меньшего диаметра могут быть анастомозированы «в бок» основной артерии (Рисунок 32).

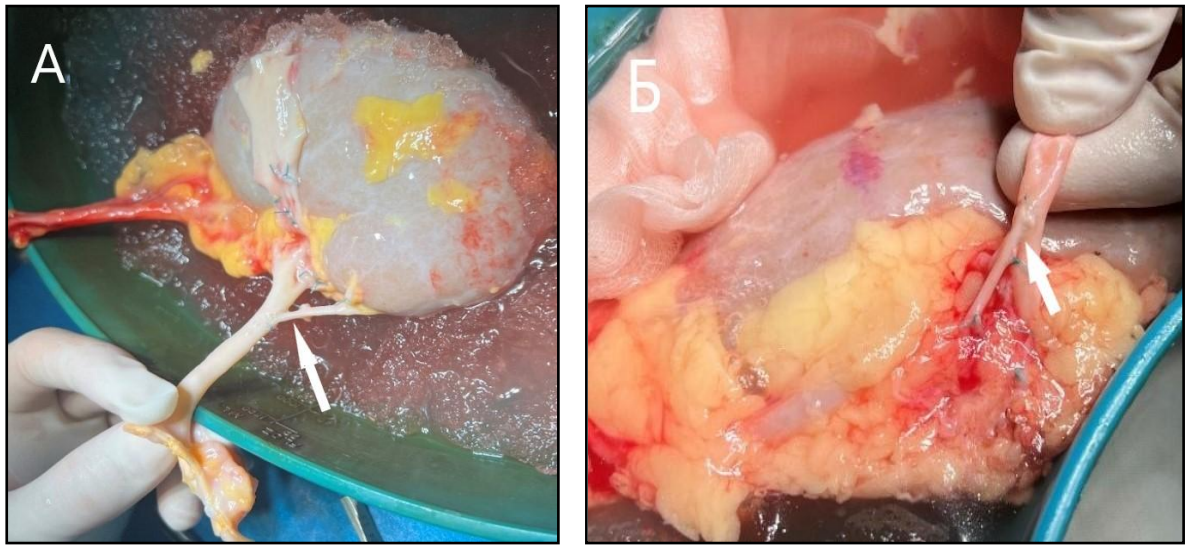


Рисунок 32 – Формирование анастомоза добавочной артерии на этапе back table: А — формирование анастомоза верхнеполюсной артерии с основной артерией трансплантата по типу «конец в бок»; Б — формирование анастомоза нижнеполюсной артерии с основной артерией трансплантата по типу «конец в бок». Стрелками указаны места формирования

Существует возможность анастомозирования их в любом случае – как с наружной, так и с внутренней подвздошной артерией. Однако анастомоз «конец в конец» с подчревным отделом в настоящее время обычно не выполняется, так как внутренняя подвздошная артерия обычно больше подвержена атеросклерозу. Эпигастральную артерию можно использовать для реваскуляризации нижнеполюсной артерии через анастомоз между ними типа «конец в конец» [165].

Иногда две артерии трансплантата, устья которых на аортальной площадке находятся на протяженном расстоянии друг от друга, можно легко решить, укоротив ее путем простой резекции и наложения швов между обеими сторонами, чтобы уменьшить его длину.

По сравнению с двумя три почечные артерии остаются серьезным вызовом, хотя обычно их реконструкция проводится аналогичным образом и в соответствии с принципами сосудистой реконструкции. Вариантом является

соединение «бок в бок» между двумя ветвями, а затем двумя независимыми анастомозами у реципиента. Другой вариант – особенно в случае асимметричных артерий с основным стволом – выполнить 2 анастомоза «конец в бок» с основным стволом с последующим одиночным анастомозом у реципиента.

Надежным вариантом в случае трансплантации почки с тремя артериями является анастомозирование трех артерий независимо друг от друга с наружной подвздошной артерией или анастомозирование трех артерий трансплантата на одной общей аортальной площадке, с предварительной элонгацией почечной вены (Рисунок 33).



Рисунок 33 – Подготовлена аортальная площадка для формирования анастомоза трех артерий трансплантата на одной общей аортальной площадке

В случаях, когда в качестве трансплантата используется правая почка, которая, как правило, имеет короткую почечную вену и две отдельные артерии, наиболее эффективным решением является удлинение почечной вены за счет сегмента нижней полой вены посмертного донора. После этого осуществляется отдельное формирование артериальных анастомозов (Рисунок 34). Такой подход способствует адекватному позиционированию трансплантата в операционной ране, что позволяет предотвратить кинкинг сосудов трансплантата и снижает риск возникновения сосудистых осложнений.

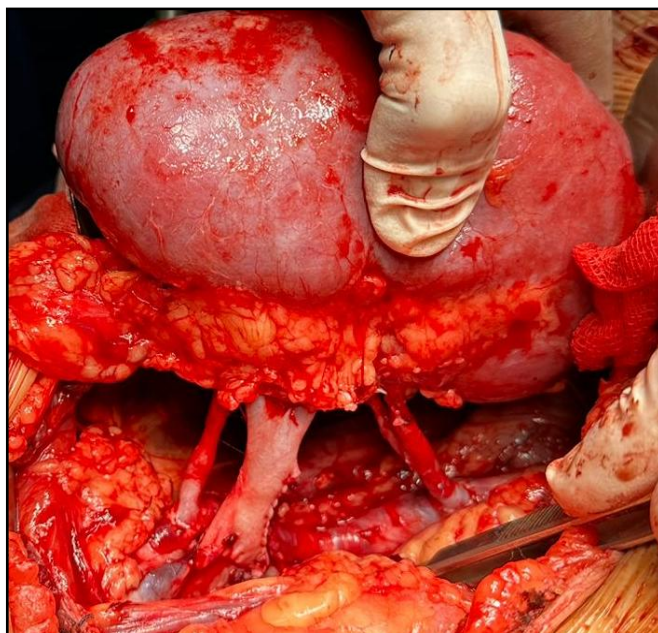


Рисунок 34 – Раздельное формирование анастомозов с удлинением вены трансплантата

Сосудистые осложнения в интра- и послеоперационном периоде в группах (Таблица 16, Рисунок 35) наблюдаются с равной частотой, в том числе по отдельным видам осложнений ($p > 0,05$).

Таблица 16 – Сосудистые осложнения в интра и послеоперационном периоде

Показатель	Первая группа	Вторая группа	Достоверность значений, р
Сосудистые осложнения в интра и послеоперационном периоде, n (%)	7 (5 %)	3 (8 %)	0,452
Тромбоз артерии трансплантата, n (%)	3 (43 %)	0	0,236
Тромбоз вены трансплантата, n (%)	4 (57 %)	2 (50 %)	1
Кровотечение, эвакуация гематомы, n (%)	2 (29 %)	0	0,491
Нефротрансплантатэктомия, n (%)	3 (43 %)	0	0,236
Проблема с позиционированием трансплантата, n (%)	1 (14 %)	1 (25 %)	1

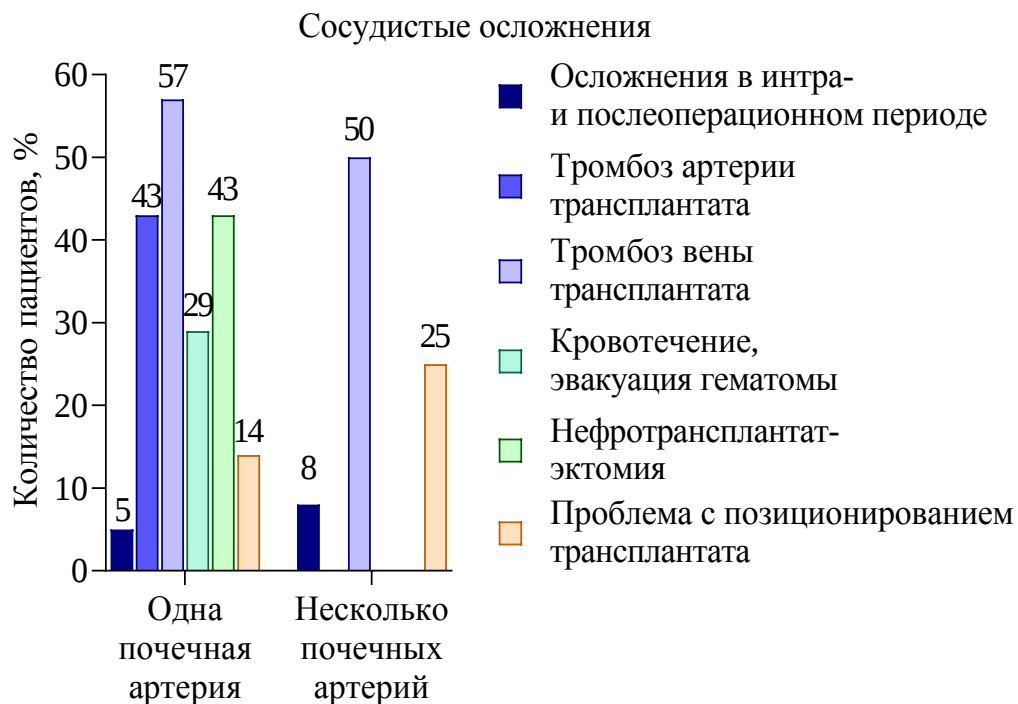


Рисунок 35 – Виды сосудистых осложнений

В проведенном исследовании были проанализированы различные показатели сосудистых осложнений как в интра-, так и в послеоперационном периоде у пациентов, разделенных на две группы. В первой группе, в которую вошли пациенты с одной почечной артерией, было зарегистрировано 7 случаев сосудистых осложнений, что составляет 5% от общего числа наблюдений. Во второй группе, состоящей из пациентов с двумя и более артериями в трансплантате, число сосудистых осложнений составило 3 случая, или 8%. Разница между группами по этому показателю не достигла статистической значимости ($P\text{-value} = 0,452$).

Относительно тромбоза артерии трансплантата, в первой группе было зафиксировано 3 случая (43%), в то время как во второй группе тромбообразование не наблюдалось ($P\text{-value} = 0,236$). Аналогично, тромбоз вены трансплантата был выявлен в 4 случаях (57%) в первой группе и в 2 случаях (50%) во второй группе, что также не дало статистически значимого результата ($P\text{-value} = 1$).

Кровотечения и эвакуации гематом происходили в 2 случаях (29%) в группе с одной артерией, тогда как во второй группе случаи таких осложнений не были зафиксированы ($P\text{-value} = 0,491$). В первой группе нефротрансплантат-эктомия была выполнена в 3 случаях (43%), в то время как во второй группе таких случаев не было ($P\text{-value} = 0,236$). Проблемы с позиционированием трансплантата наблюдались в 1 случае (14%) в первой группе и в 1 случае (25%) во второй группе, однако этот параметр также не показал статистической значимости ($P\text{-value} = 1$).

Клиническое наблюдение № 3

У 48-летнего пациента с терминальной почечной недостаточностью, развившейся на фоне хронического тубулоинтерстициального нефрита, заболевание было впервые диагностировано в 2017 году, когда уровень креатинина составил 135 мкмоль/л. В 2020 году отмечалось прогрессирование почечной недостаточности, сопровождавшееся протеинурией 3–5 г/л и повышением уровня креатинина до 195–302 мкмоль/л. Пациент с диагнозом хроническая болезнь почек наблюдался у врача-нефролога. В дальнейшем он был госпитализирован в связи с обострением состояния, обусловленным развитием уремии и гиперкалиемии, и по витальным показаниям начата заместительная почечная терапия. Для обеспечения доступа к гемодиализу была сформирована артериовенозная фистула в нижней трети левого предплечья, после чего центральный венозный катетер был удален.

Пациент был госпитализирован 14 апреля 2022 года в ФГБУ «НМИЦ ТИО им. ак. В.И. Шумакова» для выполнения трансплантации почки от потенциального посмертного донора. При предоперационном обследовании, включая компьютерную томографию с внутривенным контрастированием, был выявлен атеросклероз общей и наружной подвздошных артерий от умеренной до тяжелой степени. Несмотря на это, пациент субъективно жалоб не предъявлял, а ультразвуковая доплерография подтвердила наличие двухфазного кровотока. Однако в ходе оперативного вмешательства обнаружено, что правая общая и

наружная подвздошная артерия полностью кальцифицирована, что сделало невозможным выполнение прямого артериального анастомоза. Учитывая высокую вероятность аналогичного поражения наружной подвздошной артерии с левой стороны, было принято решение провести ее полную резекцию с последующей заменой на венозный сегмент, заготовленный из донорского материала при изъятии органа.

В рамках операции были определены безопасные участки для рассечения артерии и наложения анастомозов. После установки мягких сосудистых зажимов была выполнена проксимальная и дистальная резекция кальцифицированного участка артерии, дополненная протяженной эндартерэктомией, призванной обеспечить адекватные условия для последующего сосудистого шва (Рисунок 36).

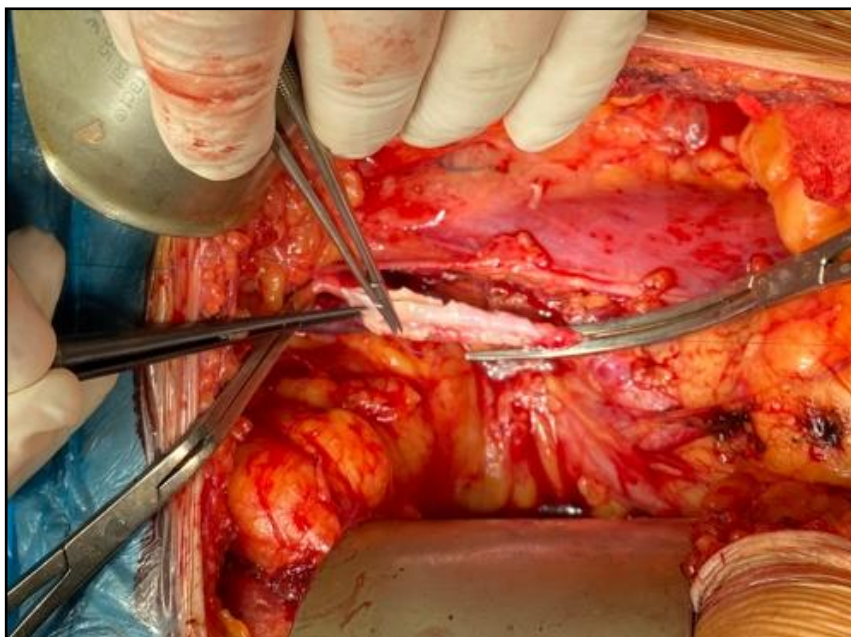


Рисунок 36 – Эндартерэктомия наружной подвздошной артерии

Была изготовлена венозная заплатка необходимой длины для устранения сформировавшегося дефекта. Проведен анастомоз между венозной заплатой и соответствующим участком наружной подвздошной артерии реципиента (Рисунок 37). Аллотрансплантат почки имел две артерии (основную и нижнеполюсную), расположенные на значительном расстоянии друг от друга, что потребовало выполнения двух отдельных сосудистых анастомозов.

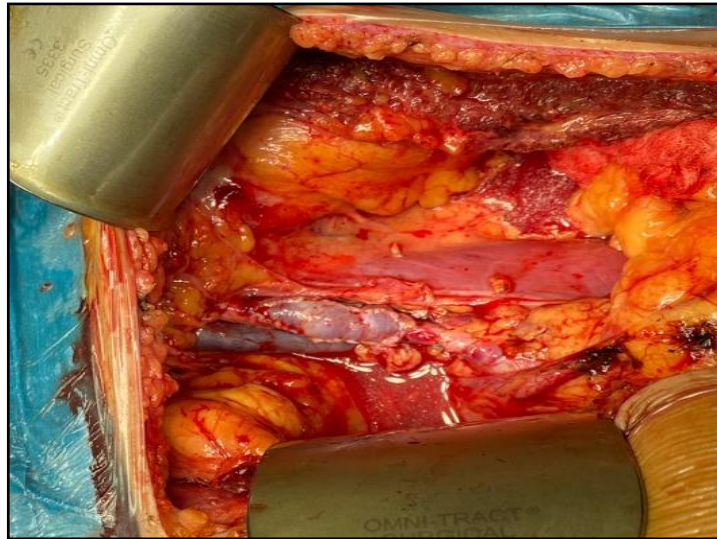


Рисунок 37 – Формирование заплаты из донорской вены

Трансплантат имел две отдельно расположенные артерии (основную и нижнеполюсную артерию). Было сформировано два отдельных артериальных анастомоза с сосудистой заplatой и наружной подвздошной веной реципиента (Рисунок 38). Следует подчеркнуть, что время тепловой ишемии составило 28 минут, после чего трансплантат приобрел равномерно-розовый цвет с первичной функцией в послеоперационном периоде.

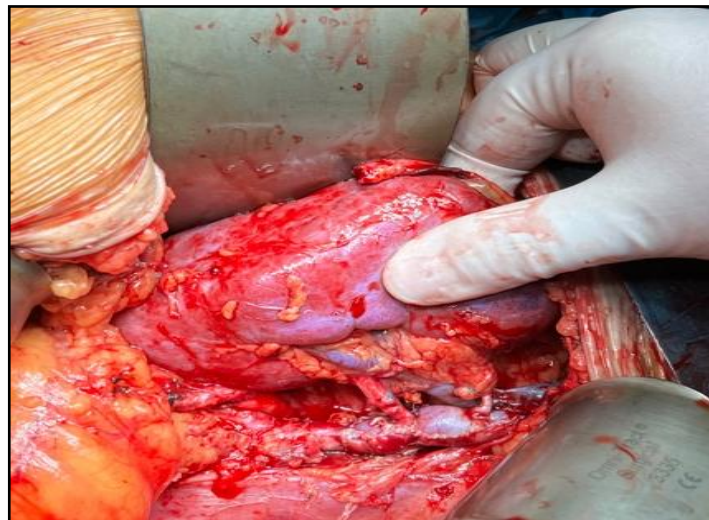


Рисунок 38 – Формирование отдельных артериальных анастомозов

Проведенное контрольное доплеровское ультразвуковое исследование после трансплантации почки подтвердило адекватный кровоток в области трансплантата. На 14-й день после операции пациент был выписан с уровнем мочевины в крови, составившим 18 мкмоль/л, и сывороточном креатинине, равном 258 мкмоль/л.

4.5 Алгоритм интраоперационной профилактики и сосудистых осложнений у реципиентов почки

На основании полученных результатов, были разработаны показания и рекомендации по профилактике сосудистых осложнений у реципиентов почки. На рисунке 39 представлен алгоритм действий, которые следует предпринять в случае неудовлетворительных показателей почечного кровотока.

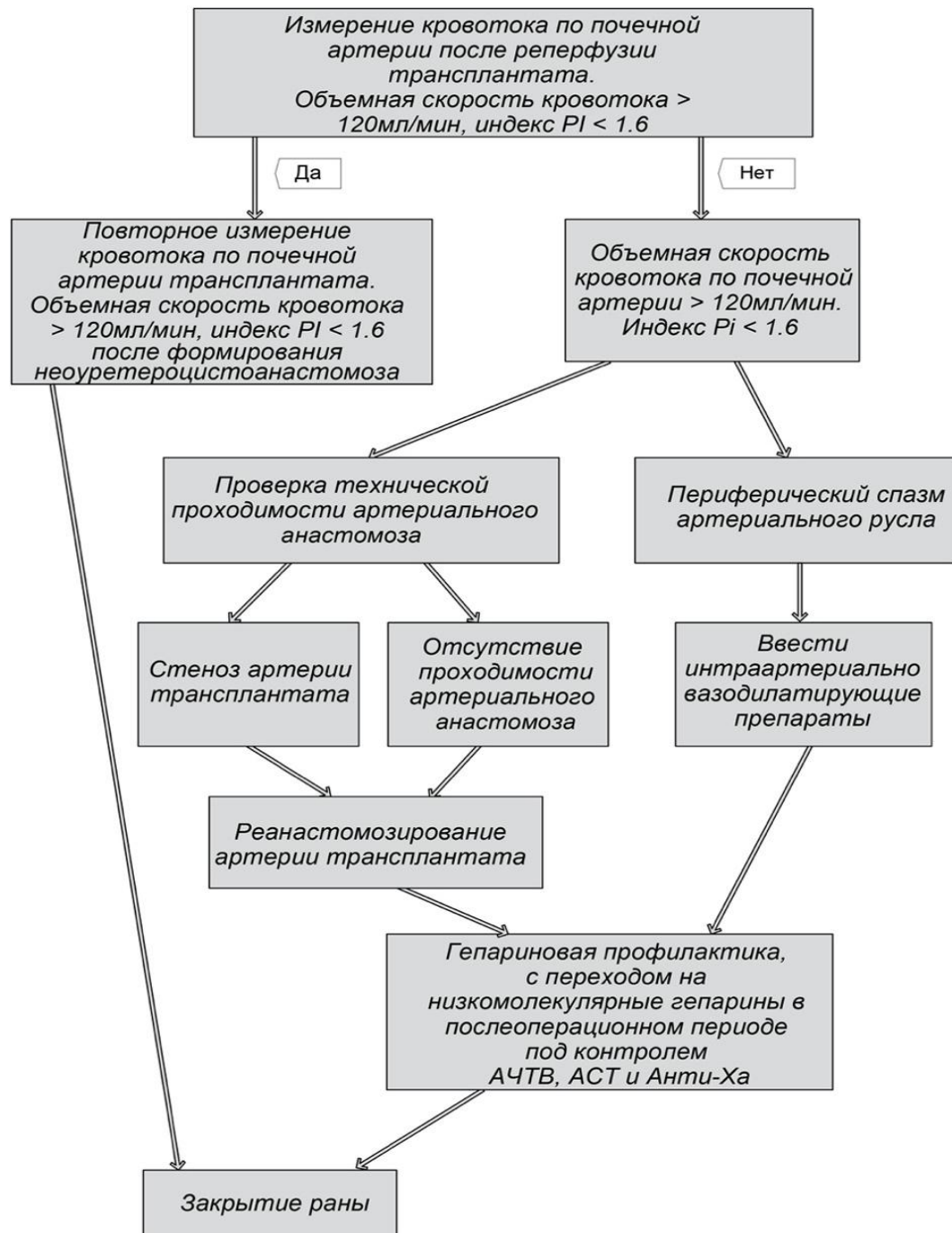


Рисунок 39 – Порядок действий, которые следует предпринять при обнаружении неудовлетворительных показателей почечного кровотока
Примечание: PI – индекс пульсативности

Алгоритм оценки артериального анастомоза почечного трансплантата представляет собой последовательность действий, направленных на контроль адекватности кровоснабжения трансплантата почки, диагностику и коррекцию возможных нарушений. Его использование позволяет не только обеспечить нормальное функционирование трансплантата, но и минимизировать риск сосудистых осложнений в послеоперационном периоде.

Детальное описание этапов:

Шаг 1. Измерение кровотока по почечной артерии после реперфузии трансплантата

Первым этапом после реперфузии трансплантата производится измерение основных параметров кровообращения по почечной артерии. Оцениваются два ключевых показателя: объемная скорость кровотока и пульсативный индекс.

- Если объемная скорость кровотока превышает 120 мл/мин, а индекс пульсативности (PI) ниже 1.6, это свидетельствует об адекватности кровоснабжения трансплантата. В таком случае процесс завершается, переходя к заключительному этапу — закрытию операционной раны.

- Если параметры кровотока не соответствуют указанным критериям, это указывает на наличие сосудистых проблем, и переходят к следующему этапу для уточнения причины нарушения.

Шаг 2. Повторное измерение кровотока после формирования неоуретероцистоанастомоза

На этом этапе, после выполнения неоуретероцистоанастомоза (соединения мочеточника трансплантата и мочевого пузыря реципиента), осуществляется повторный контроль параметров кровообращения в почечной артерии.

- Если после проведенных манипуляций объемная скорость кровотока превышает 120 мл/мин, а индекс пульсативности находится ниже 1.6, это свидетельствует о восстановлении адекватного кровоснабжения трансплантата, и операционный процесс завершается (переход к закрытию раны).

- Если параметры не соответствуют норме, переходят к следующему этапу для проверки сосудистого анастомоза.

Шаг 3. Проверка технической проходимости артериального анастомоза

На данном этапе проводится техническая ревизия (проверка) проходимости артериального анастомоза почечного трансплантата.

- Если технические проблемы присутствуют, алгоритм предусматривает две возможные ситуации:

1. Выявление стеноза (сужения) анастомоза (шаг 4).
2. Полное или частичное отсутствие проходимости по сосуду (шаг 5).

- Если текущая проверка показывает удовлетворительную проходимость анастомоза, то переходят к шагу 6.

Шаг 4. Реанастомозирование при выявлении стеноза артерии

Если выявлено сужение (стеноз) артериального анастомоза, выполняется реконструкция соединения, то есть реанастомозирование артериального анастомоза. Это включает повторное создание артериального анастомоза, чтобы добиться устранения сужения и восстановления нормального кровообращения.

Шаг 5. Действия при отсутствии проходимости анастомоза

Если артериальный анастомоз полностью непроходим, алгоритм предполагает последовательное выполнение следующих мероприятий:

- Устранение периферического спазма артериального русла. Для этого проводятся манипуляции на сосуде с целью его расслабления (Введение вазодилататоров внутриартериально для снятия спазма и улучшения кровообращения).

- Если описанные меры не привели к восстановлению проходимости, выполняется реанастомозирование почечной артерии.

Шаг 6. Профилактика тромботических осложнений

После успешного восстановления проходимости почечной артерии и завершения контроля кровообращения назначается профилактическая терапия с целью предотвращения тромботических осложнений.

- На данном этапе мероприятия включают использование гепарина в терапевтических дозах, а также переход на применение низкомолекулярных гепаринов. Контроль терапии осуществляется с помощью мониторинга параметров свертываемости крови, таких как активированное частичное тромбопластиновое время (АЧТВ), активированного времени свертывания (АСТ) и активности Анти-Ха фактора.

Шаг 7. Заключительный этап — закрытие операционной раны

После выполнения всех необходимых мероприятий и подтверждения адекватности кровоснабжения почки выполняется послойное закрытие операционной раны.

Представленный алгоритм способствует выявлению и устранению стенозов, тромбозов или иных технических ошибок, гарантируя адекватное кровоснабжение почечного трансплантата при минимизации операционных рисков. Кроме того, существенная роль отводится профилактике тромботических осложнений в послеоперационном периоде. Это позволяет повысить успешность операций, улучшить долгосрочную функцию пересаженной почки и снизить частоту осложнений, что делает алгоритм неотъемлемой частью современной трансплантологии.

На рисунке 40 представлен алгоритм формирования сосудистых анастомозов или артериальной реконструкции при наличии двух и более артерий почечного трансплантата.

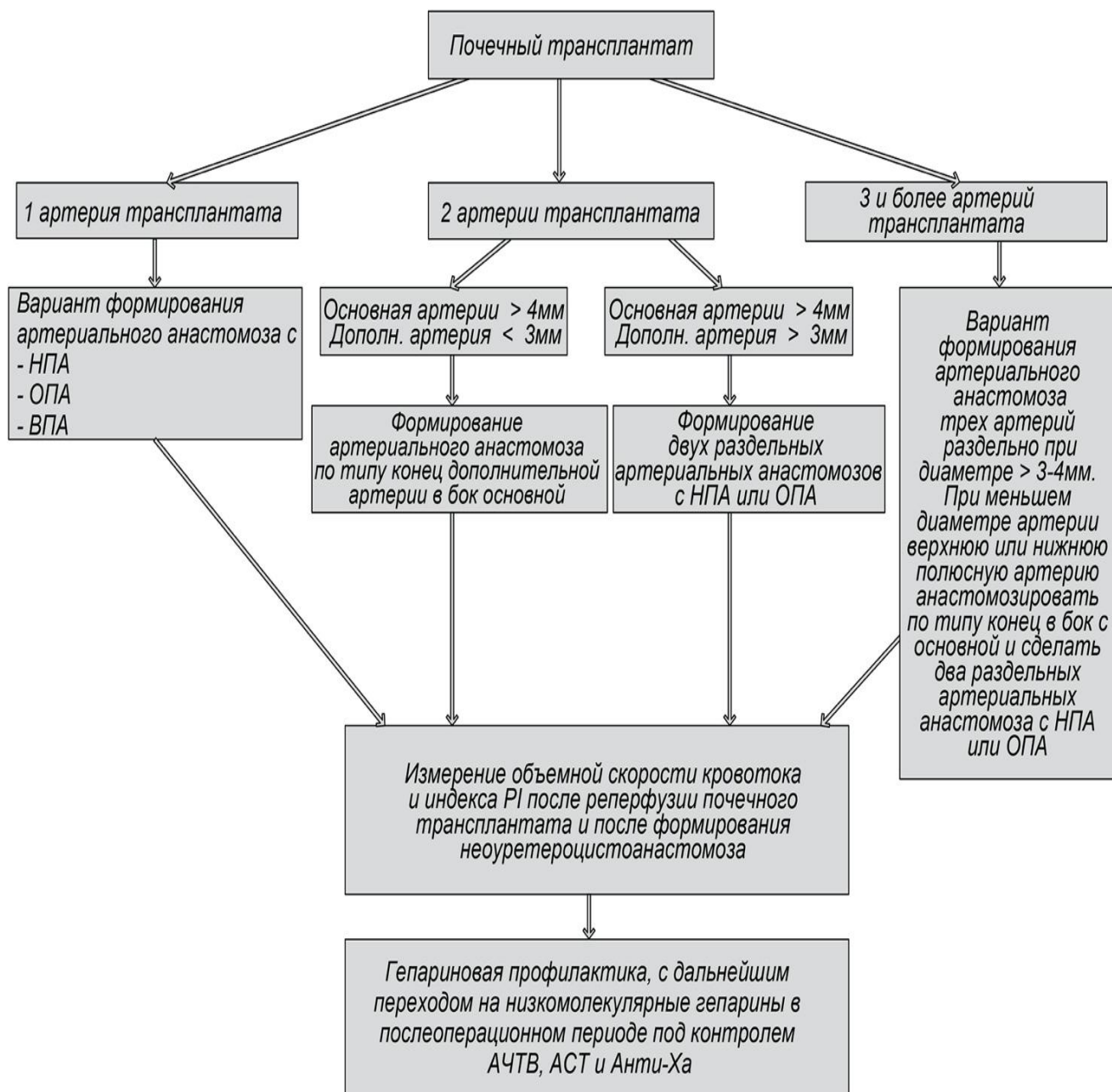


Рисунок 40 – Алгоритм формирования сосудистых анастомозов или артериальной реконструкции при наличии двух и более артерий почечного трансплантата

Примечание: ВПА – внутренняя подвздошная артерия, НПА – наружная подвздошная артерия, ОПА – общая подвздошная артерия

Данный алгоритм охватывает случаи, когда трансплантат имеет одну, две либо три или более артерий, учитывает их анатомические особенности и параметры, а также включает меры контроля качества кровообращения и профилактики тромботических осложнений. Подробное изложение последовательности действий приведено ниже.

Артерия трансплантата – 1

Когда трансплантат имеет единственную почечную артерию, формирование артериального анастомоза происходит в несколько этапов:

1. Выбор сосуда реципиента, с которым будет создан анастомоз:

- **Наружная подвздошная артерия (НПА):** используется чаще всего.
- **Общая подвздошная артерия (ОПА):** выбирается при необходимости.

• **Внутренняя подвздошная артерия (ВПА):** применяется реже. Выбор сосуда реципиента осуществляется на основании анатомических особенностей, состояния сосудов реципиента и диаметра артерии трансплантата.

2. После формирования анастомоза проводится его проверка с целью подтверждения проходимости соединения и достаточности кровоснабжения трансплантата. Проверка чаще всего включает визуальный осмотр, пальпаторный контроль пульса и измерение кровотока с помощью интраоперационного ультразвукового флоуметра.

Артерии трансплантата – 2

При наличии у трансплантата двух почечных артерий процедура усложняется в зависимости от диаметра и направления сосудов:

1. **Оценка диаметра артерий**

- **Основная артерия** имеет диаметр >4 мм.
- **Дополнительная артерия**, как правило, <3 мм.

Определение диаметра сосудов позволяет выбрать оптимальный вариант анастомозирования.

2. **Выбор варианта артериального анастомоза**

Если дополнительная артерия имеет небольшой диаметр (<3 мм), ее анастомоз формируется по типу «**конец дополнительной артерии в бок основной**». Этот метод объединяет два сосудистых потока и уменьшает риск тромбоза и ишемии.

3. Если диаметр дополнительной артерии ≥ 3 мм, формируются **два отдельных анастомоза**. Эти соединения могут выполняться с НПА и/или ОПА в зависимости от состояния сосудов реципиента.

Артерии трансплантата – 3 и более

Наличие трех или более артерий усложняет формирование сосудистых анастомозов, что требует выбора наилучшей стратегии анастомозирования:

1. Оценка диаметра артерий

- Если у трансплантата имеются артерии диаметром >3 –4 мм, каждая артерия анастомозируется отдельно. Этот метод позволяет сохранить сосудистую автономность.

- Если диаметр отдельной артерии не превышает 3 мм, дополнительная артерия (нижняя или верхняя) анастомозируется по типу **«конец в бок» с основной артерией**, что сокращает общее количество анастомозов и снижает риск тромбоза у сосудов малого диаметра.

2. Формирование анастомозов

В зависимости от состояния сосудов реципиента также могут быть сформированы **два или более отдельных анастомоза** с использованием НПА или ОПА. При этом учитываются анатомические особенности сосудистой системы реципиента, чтобы избежать турбулентности кровотока.

Контроль после формирования артериального анастомоза

После завершения соединения сосудов необходимо провести комплексный контроль кровотока для оценки качества выполненного анастомоза:

1. Измерение объемной скорости кровотока и индекса пульсативности (PI)

Оптимальными показателями считают объемную скорость кровотока ≥ 120 мл/мин и индекс пульсативности (PI) $< 1,6$. Эти параметры свидетельствуют о достаточном кровоснабжении трансплантата.

2. Оценка показателей и принятие решений

- Если значения объемной скорости кровотока и PI находятся в пределах нормы, операция продолжается с выполнением следующего этапа – формированием **неоуретероцистоанастомоза**.

- Если показатели отклоняются от нормы, выполняются корректирующие мероприятия:

проверка на наличие проблем с проходимостью анастомоза;

при выявлении технических дефектов анастомоза проводится его реконструкция;

в случае сосудистого спазма назначают вазодилататоры.

Завершение операции и послеоперационный контроль

После завершения формирования анастомоза и устранения всех возможных проблем осуществляется переход к профилактике тромботических осложнений и дальнейшему мониторингу:

1. Профилактика тромботических осложнений

- На этапе завершения операции пациенту назначают антикоагулянты (гепарин), что снижает риск тромбоза.

- В дальнейшем пациента переводят на низкомолекулярные гепарины, при этом контролируют показатели АЧТВ, АСТ и Anti-Xa, что позволяет адекватно мониторировать уровень антикоагулянтной терапии.

2. Допплерографический контроль

- Послеоперационный мониторинг состояния трансплантата почки осуществляется с помощью ультразвуковой доплерографии. Она позволяет оценить параметры кровотока и выявить ранние признаки тромбоза или стеноза сосудов. Регулярное проведение доплерографии помогает контролировать динамику кровообращения в трансплантате и своевременно выявлять осложнения.

Представленный алгоритм формирует четкую последовательность действий при трансплантации почки, включая оценку и выбор метода формирования артериального анастомоза в зависимости от количества и характеристик

почечных артерий. Алгоритм направлен на обеспечение адекватного кровоснабжения трансплантата за счет контроля параметров кровотока (объемной скорости кровотока и индекса пульсативности) и устранения выявленных сосудистых нарушений. Введение профилактики тромботических осложнений и последующего ультразвукового мониторинга значительно снижает риск послеоперационных осложнений, повышая успешность трансплантации и долгосрочную выживаемость пересаженного органа.

Таким образом, данный протокол представляет собой эффективный инструмент современного подхода к формированию артериальных анастомозов в трансплантации почки, минимизируя риск осложнений и обеспечивая высокий уровень хирургической безопасности.

Одними из задач исследования были формулировка рекомендаций по тактике формирования артериальных сосудистых анастомозов или выполнения артериальной реконструкции при наличии двух и более артерий трансплантата почки, а также разработка алгоритма профилактики и хирургической коррекции сосудистых осложнений у реципиентов почки.

Проведенное исследование демонстрирует высокую эффективность предложенных подходов в улучшении краткосрочных и долгосрочных результатов трансплантации почки. Исследование охватило трансплантации почек как от живых, так и от посмертных доноров с учетом анатомических вариаций сосудистого русла. Результаты показали, что предложенные методы позволяют успешно минимизировать влияние анатомических особенностей на процессы реваскуляризации, обеспечивая адекватное кровоснабжение пересаженного органа и сопоставимые результаты с трансплантатами, имеющими одну артерию.

Важным достижением исследования стало подтверждение надежности технологий реконструкции, включая отдельное последовательное формирование артериальных анастомозов, использование методов реконструкции сосудов (включая внедрение венозных заплат и гидравлической препаровки). Такие подходы нивелировали риски сосудистых осложнений, традиционно связанных с

трансплантацией органов с множественными артериями. Оптимизация хирургической техники позволила улучшить функциональную выживаемость даже при реваскуляризации малокалиберных сосудов.

Ключевые результаты исследования включают:

1. Успешное выполнение трансплантаций у пациентов с множественными почечными артериями без значимого увеличения частоты сосудистых осложнений в интраоперационном и послеоперационном периодах ($p > 0,05$).
2. Определение временных и гемодинамических параметров, таких как показатели тепловой и холодовой ишемии. Несмотря на статистически значимо большую длительность холодовой ишемии в группе трансплантатов с множественными артериями ($p < 0,05$), не наблюдалось отрицательного влияния на уровни сывороточного креатинина в раннем послеоперационном периоде.
3. Подтверждение возможности успешной реваскуляризации мелких сосудов (< 2 мм) с минимизацией площади ишемии тканей трансплантата.
4. Вывод о том, что наиболее безопасным и эффективным методом артериальной реконструкции является формирование отдельных анастомозов для каждой артериальной ветви трансплантата, что обеспечивает адекватное кровоснабжение и снижает риск сосудистых осложнений.

Научную и практическую значимость работы усиливают результаты, демонстрирующие надежность и универсальность предложенного алгоритма оценки и формирования сосудистых анастомозов. Алгоритм базируется на последовательном контроле функциональных параметров сосудистого русла. На ключевых этапах операции проводится оценка объемной скорости кровотока (> 120 мл/мин) и индекса пульсативности ($< 1,6$) после реперфузии трансплантата и после формирования неоуретероцистоанастомоза. Эти показатели служат важным критерием оценки анастомоза, а многоуровневая диагностика позволяет оперативно выявлять и корректировать его недостаточность.

Выбор хирургической техники сосудистой реконструкции также определяется диаметром и количеством артерий трансплантата, что обеспечивает индивидуализированный подход для каждого случая. Так, крупные артерии (> 4

мм) подлежат разделному соединению с артериями реципиента, артерии среднего диаметра (3–4 мм) могут анастомозировать как отдельно, так и быть объединены, а малокалиберные (<3 мм) артерии объединяются с основной артерией трансплантата с использованием методики «конец в бок». Для трансплантатов с тремя и более артериями предусмотрены сложные конфигурации анастомозов, включая предварительное объединение сосудов трансплантата или их последовательное анастомозирование с артериями реципиента.

Завершающий этап включает меры профилактики тромботических осложнений, что достигается введением гепарина на интраоперационном этапе с последующим переходом на низкомолекулярные гепарины в послеоперационном периоде. Терапия проводится под контролем маркеров коагуляции (АЧТВ, АСТ, Анти-Ха), что значительно снижает риск тромбозов и ишемических осложнений.

Представленный в рамках исследования алгоритм обладает универсальностью и воспроизводимостью, позволяя стандартизировать процесс формирования артериальных анастомозов при трансплантации почек и обеспечивая высокий уровень безопасности операции. Его применение способствует снижению частоты сосудистых, ишемических и тромботических осложнений, а также достижению положительных исходов даже в сложных клинических случаях, связанных с множественными артериальными вариациями трансплантата.

Таким образом, разработанные методы формирования сосудистых анастомозов и внедрение персонализированных алгоритмов подтверждают свою эффективность в решении основных задач трансплантологии — сохранения кровоснабжения трансплантата, предотвращения осложнений и улучшения параметров функциональной выживаемости.

ОБСУЖДЕНИЕ

Хроническая болезнь почек (ХБП) представляет собой важнейшую проблему мирового здравоохранения, которой посвящено множество исследований различных авторов. Согласно отчетам Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), ежегодная смертность от ХБП, включая ассоциированные заболевания, составляет около 5–10 млн случаев [33, 116]. Распространенность заболевания высока: по оценкам, порядка 13,4 % населения страдают ХБП, при этом у 79 % пациентов заболевание прогрессирует до стадии 3–5 [33, 112, 146]. Однако следует отметить, что латентное течение начальных стадий ХБП приводит к недооценке реальной распространенности, так как значительная часть пациентов остается недиагностированной [112, 146].

Терминальная стадия ХБП (ТХПБ) является ключевым вызовом для клинической практики, поскольку вынуждает пациентов перейти на заместительную почечную терапию (ЗПТ), включающую гемодиализ, перитонеальный диализ или трансплантацию почки (ТП) [60, 179]. Несмотря на развитие технологий ЗПТ, трансплантация почки остается признанным «золотым стандартом» лечения, обеспечивающим реципиентам наивысшее качество и продолжительность жизни [29, 98, 127]. Пациенты, перенесшие ТП, имеют значительно более благоприятные клинические исходы и реабилитационные перспективы по сравнению с пациентами получающими диализ [8, 98].

Однако успешность трансплантации ограничивается частотой сосудистых осложнений, особенно в раннем послеоперационном периоде. Среди них тромбоз сосудов трансплантата занимает лидирующее место и связан как с техническими аспектами хирургии, так и с особенностями состояния реципиента и донора [13]. Данная проблема отражена в труде Bhatt K.A. и соавт., где авторы впервые применили интраоперационную флоуметрию для оценки проходимости сосудистых анастомозов. Их результаты показали, что недостаточный кровоток (<120 мл/мин) является предиктивным фактором сосудистых осложнений, требующих проведения ревизии анастомоза [101]. В то же время более высокая скорость почечного кровотока (> 200 мл/мин) ассоциировалась с успешной

реперфузией органов без осложнений, что подтверждает важность количественной диагностики.

Настоящее исследование посвящено изучению роли интраоперационной ультразвуковой флоуметрии в оценке и профилактике сосудистых осложнений при трансплантации почки. Полученные результаты демонстрируют, что метод позволяет объективизировать состояние трансплантата в критические периоды операции, минимизируя риск осложнений, связанных с сосудистой недостаточностью.

Одним из ключевых результатов исследования стало установление зависимости между объемной скоростью кровотока по почечной артерии (Q) и развитием сосудистых осложнений. Показатели $Q < 120$ мл/мин в совокупности с пульсативным индексом (PI) $\geq 1,65$ были надежными предикторами тромботических явлений, что согласуется с данными S. Osman и соавт. [196]. Проведенный ROC-анализ подтвердил чувствительность (83,3 %) и специфичность (88,4 %) для Q , что связано с нарушением адекватной перфузии и гипоксии тканей трансплантата, когда значение кровотока оказывается ниже критической границы.

Результаты настоящей работы также подчеркивают важнейшую роль PI . Хотя его прогностическая точность уступала показателю объемной скорости кровотока, $PI \geq 1,65$ свидетельствовал о высоком сосудистом сопротивлении на уровне трансплантата, что коррелировало с техническими ошибками при формировании анастомоза. Это согласуется с исследованиями Lisik W. и соавт., которые продемонстрировали значительное увеличение сосудистого сопротивления у пациентов с отсроченной функцией трансплантата [100].

Показатели $Q < 120$ мл/мин служили критерием для немедленной ревизии артериального анастомоза в ходе операции. При этом после выполнения корректирующих вмешательств значения кровотока выравнивались до приемлемых значений, что позволяло избежать дальнейших осложнений. Это подтверждает гипотезу о клинической значимости интраоперационной

флоуметрии — метод позволяет не только выявить нарушения кровотока, но и своевременно оптимизировать хирургическую технику [6].

В ходе исследований было установлено, что у пациентов, перенесших трансплантацию почки без применения интраоперационной ультразвуковой флоуметрии, доля выявленных сосудистых осложнений в послеоперационном периоде составила 7 % ($n = 17$), из которых шесть случаев (35,3 %) привели к утрате трансплантата. Однако, по данным опубликованным источниками, процент сосудистых нарушений может варьироваться от 3 до 15 % у реципиентов почки, а частота потери трансплантата составляет от 12,6 до 66,7 % [98, 152, 200]. Использование интраоперационной ультразвуковой флоуметрии во время хирургического вмешательства обеспечивало регистрацию частоты сосудистых осложнений, которая составила 12,2 %, благодаря своевременной коррекции артериального кровотока удалось сохранить все трансплантаты, а доля выявленных сосудистых осложнений в послеоперационном периоде составила 0 %. Данные результаты подчеркивают критическую значимость интраоперационного мониторинга для повышения эффективности хирургических вмешательств и снижения связанных с ними рисков. Такой подход может не только улучшить клинические исходы, но и существенно повысить общую безопасность операций, что, в свою очередь, отражается на качестве медицинской помощи пациентам, требующим трансплантации. В перспективе дальнейшие исследования в этой области могут помочь оказать влияние на долгосрочные результаты хирургического лечения [101, 198].

Анализ данных также указывает на преимущество трансплантатов от живых доноров в сравнении с посмертными, что, вероятно, связано с меньшей продолжительностью холодовой ишемии и лучшим состоянием органа. Это подтверждается исследованиями Smith A. и соавт., где трансплантаты от живых доноров характеризовались более низким уровнем ишемически-реперфузионного повреждения и, как следствие, меньшим количеством посттрансплантационных осложнений [127].

Внедрение интраоперационной флоуметрии представляет собой важный шаг в совершенствовании стандартов хирургического мониторинга при трансплантации почки. Оценка объемной скорости кровотока и пульсативного индекса позволяет не только спрогнозировать риск сосудистых осложнений, но и оперативно принимать решения о необходимости коррекции хирургической техники. Применение метода особенно важно в сложных клинических случаях, в том числе при работе с трансплантатами, требующими реконструкции сосудов [7].

Кроме того, данное исследование имеет важные долгосрочные последствия, поскольку показывает, что использование объективного мониторинга, ориентированного на оценку перфузии трансплантата и сосудистой реконструкции, может уменьшить частоту осложнений в раннем послеоперационном периоде. По сравнению с традиционными подходами, применение интраоперационной флоуметрии позволяет хирургу принимать клинически обоснованные решения непосредственно во время операции на основе количественных показателей, таких как Q и PI. Это особенно важно в условиях, когда сложность сосудистой анатомии, ишемически-реперфузионное повреждение или особенности трансплантата (например, множественные артерии) увеличивают риск неблагоприятных исходов.

Результаты настоящего исследования также подчеркивают роль ишемически-реперфузионного повреждения (ИРП), особенно характерного для трансплантатов от посмертных доноров, в развитии сосудистых осложнений. В ходе исследования было установлено, что показатели PI после реперфузии трансплантата были статистически значительно выше у пациентов с трансплантатами от посмертных доноров ($p = 0,011$), что, вероятно, связано с активацией системы комплемента и развитием тромботической микроангиопатии [5]. Работа Bhatt и соавт. [101], а также исследования Osman Y. и соавт. [196] подтверждают связь между длительным временем холодовой ишемии, ишемически-реперфузионным повреждением и повышенным уровнем посттрансплантационных тромбозов почечных сосудов.

Доказано, что трансплантаты от живых доноров демонстрируют более низкие показатели PI, что связано с наилучшим состоянием органа на момент трансплантации. Эти данные согласуются с работами Salehipour и соавт., где трансплантаты от посмертных доноров более подвержены дисфункции из-за увеличенной длительности холодовой ишемии и последующей активации провоспалительных и прокоагулянтных факторов [198]. Таким образом, в будущем разработка дополнительных стратегий защиты трансплантатов от ИРП, включая фармакологическую поддержку, прерывистые методы охлаждения и усовершенствованные протоколы хранения органов, имеет существенное значение.

Важным результатом проведенного исследования стало не только определение диагностической значимости флоуметрических показателей, но и разработка алгоритма их практического применения. В соответствии с полученными данными, объемная скорость кровотока по почечной артерии ≤ 120 мл/мин представляла собой критическую границу, при которой вероятность сосудистых осложнений превышала 54,5 %. С другой стороны, при значении ≥ 350 мл/мин риск заметно уменьшался до уровня, ниже 1 %, что подтверждает клиническую значимость установленного порогового значения. Эти показатели могут быть включены в процессы стандартизации интраоперационного мониторинга.

Прогностическая модель, основанная на сочетании показателей Q и PI, обеспечивает высокую степень точности при раннем выявлении неблагоприятных исходов [14]. Анализ чувствительности и специфичности метода продемонстрировал, что использование двух показателей совместно позволяет хирургам своевременно вносить корректировки в процессе операции и избегать серьезных сосудистых осложнений.

Дополнительно разработанный алгоритм интраоперационного мониторинга включает:

1. Оценку объемной скорости кровотока и пульсативного индекса после реперфузии;

2. Сравнение значений с установленными референтными диапазонами (120–350 мл/мин для Q и $<1,65$ для PI);

3. При выявлении отклонений от нормальных значений проведение повторного анастомозирования или коррекции хирургической техники;

4. Послеоперационный мониторинг параметров ультразвука (включая доплерографию) для подтверждения адекватной функции сосудистого русла.

Этот подход отвечает современным требованиям трансплантологической практики, минимизируя субъективную зависимость от опыта хирурга и улучшая исходы пациентов.

Несмотря на высокую эффективность, интраоперационная ультразвуковая флоуметрия остается недостаточно распространенной в практической медицине, что ограничивает ее потенциал. Необходимы дальнейшие масштабные исследования для подтверждения ее эффективности на больших выборках пациентов, а также апробация метода в условиях многоцентровых исследований.

Дополнительно важно учитывать роль системной терапии для профилактики послеоперационных осложнений. Интраоперационное и послеоперационное использование антикоагулянтов (гепарина) в комбинации с мониторингом коагуляционных маркеров способно улучшить результаты у пациентов, особенно в высокорискованных группах. В нашем исследовании подобные меры показали свою эффективность при профилактике тромбозов, согласовываясь с данными литературы [67, 196]. Настоящее исследование продемонстрировало развитие интраоперационной флоуметрии как многообещающего подхода для предотвращения сосудистых осложнений при трансплантации почки. В условиях увеличивающегося числа пациентов с терминальной стадией ХБП этот метод выступает не только в качестве инструмента улучшения результатов, но и как часть глобального тренда на персонализацию терапии для особых категорий больных.

Однако важно подчеркнуть, что успешная профилактика сосудистых осложнений начинается еще до операции и продолжается на всех этапах послеоперационного ведения. В этом контексте можно выделить три ключевых этапа:

1. **Предоперационный период.** Снижение риска сосудистых осложнений начинается с тщательной предоперационной подготовки. Это включает оценку состояния сосудистой системы реципиента и сопутствующих факторов риска (например, гиперкоагуляционных состояний). Современные методы предоперационного ангиографического и доплеровского обследования донора и реципиента становятся ключевыми инструментами в подборе оптимального трансплантата.

2. **Интраоперационный период.** На этом этапе интраоперационная флоуметрия дополняет визуальную и ультразвуковую оценку сосудов трансплантата. Как показало наше исследование, количественный анализ скорости кровотока позволяет вовремя обнаружить нарушения перфузии и принять корректирующие меры. Ключевая задача этого этапа — свести риск сосудистых осложнений к минимуму через оптимизацию хирургической техники и реального времени мониторинга.

3. **Послеоперационный период.** Послеоперационное наблюдение за состоянием трансплантата требует непрерывного мониторинга сосудистых параметров, что может быть достигнуто с помощью неинвазивной УЗИ-доплерографии. Послеоперационное использование антикоагулянтов у пациентов с множественными сосудами трансплантата.

В современное время трансплантация, осуществляемая с использованием органов от посмертных доноров, стала стандартной практикой в ведущих трансплантационных центрах по всему миру. Однако в таких условиях получение донорских почечных трансплантатов не всегда происходит в оптимальных условиях, особенно в контексте предоперационного планирования, что может создать ситуацию, когда трансплантаты поступают с различными видами повреждений, возникающими в процессе их извлечения из донорского организма. Эти повреждения могут варьироваться от незначительных травм до серьезных нарушений целостности тканей. В результате, можно столкнуться с ситуациями, когда у почечного трансплантата наблюдаются два или более тонких или очень коротких сосудистых ствола, повреждения капсулы или даже пересечения

мочеточника. Эти факторы могут значительно осложнить процесс трансплантации и потребовать применения дополнительных хирургических техник и решений для успешной пересадки органа.

Важно обратить внимание на то, какова длина правой артерии и левой почечной вены у посмертного донора. Обе они имеют слишком большой радиус изгиба для анастомоза, и если не провести коррекции длины сосудов, то будут возникать перегибы, которые в свою очередь могут привести к осложнениям в послеоперационном периоде.

Трансплантация почек с множественными сосудами представляет особый интерес в трансплантологии, так как требует сложной сосудистой реконструкции. Различные авторы указывают на потенциальный риск сосудистых осложнений при использовании таких трансплантатов. Например, данные систематического обзора Salehipour M. и соавт. (2023) свидетельствуют об увеличении частоты хирургических осложнений до 25,4 % при артериальной реконструкции [198]. Однако более поздние работы демонстрируют, что при адекватной хирургической технике уровень осложнений может быть сопоставим с трансплантатами, имеющими один сосуд [196].

Результаты нашего исследования, в котором было выполнено 102 трансплантации почки от живых доноров и 176 трансплантаций от посмертных доноров, показывают, что наличие двух или более артерий у почечного трансплантата оказывает значительное влияние на ход операции и последующее восстановление функциональности почки. В частности, как показано в полученных данных, у пациентов с одной артерией продолжительность холодовой ишемии была статистически значимо меньше ($77,6 \pm 91,3$ минут), чем у пациентов с несколькими артериями ($85,3 \pm 30,7$ минут), что может быть связано с увеличением сложности и времени, необходимого для выполнения артериальной реконструкции в случае множественных артерий.

Примененные хирургические техники, в том числе последовательное формирование двух отдельных артериальных анастомозов в группе пациентов с двумя артериями, подтверждают свою надежность и эффективность, что также

наблюдается в клинической практике через успешное функционирование трансплантата у всех реципиентов. Достигнутые результаты позволяют утверждать, что современные хирургические подходы устраняют ранее существовавшие ограничения и значительно улучшают исходы трансплантации даже в сложных анатомических ситуациях.

Сравнение послеоперационных переменных также демонстрирует, что средний уровень креатинина в сыворотке крови реципиента на 14-й день после операции статистически значимо выше у пациентов с несколькими артериями ($624 \pm 318,7$) по сравнению с пациентами с одной артерией ($227,6 \pm 168,9$). Это может указывать на необходимость более тщательного наблюдения за реципиентами почки с множественными артериями, чтобы избежать возможных послеоперационных осложнений, таких как отторжение трансплантата или осложнения, связанные с недостаточным кровоснабжением.

Таким образом, применение разработанных алгоритмов в хирургической практике при наличии множественных артерий у почечного трансплантата не только способствует повышению безопасности и эффективности операций, но и позволяет минимизировать риск возникновения сосудистых осложнений, что подтверждается равной частотой возникновения сосудистых осложнений как в группе с одной артерией, так и с несколькими ($p > 0,05$). В нашем исследовании реконструктивные вмешательства включали отдельные последовательные анастомозы для трансплантатов с двумя артериями и объединение мелких сосудов (<3 мм) с основной артерией способом «конец в бок». Данный подход позволил снизить риск тромбозов, избежать длительных холодовой и тепловой ишемий и сохранить адекватное кровоснабжение трансплантата.

Сравнение наших результатов с данными из обширного систематического обзора [120], включающего более 18 000 трансплантаций, свидетельствует о том, что при соблюдении оптимальной техники сосудистой реконструкции исходы пациентов, перенесших трансплантацию почек с несколькими артериями, могут быть сопоставимы с пациентами, которым пересаживаются органы с одной артерией. Так, долгосрочная выживаемость трансплантатов с множественными

артериями в нашем исследовании соответствовала значениям, представленным в международной литературе (81,4–81,6 % на 5-летнем этапе) [120]. Эти данные подчеркивают, что трансплантация почек с анатомическими вариациями сосудов возможна и не должна ограничиваться в условиях современной трансплантологической практики.

Однако необходимо учитывать риск увеличенной продолжительности холодовой и тепловой ишемии при трансплантациях с множественными сосудами. В нашем исследовании данный фактор нивелировался за счет оптимизации хирургической техники. Помимо этого, использование венозных заплат и гидравлической препаровки сосудов способствовало сохранению их функциональности.

Данные исследования подчеркивают важность применения интраоперационной ультразвуковой флоуметрии как прогрессивного метода, позволяющего осуществлять мониторинг кровотока в почечных артериях трансплантата в реальном времени. Это особенно актуально при наличии множественных почечных артерий, которые часто сопровождаются повышенным риском тромбообразования и других сосудистых осложнений.

Кроме того, работа над техникой реконструкции сосудов при наличии множественных артерий демонстрирует, что подходы, основанные на индивидуальном анализе анатомических особенностей трансплантата, позволяют успешно минимизировать хирургические риски и улучшить исходы. Разработка стандартизированных алгоритмов, учитывающих специфику таких анатомий, поддерживает лучшее понимание и реализацию технических аспектов реконструкции.

Комплексный подход, включающий интраоперационную ультразвуковую флоуметрию и корректное хирургическое планирование с учетом множественных почечных артерий, способствует улучшению прогнозов для пациентов, что делает внедрение данной технологии при трансплантации почек крайне важным шагом в современной трансплантологии.

ВЫВОДЫ

1. Интраоперационная оценка объемной скорости кровотока при трансплантации почки методом ультразвуковой флоуметрии при соблюдении рассчитанных пороговых показателей обеспечивает профилактику и отсутствие сосудистых осложнений в раннем послеоперационном периоде; у пациентов, перенесших трансплантацию почки без применения интраоперационной ультразвуковой флоуметрии, частота развития сосудистых осложнений в раннем послеоперационном периоде составила 7 %.

2. Объемная скорость кровотока после реперфузии почечного трансплантата ниже 120 мл/мин повышает риск развития сосудистых осложнений у реципиентов почки в 16 раз ($RR = 15,6 \pm 1,06$ [95% ДИ 1,95 – 124,66]); индекс пульсативности после реперфузии почечного трансплантата, превышающий 1,65, увеличивает риск развития сосудистых осложнений в 9 раз ($RR = 8,59 \pm 1,03$ [95% ДИ 1,14 – 64,65]); объемная скорость кровотока после выполнения неоуретероцистоанастомоза ниже 230 мл/мин повышает риск развития сосудистых осложнений в 10 раз ($RR = 10,0 \pm 1,07$ [95% ДИ 1,22 – 81,81]).

3. При наличии двух и более почечных артерий трансплантата диаметром более трех миллиметров необходимо формировать каждый артериальный анастомоз отдельно; дополнительную почечную артерию меньше указанных параметров целесообразно анастомозировать в бок основной артерии.

4. Разработанный алгоритм профилактики и коррекции сосудистых осложнений у реципиентов почки, включающий применение ультразвуковой флоуметрии интраоперационно, хирургическую коррекцию сформированного анастомоза почечного трансплантата и назначение антикоагулянтной терапии с использованием гепарина в послеоперационном периоде, позволяет минимизировать риск сосудистых осложнений.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Пациенты, у которых наблюдается снижение показателей кровотока, нуждаются в тщательном динамическом мониторинге. Рекомендуется проводить регулярные ультразвуковые исследования с цветовым доплеровским картированием для систематической оценки состояния кровотока и раннего выявления возможной окклюзии сосудов.

2. В случае уменьшения объемной скорости кровотока в почечной артерии ниже 120 мл/мин и повышения индекса пульсативности выше 1,65 требуется оперативная коррекция сосудистых анастомозов для снижения риска возникновения сосудистых осложнений.

3. В случае наличия нескольких почечных артерий у трансплантата необходимо выполнить оценку их длины, диаметра, а также анатомических взаимоотношений как между собой, так и с соседними структурами в области ворот почки.

4. При наличии двух равноценных почечных артерий трансплантата предпочтительным методом сосудистой реконструкции является последовательное формирование двух отдельных сосудистых анастомозов по типу «конец в бок» с наружной подвздошной артерией и/или общей подвздошной артерией.

5. Для увеличения диаметра малых артерий почечного трансплантата (диаметром до двух миллиметров) эффективно применять методику гидравлического препарирования, что значительно упрощает процесс формирования анастомоза и предотвращает спазм сосудистой стенки.

6. Реваскуляризация нижнеполюсных артерий почечного трансплантата является обязательной мерой для исключения ишемического повреждения нижнего полюса и некроза мочеточника трансплантата.

7. Реваскуляризацию нижнеполюсной артерии трансплантата можно проводить с использованием нижней эпигастральной артерии в ситуациях, когда имеется выраженное поражение подвздошных артерий реципиента атеросклеротическим процессом.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

TTFM – (transit-time flow measurement) интраоперационная ультразвуковая флоуметрия

ВПА – внутренняя подвздошная артерия

ЗПТ – заместительная почечная терапия

ИРП – ишемически-реперфузионное повреждение

НМГ – низкомолекулярный гепарин

НПА – наружная подвздошная артерия

НФГ – нефракционированный гепарин

ОПА – общая подвздошная артерия

ПА – почечная артерия

ПВ – почечная вена

СКФ – скорость клубочковой фильтрации

ТП – трансплантация почки

ТХПБ – терминальная стадия хронической болезни почек

ХБП – хроническая болезнь почек

ФГБУ «НМИЦ ТИО им. ак. В.И. Шумакова» Минздрава России – федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр трансплантологии и искусственных органов имени академика В.И. Шумакова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

PI – индекс пульсативности

Q – средний поток крови

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алгоритм использования ультразвуковой флоуметрии в сочетании с эпикардальным ультразвуковым сканированием для интраоперационной оценки состоятельности шунтов при операциях коронарного шунтирования / И. Ю. Сигаев, М. А. Керен, И. В. Сливнева [и др.] // Кардиология. – 2022. – Т. 62, № 8. – С. 3–10.
2. **Артемов, Д. В.** Современный взгляд на патогенез синдрома ишемии-реперфузии при трансплантации почки / Д. В. Артемов, А. Б. Зулькарнаев // Нефрология. – 2018. – Т. 22, № 6. – С. 23–29.
3. **Баказова, Н. К.** Роль ультразвуковой диагностики в оценке сосудистых осложнений у реципиентов с почечным трансплантатом (обзор литературы) / Н. К. Баказова, Р. Р. Калиев, Т. С. Жумагазиев // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2023. – № 6. – С. 158–161.
4. **Борщев, Г. Г.** Использование флоуметрии во время коронарного шунтирования у пациентов с диффузным поражением венечного русла / Г. Г. Борщев, Р. В. Сидоров, Д. С. Ульбашев // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2023. – Т. 182, № 1. – С. 11–19.
5. **Ватазин, А. В.** Профилактика и лечение синдрома ишемии-реперфузии / А. В. Ватазин, Д. В. Артемов, А. Б. Зулькарнаев // Нефрология. – 2019. – Т. 23, № 2. – С. 41–48.
6. Взаимосвязь объемной скорости кровотока по печеночной артерии и состояния микроциркуляторного русла трансплантированной печени после ее реваскуляризации / Д. А. Гранов, И. И. Тилеубергенов, С. В. Шаповал [и др.] // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2014. – Т. 16, № 4. – С. 33–39.
7. Влияние интраоперационной оценки артериального кровотока в трансплантате почки на развитие сосудистых осложнений и методы их профилактики / А. А. Жариков, Д. А. Банкеев, И. Р. Курбангулов [и др.] // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2024. – Т. 26, № 4. – С. 14–23.

8. Влияние начальной функции пересаженной почки на ближайшие и отдаленные результаты / А. В. Шабунин, П. А. Дроздов, И. В. Нестеренко [и др.] // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2024. – Т. 26, № 1. – С. 20–25.

9. Возможности рентгенэндоваскулярных технологий в коррекции редких сосудистых осложнений после трансплантации почки / А. В. Шабунин, В. В. Бедин, А. В. Араблинский [и др.] // Трансплантология. – 2024. – Т. 16, № 4. – С. 483–490.

10. Готье, С. В. Донорство и трансплантация органов в Российской Федерации в 2022 году. XV сообщение регистра Российского трансплантологического общества / С. В. Готье, С. М. Хомяков // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2023. – Т. 25, № 3. – С. 8–30.

11. Готье, С. В. Трансплантология XXI века: высокие технологии в медицине и инновации в биомедицинской науке / С. В. Готье // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2017. – Т. 19, № 3. – С. 10–32.

12. Жариков, А. А. Влияние интраоперационного измерения артериального кровотока почечного трансплантата на развитие и немедленную коррекцию сосудистых осложнений / А. А. Жариков, Д. А. Сайдулаев // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2024. – Т. 26, № 4. – С. 219.

13. Жариков, А. А. Современные представления о сосудистых осложнениях после трансплантации почки. Обзор литературы / А. А. Жариков, Д. А. Сайдулаев // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2025. – Т. 27, № 1. – С. 8–16.

14. Зулькарнаев, А. Б. «Подводные камни» статистического анализа и клинической интерпретации полученных оценок на примере пациентов с заболеваниями почек. Часть IV: ROC-анализ и специальные показатели информативности биомаркеров / А. Б. Зулькарнаев, Е. В. Паршина, В. А. Федулкина // Нефрология и диализ. – 2022. – Т. 24, № 1. – С. 99–113.

15. **Зулькарнаев, А. Б.** Особенности анализа выживаемости на примере пациентов в «листе ожидания» трансплантации почки / А. Б. Зулькарнаев // Бюллетень сибирской медицины. – 2019. – Т. 18, № 2. – С. 215–222.
16. Интраоперационная оценка качества функционирования кондуитов при коронарном шунтировании / М. А. Аскеров, Г. Г. Хубулава, В. У. Эфендиев [и др.] // Медицина: теория и практика. – 2023. – Т. 8, № 5. – С. 97–103.
17. Интраоперационная ультразвуковая флоуметрия у пациентов с диффузным поражением коронарных артерий в профилактике несостоятельности аортокоронарных шунтов / Р. С. Акчурин, А. А. Ширяев, В. П. Васильев [и др.] // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. – 2022. – Т. 21, № 2. – С. 23–30.
18. Использование ультразвуковой флоуметрии для интраоперационной оценки эффективности коронарного шунтирования / Ю. Л. Шевченко, Р. Зайчук, Г. Г. Борщев [и др.] // Вестник Национального медико-хирургического Центра им. Н. И. Пирогова. – 2019. – № 14. – С. 98–103.
19. Комплексный подход к профилактике развития отсроченной функции почечного трансплантата / А. В. Шабунин, О. Б. Лоран, Д. Ю. Пушкарь [и др.] // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2023. – Т. 25, № 2. – С. 8–14.
20. **Милованов, Ю. С.** Тромбопрофилактика при гемодиализе / Ю. С. Милованов, И. А. Добросмыслов, С. Ю. Милованова // Consilium Medicum. – 2017. – № 19. – С. 51–54.
21. **Могилевец, Э. В.** Влияние вариантной сосудистой анатомии трансплантата на исходы пересадки почки / Э. В. Могилевец, И. Г. Жук, А. Н. Грищенко // Журнал Гродненского государственного медицинского университета. – 2024. – Т. 22, № 6. – С. 507–511.
22. Недостатки и преимущества интраоперационной ультразвуковой флоуметрии в структуре интраоперационного менеджмента при операциях коронарного шунтирования / А. А. Назаров, И. Ю. Сигаев, М. А. Керен [и др.] // Креативная кардиология. – 2024. – Т. 18, № 2. – С. 244–254.

23. Опыт применения технологии мониторинга transit time flow measurment (TTFM) при измерении кровотока артерии трансплантированной почки / А. А. Жариков, Д. А. Сайдулаев, И. А. Милосердов [и др.] // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2022. – Т. 24, № 5. – С. 117.

24. Результаты многофакторного анализа по выявлению медико-социальных факторов, ассоциированных с качеством жизни пациентов с хронической болезнью почек на гемодиализе / О. Н. Котенко, Л. В. Абольян, В. Ю. Кутейников [и др.] // Клиническая нефрология. – 2024. – Т. 16, № 2. – С. 5–12.

25. Результаты ультразвуковой флоуметрии и интраоперационной шунтографии при секвенциальном коронарном шунтировании / О. А. Махачев, М. Н. Аскадинов, Г. М. Абусов [и др.] // Эндоваскулярная хирургия. – 2023. – Т. 10, № 4. – С. 443–450.

26. Современные тенденции в требованиях к донорскому органу при трансплантации почки / Р. Н. Трушкин, П. Е. Медведев, С. А. Соколов [и др.] // Клиническая нефрология. – 2024. – Т. 16, № 3. – С. 31–35.

27. Сосудистые осложнения раннего послеоперационного периода у пациентов после трансплантации почки / Р. Р. Нуриахметов, А. Р. Загитов, В. С. Пантелеев [и др.] // Медицинский вестник Башкортостана. – 2022. – № 17. – С. 54–60.

28. Трансплантация почки – поиск оптимальной хирургической техники / Б. И. Яремин, Б. И. Харитонов, А. А. Миронов [и др.] // Вестник медицинского института «РЕАВИЗ». – 2017. – № 5. – С. 94–104.

29. Трансплантация почки в одном трансплантационном центре: результаты, выводы, перспективы / М. Ш. Хубутия, И. В. Дмитриев, А. Г. Балкаров [и др.] // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2024. – Т. 26, № 4. – С. 90–99.

30. Трансплантация почки у детей с компрометированной нижней поллой веной: уникальный опыт НМИЦ ТИО имени академика В.И. Шумакова / Д. А. Сайдулаев, А. А. Жариков, А. А. Карташев [и др.] // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2024. – Т. 26, № 4. – С. 8–13.

31. Трансплантация почки у детей с облитерацией или атрезией нижней полой вены / Д. А. Сайдулаев, И. А. Милосердов, А. А. Жариков [и др.] // Вестник трансплантологии и искусственных органов. – 2023. – Т. 25, № S. – С. 108.

32. Трансплантация почки, наличие трансплантированной почки, отмирание и отторжение трансплантата почки: клинические рекомендации / Профессиональная ассоциация: Общероссийская общественная организация трансплантологов «Российское трансплантологическое общество». – М. : Общероссийская общественная организация трансплантологов «Российское трансплантологическое общество», 2020. – 95 с.

33. A Narrative Review of Chronic Kidney Disease in Clinical Practice: Current Challenges and Future Perspectives / M. Evans, R. D. Lewis, A. R. Morgan [et al.] // Advances in Therapy. – 2022. – Vol. 39, Iss.1. – P. 33–43.

34. A Successful Kidney Transplantation in Case of Completely Occluded Inferior Vena Cava and Iliac Veins: A Case of Inherited Antithrombin Deficiency / S. Tekin, B. Erok, N. N. Win [et al.] // Revista de Nefrologia, Dialisis y Trasplante. – 2021. – Vol. 41, Iss. 4. – P. 304–310.

35. A Systematic Review of Outcomes Following Percutaneous Transluminal Angioplasty and Stenting in the Treatment of Transplant Renal Artery Stenosis / A. T. Ngo, S. R. Markar, M. S. De Lijster [et al.] // CardioVascular and Interventional Radiology. – 2015. – Vol. 38, Iss. 6. – P. 1573–1588.

36. Acute Graft Thrombosis in Patients Who Underwent Renal Transplant and Received Anticoagulant or Antiplatelet Agents. A Systematic Review and Meta-analysis / R. Guerra, P. R. Kawano, M. P. Amaro [et al.] // American Journal of Clinical and Experimental Urology. – 2022. – Vol. 10, Iss. 3. – P. 129–141.

37. Acute thrombosis of renal transplant artery: graft salvage by means of intra-arterial fibrinolysis / O. Rouviere, P. Berger, C. Beziat [et al.] // Transplantation. – 2002. – Vol. 73, Iss. 3. – P. 403–409.

38. Alexis Carrel: The surgeon, the visionary, the Nobel Laureate / T. Lena, A. Amabile, M. Shang [et al.] // Journal of Cardiac Surgery. – 2022. – Vol. 37, Iss. 2. – P. 277–279.

39. **Alsharidah, A. S.** Diabetes mellitus and diabetic nephropathy: a review of the literature on hemostatic changes in coagulation and thrombosis / A. S. Alsharidah // *Blood Research*. – 2022. – Vol. 57, Iss. 2. – P. 101–105.
40. American Society of Hematology 2019 guidelines for management of venous thromboembolism: prevention of venous thromboembolism in surgical hospitalized patients / D. R. Anderson, G. P. Morgano, C. Bennett [et al.] // *Blood Advances*. – 2019. – Vol. 3, Iss. 23. – P. 3898–3944.
41. **Ammirati, A. L.** Chronic Kidney Disease / A. L. Ammirati // *Revista da Associacao Medica Brasileira* (1992). – 2020. – Suppl. 1. – P. s03–s09.
42. Analysis of Vascular Complications After Renal Transplantation / S. Aktas, F. Boyvat, S. Sevmis [et al.] // *Transplantation Proceedings*. – 2011. – Vol. 43, Iss. 2. – P. 557–561.
43. Anastomosis of Dual Renal Transplant Veins / M. Hoff, P. Leighton, S. A. Hosgood, M. L. Nicholson // *Journal of Surgical Case Reports*. – 2020. – Vol. 2020, Is. 9. – P. rjaa310.
44. Anatomical Study About the Variations in Renal Vasculature / A. Garcia-Barrios, A. I. Cisneros-Gimeno, A. Celma-Pitarch [et al.] // *Folia Morphologica*. – 2023.
45. Anatomical Variants in Renal Transplantation, Surgical Management, and Impact on Graft Functionality / J. C. H. Hernández-Rivera, R. Espinoza-Pérez, J. D. Cancino-López [et al.] // *Transplantation Proceedings*. – 2018. – Vol. 50, Iss. 10. – P. 3216–3221.
46. Anatomical variations of the renal artery: a computerized tomographic angiogram study in living kidney donors at a Nigerian Kidney Transplant Center / A. Aremu, M. Igbokwe, O. Olatise [et al.] // *African Health Sciences*. – 2021. – Vol. 21, Iss. 3. – P. 1155–1162.
47. Anticoagulation in Chronic Kidney Disease Patients-the Practical Aspects / S. Hughes, I. Szeki, M. J. Nash [et al.] // *Clinical Kidney Journal*. – 2014. – Vol. 7, Iss. 5. – P. 442–449.

48. Antithrombotic Management in Adult Kidney Transplantation: A European Survey Study / T. A. J. van den Berg, T. Lisman, F. J. M. F. Dor [et al.] // European Surgical Research. – 2023. – Vol. 64, Iss. 2. – P. 169–176.
49. **Anton, F. I.** Monitoring Anticoagulation with Unfractionated Heparin on Renal Replacement Therapy. Which is the Best aPTT Sampling Site? / F. I. Anton, P. A. Rus, N. Hagau // The Journal of Critical Care Medicine. – 2020. – Vol. 6, Iss. 3. – P. 159–166.
50. Arterial Reconstruction Using the Donor's Gonadal Vein in Living Renal Transplantation with Multiple Renal Arteries: A Case Report and A Literature Review / M. Tomizawa, S. Hori, N. Nishimura [et al.] // BMC Nephrology. – 2020. – Vol. 21, Iss. 1. – P. 190.
51. Assessment of the Graft Quality and Patency during and after Coronary Artery Bypass Grafting / M. Masroor, A. Ahmad, Y. Wang [et al.] // Diagnostics (Basel). – 2023. – Vol. 13, Iss. 11. – P. 1891.
52. Atrial Fibrillation and Thromboembolism in Patients with Chronic Kidney Disease / Y. C. Lau, M. Proietti, E. Guiducci [et al.] // Journal of the American College of Cardiology. – 2016. – Vol. 68, Iss. 13. – P. 1452–1464.
53. **Aursulesei, V.** Anticoagulation in chronic kidney disease: from guidelines to clinical practice / V. Aursulesei, I. I. Costache // Clinical Cardiology. – 2019. – Vol. 42, Iss. 8. – P. 774–782.
54. **Avila, A.** Thrombotic Microangiopathy After Kidney Transplantation: An Underdiagnosed and Potentially Reversible Entity / A. Avila, E. Gavela, A. Sancho // Frontiers in Medicine. – 2021. – Vol. 8. – P. 642864.
55. **Baboolal, H. A.** Intraoperative management of pediatric renal transplant recipients: An opportunity for improvement / H. A. Baboolal, J. Lane, K. D. Westreich // Pediatric Transplantation. – 2023. – Vol. 27, Iss. 6. – P. e14545.
56. **Baytas, S. N.** Advances in the preparation and synthesis of heparin and related products / S. N. Baytas, R. J. Linhardt // Drug Discovery Today. – 2020. – Vol. 25, Iss. 12. – P. 2095–2109.

57. Better Health-related Quality of Life in Kidney Transplant Patients Compared to Chronic Kidney Disease Patients with Similar Renal Function / J. H. Ryu, T. Y. Koo, H. Ro [et al.] // PLoS One. – 2021. – Vol. 16, Iss. 10. – P. e0257981.
58. Biochemical and Clinical Impact of Organic Uremic Retention Solutes: A Comprehensive Update / R. Vanholder, A. Pletinck, E. Schepers [et al.] // Toxins (Basel). – 2018. – Vol. 10, Iss. 1. – P. 33.
59. Bleeding Risk of Haemodialysis and Peritoneal Dialysis Patients / A. van Eck van der Sluijs, A. C. Abrahams, M. B. Rookmaaker [et al.] // Nephrology Dialysis Transplantation. – 2021. – Vol. 36, Iss. 1. – P. 170–175.
60. **Braun, M. M.** Kidney Disease: End-Stage Renal Disease / M. M. Braun, M. Khayat // FP Essentials. – 2021. – Vol. 509. – P. 26–32.
61. Case Series: Transplantation of Kidneys from Donors with Renal Artery Aneurysm / M. Alameddine, Z. Moghadamyeghaneh, G. Guerra [et al.] // Canadian Urological Association Journal. – 2017. – Vol. 11, Iss. 7. – P. E307–E310.
62. **Chen, T. K.** Chronic Kidney Disease Diagnosis and Management: A Review / T. K. Chen, D. H. Knicely, M. E. Grams // JAMA. – 2019. – Vol. 322, Iss.13. – P. 1294–1304.
63. Clinical Outcomes Following Single vs. Multiple Vessel Living-Donor Kidney Transplantation: A Retrospective Comparison of 210 Patients / L. E. Garcia, N. Parra, J. J. Gaynor [et al.] // Frontiers in Surgery. – 2021. – Vol. 8. – P. 693021.
64. Coagulation Abnormalities in Renal Pathology of Chronic Kidney Disease: The Interplay between Blood Cells and Soluble Factors / E. G. Pavlou, H. T. Georgatzakou, S. P. Fortis [et al.] // Biomolecules. – 2021. – Vol. 11, Iss. 9. – P. 1309.
65. Comparative Survival of Elderly Renal Transplant Recipients with A Living Donor Versus a Deceased Donor: A Retrospective Single Center Observational Study / E. Tegzess, A. W. Gomes Neto, R. A. Pol [et al.] // Transplant International. – 2021. – Vol. 34, Iss. 12. – P. 2746–2754.
66. Comparing outcomes in right versus left kidney transplantation: A systematic review and meta-analysis / C. Carolan, S. J. Tingle, E. R. Thompson [et al.] // Clinical Transplantation. – 2021. – Vol. 35, Iss. 11. – P. e14475.

67. Complement Components in the Diagnosis and Treatment after Kidney Transplantation-Is There a Missing Link? / M. Kielar, A. Gala-Bladzinska, P. Dumnicka [et al.] // *Biomolecules*. – 2021. – Vol. 11, Iss. 6. – P. 773.

68. Complement System as a New Target for Hematopoietic Stem Cell Transplantation-Related Thrombotic Microangiopathy / G. Ardissino, V. Capone, S. Tedeschi [et al.] // *Pharmaceuticals (Basel)*. – 2022. – Vol. 15, Iss. 7. – P. 845.

69. Complications and Graft Survival in Kidney Transplants with Vascular Variants: Our Experience and Literature Review / S. Vaccarisi, E. Bonaiuto, N. Spadafora [et al.] // *Transplantation Proceedings*. – 2013. – Vol. 45, Iss. 7. – P. 2663–2665.

70. Consensus-based Technical Recommendations for Clinical Translation of Renal ASL MRI / F. Nery, C. E. Buchanan, A. A. Harteveld [et al.] // *MAGMA*. – 2020. – Vol. 33, Iss. 1. – P. 141–161.

71. **Cooper, D. K.** The forgotten French: The 'Heroic' Era of Kidney Transplantation / D. K. Cooper // *Journal of Medical Biography*. – 2017. – Vol. 25, Iss. 4. – P. 234–239.

72. **de Freitas, R. A. P.** Early Vascular Thrombosis After Kidney Transplantation: Can We Predict Patients at Risk? / R. A. P. de Freitas, M. L. de Lima, M. Mazzali // *Transplantation Proceedings*. – 2017. – Vol. 49, Iss. 4. – P. 817–820.

73. Developmental Anomalies of the Inferior Vena Cava and its Tributaries: What the Radiologist Needs to Know? / M. Verma, N. N. Pandey, V. Ojha [et al.] // *Indian Journal of Radiology and Imaging*. – 2022. – Vol. 32, Iss. 3. – P. 355–364.

74. Diagnosis and Treatment of Early Transplant Renal Artery Stenosis: Experience from a Center in Eastern China / R. Qi, G. Qi, D. Zhu [et al.] // *Transplantation Proceedings*. – 2020. – Vol. 52, Iss. 1. – P. 179–185.

75. Diagnostic and Therapeutic Strategies for Vascular Complications After Renal Transplantation: A Single-center Experience in 2,304 Renal Transplantations / J. Zhang, W. Xue, P. Tian [et al.] // *Frontiers in Transplantation*. – 2023. – Vol. 2. – P. 1150331.

76. **Dinh, L.** Repair of Renal Artery Aneurysm with Stent Angiography and Coil Embolization / L. Dinh, M. Hamandi, W. Shutze // Proceedings (baylor university medical center). – 2021. – Vol. 34, Iss. 3. – P. 391–393.

77. Donor Characteristics and Their Impact on Kidney Transplantation Outcomes: Results from Two Nationwide Instrumental Variable Analyses Based on Outcomes of Donor Kidney Pairs Accepted for Transplantation / A. F. Schaapherder, M. Kaiser, L. Mumford [et al.] // *EClinicalMedicine*. – 2022. – Vol. 50. – P. 101516.

78. Duration of Delayed Graft Function and Its Impact on Graft Outcomes in Deceased Donor Kidney Transplantation / P. Budhiraja, K. S. Reddy, R. J. Butterfield [et al.] // *BMC Nephrology*. – 2022. – Vol. 23, Iss. 1. – P. 154.

79. EAU Guidelines on Renal Transplantation (European Association of Urology) / A. Breda, K. Budde, A. Figueiredo [et al.] – Arnhem, 2022. – 56 p.

80. Effect of Dialysis Modalities on Risk of Hospitalization for Gastrointestinal Bleeding / C. H. Huang, J. Y. Chao, T. C. Ling [et al.] // *Scientific Reports*. – 2023. – Vol. 13, Iss. 1. – P. 52.

81. Effects of Body Mass Index on Kidney Transplant Outcomes Are Significantly Modified by Patient Characteristics / J. D. Schold, J. J. Augustine, A. M. Huml [et al.] // *American Journal of Transplantation*. – 2021. – Vol. 21, Iss. 2. – P. 751–765.

82. Effects of Pretransplant Peritoneal Vs Hemodialysis Modality on Outcome of First Kidney Transplantation from Donors After Cardiac Death / X. Che, X. Yang, J. Yan [et al.] // *BMC Nephrology*. – 2018. – Vol. 19, Iss. 1. – P. 235.

83. Efficacy of Pre-emptive Kidney Transplantation for Adults with End-stage Kidney Disease: A Systematic Review and Meta-analysis / T. Azegami, N. Kounoue, T. Sofue [et al.] // *Renal Failure*. – 2023. – Vol. 45, Iss. 1. – P. 2169618.

84. Endovascular Treatment of Transplant Renal Artery Stenosis: A Systematic Review and Meta-analysis / D. E. Hinojosa-Gonzalez, G. Salgado-Garza, M. Torres-Martinez [et al.] // *Journal of Endovascular Therapy*. – 2022. – Vol. 29, Iss. 2. – P. 294–306.

85. Evaluation of Hemostasis in Patients with End-Stage Renal Disease / A. Gackler, H. Rohn, T. Lisman [et al.] // PLoS One. – 2019. – Vol. 14, Iss. 2. – P. e0212237.
86. Evaluation of Renal Blood Flow in Chronic Kidney Disease Using Arterial Spin Labeling Perfusion Magnetic Resonance Imaging / L. P. Li, H. Tan, J. M. Thacker [et al.] // Kidney International Reports. – 2017. – Vol. 2, Iss. 1. – P. 36–43.
87. **Franke, D.** The Diagnostic Value of Doppler Ultrasonography After Pediatric Kidney Transplantation / D. Franke // Pediatric Nephrology. – 2022. – Vol. 37, Iss. 7. – P. 1511–1522.
88. Hemodialysis Does Not Induce Detectable Activation of the Contact System of Coagulation / K. Francois, C. Orlando, K. Jochmans [et al.] // Kidney International Reports. – 2020. – Vol. 5, Iss. 6. – P. 831–838.
89. Heparin/Heparan Sulphate Interactions with Complement – A Possible Target for Reduction of Renal Function Loss? / A. Zaferani, D. Talsma, M. K. Richter [et al.] // Nephrology Dialysis Transplantation. – 2014. – Vol. 29, Iss. 3. – P. 515–522.
90. Imaging of Renal Transplant Complications throughout the Life of the Allograft: Comprehensive Multimodality Review / M. D. Sugi, G. Joshi, K. K. Maddu [et al.] // Radiographics. – 2019. – Vol. 39, Iss. 5. – P. 1327–1355.
91. Immediate Vascular Complications After Kidney Transplant: Experience from 2100 Recipients / M. Tavakkoli, R. M. Zafarghandi, R. Taghavi [et al.] // Experimental and Clinical Transplantation. – 2017. – Vol. 15, Iss. 5. – P. 504–508.
92. Impact of A Risk-Stratified Thromboprophylaxis Protocol on The Incidence of Postoperative Venous Thromboembolism and Bleeding / R. Chahal, M. Alexander, K. Yee [et al.] // Anaesthesia. – 2020. – Vol. 75, Iss. 8. – P. 1028–1038.
93. Impact of Haemodialysis on Coagulation Profile in Chronic Kidney Disease / V. Raja, S. Ganapathy, S. K. Karthikeyan [et al.] // Annals of Pathology and Laboratory Medicine. – 2021. – Vol. 8, Iss. 3. – P. A95–A99.
94. Impact of the Pretransplant Dialysis Modality on Kidney Transplantation Outcomes: A Nationwide Cohort Study / H. T. Lin, F. C. Liu, J. R. Lin [et al.] // BMJ Open. – 2018. – Vol. 8, Iss. 6. – P. e020558.

95. Inferior Long-term Graft Survival After End-To-Side Reconstruction for Two Renal Arteries in Living Donor Renal Transplantation / S. Yamanaga, A. Rosario, D. Fernandez [et al.] // PLoS One. – 2018. – Vol. 13, Iss. 7. – P. e0199629.
96. Influence of Multiple Donor Renal Arteries on the Outcome and Graft Survival in Deceased Donor Kidney Transplantation / U. Scheuermann, S. Rademacher, T. Wagner [et al.] // Journal of Clinical Medicine. – 2021. – Vol. 10, Iss.19. – P. 4395.
97. Innovative Arterial Reconstruction with Donor Iliac Artery During Multiple Artery Kidney Transplantation / A. S. Adam, E. Dan, P. Dan [et al.] // Journal of Surgery. – 2023. – Vol. 8, Iss. 3. – P. 1720.
98. Interventional Management of Vascular Complications after Renal Transplantation / N. Verloh, M. Doppler, M. T. Hagar [et al.] // Rofo. – 2023. – Vol. 195, Iss. 6. – P. 495–504.
99. Interventions for Preventing Thrombosis in Solid Organ Transplant Recipients / V. Surianarayanan, T. J. Hoather, S. J. Tingle [et al.] // Cochrane Database of Systematic Reviews – 2021. – Vol. 3, Iss. 3. – P. CD011557.
100. Intraoperative Blood Flow Measurements in Organ Allografts Can Predict Postoperative Function / W. Lisik, G. Gontarczyk, M. Kosieradzki [et al.] // Transplantation Proceedings. – 2007. – Vol. 39, Iss. 2. – P. 371–372.
101. Intraoperative graft verification in renal transplants / K. A. Bhatt, H. L. Karamanoukian, J. Bergsland [et al.] // Vasc. Endovascular Surg. – 2002. – Vol. 36, Iss. 2. – P. 93–6.
102. Intraoperative Resistance Index Measured with Transsonic Flowmeter on Kidney Graft Artery Can Predict Early and Long-Term Graft Function / R. Krol, J. Chudek, A. Kolonko [et al.] // Transplantation Proceedings. – 2011. – Vol. 43, Iss. 8. – P. 2926–2929.
103. Investigation of Different Methods of Intraoperative Graft Perfusion Assessment during Kidney Transplantation for the Prediction of Delayed Graft Function: A Prospective Pilot Trial / A. L. H. Gerken, M. Keese, C. Weiss [et al.] // Journal of Personalized Medicine. – 2022. – Vol. 12, Iss. 10. – P. 1749.

104. Is Intraoperative Heparin During Renal Transplantation Useful to Reduce Graft Vascular Thrombosis? / J. Denize, G. Defortescu, D. Guerrot [et al.] // *Progres en Urologie*. – 2021. – Vol. 31, Iss. 8–9. – P. 531–538.

105. **Jain, D.** Choice of Dialysis Modality Prior To Kidney Transplantation: Does It Matter? / D. Jain, D. B. Haddad, N. Goel // *World Journal of Nephrology*. – 2019. – Vol. 8, Iss. 1. – P. 1–10.

106. **Kadoya, Y.** Endovascular Treatment of Transplant Renal Artery Stenosis Based on Hemodynamic Assessment Using a Pressure Wire: A Case Report / Y. Kadoya, K. Zen, S. Matoba // *BMC Cardiovascular Disorders*. – 2018. – Vol. 18. – P. 172.

107. Kidney Transplant Outcomes in Elderly Population: A Systematic Review and Meta-analysis / A. Artiles, A. Dominguez, J. D. Subiela [et al.] // *European Urology Open Science*. – 2023. – Vol. 51. – P. 13–25.

108. Kidney Transplant Outcomes in Recipients Over the Age of 70 / J. Mehta, O. Ndubueze, D. Tatum [et al.] // *Cureus*. – 2023. – Vol. 15, Iss. 1. – P. e34021.

109. Kidney Transplant Recipient Surgery / F. Vistoli, V. Perrone, G. Amorese [et al.] // *Kidney Transplantation, Bioengineering and Regeneration*. – New York: Academic Press, 2017. – P. 111–125.

110. Kidney Transplantation for a Patient with Protein C Deficiency Using Activated Protein C Concentrate: A Case Report / Y. Ikehata, Y. Nakagawa, K. Yuzawa [et al.] // *Transplantation Proceedings*. – 2022. – Vol. 54, Iss. 10. – P. 2754–2757.

111. Kinetic GFR Outperforms CKD-EPI for Slow Graft Function Prediction in the Immediate Postoperative Period Following Kidney Transplantation / J. Dash, T. Verissimo, A. Faivre [et al.] // *Journal of Clinical Medicine*. – 2020. – Vol. 9, Iss. 12. – P. 4003.

112. **Kovesdy, C. P.** Epidemiology of Chronic Kidney Disease: An Update 2022 / C. P. Kovesdy // *Kidney International – Supplement*. – 2022. – Vol. 12, Iss. 1. – P. 7–11.

113. Living Versus Deceased Kidney Transplantation: Comparison of Complications / A. M. Fakhr Yasseri, F. Namdari, S. Gooran [et al.] // *Urologia*. – 2021. – Vol. 88, Iss. 3. – P. 185–189.

114. Long-Term Results of Kidney Transplantation in the Elderly: Comparison between Different Donor Settings / R. Yemini, R. Rahamimov, R. Ghinea [et al.] // *Journal of Clinical Medicine*. – 2021. – Vol. 10, Iss. 2. – P. 5308.

115. **Lutz, J.** Platelets in Advanced Chronic Kidney Disease: Two Sides of the Coin / J. Lutz, N. K. Jurk // *Seminars in Thrombosis and Hemostasis*. – 2020. – Vol. 46, Iss. 3. – P. 342–356.

116. **Lv, J. C.** Prevalence and Disease Burden of Chronic Kidney Disease / J. C. Lv, L. X. Zhang // *Advances in Experimental Medicine and Biology*. – 2019. – Vol. 1165. – P. 3–15.

117. Management and Outcome After Early Renal Transplant Vein Thrombosis: A French Multicentre Observational Study of Real-Life Practice Over 24 Years / L. Cambou, C. Millet, N. Terrier [et al.] // *Transplant International*. – 2023. – Vol. 36. – P. 10556.

118. Management of Donor Kidneys with Double Renal Arteries with Significant Luminal Discrepancy: A Retrospective Cohort Study / P. Panwar, D. Bansal, R. Maheshwari [et al.] // *Indian Journal of Urology*. – 2020. – Vol. 36, Iss. 3. – P. 200–204.

119. Management of Multiple Renal Arteries and Unusual Venous Anatomy During Kidney Transplant: From a Simple Technical Problem to a Graft-Saving Procedure / Z. Popov, O. Stankov, S. Stavridis [et al.] // *Experimental and Clinical Transplantation*. – 2020. – Vol. 18, Iss. 7. – P. 763–770.

120. Multiple Renal Arteries in Kidney Transplantation: A Systematic Review and Meta-Analysis / M. Zorgdrager, C. Krikke, S. H. Hofker [et al.] // *Annals of Transplantation*. – 2016. – Vol. 21. – P. 469–478.

121. **Murray, G. D.** The Use of Heparin in Thrombosis / G. D. Murray, C. H. Best // *Annals of Surgery*. – 1938. – Vol. 108, Iss. 2. – P. 163–177.

122. **Natesan, V.** Diabetic Nephropathy – a Review of Risk Factors, Progression, Mechanism, and Dietary Management / V. Natesan, S. J. Kim // *Biomolecules and therapeutics* (Seoul). – 2021. – Vol. 29 (4). – P. 365–372.

123. **Nery, F.** Non-Invasive Renal Perfusion Imaging Using Arterial Spin Labeling MRI: Challenges and Opportunities / F. Nery, I. Gordon, D. L. Thomas // *Diagnostics* (Basel). – 2018. – Vol. 8, Iss. 1. – P. 2.

124. **Ng, J. C.** Evaluation of Heparin Anticoagulation Protocols in Post-Renal Transplant Recipients (EHAP-PoRT Study) / J. C. Ng, M. Leung, D. Landsberg // *Canadian Journal of Hospital Pharmacy*. – 2016. – Vol. 69, Iss. 2. – P. 114–121.

125. Noninvasive Renal Perfusion Measurement Using Arterial Spin Labeling (ASL) MRI: Basic Concept / M. C. Ku, M. A. Fernández-Seara, F. Kober [et al.] // *Preclinical MRI of the Kidney: Methods and Protocols*. – New York: Humana Press, 2021. – P. 229–239.

126. Novel Management of Complicated Renal Artery Aneurysm: Laparoscopic Nephrectomy and Ex-vivo Repair with Heterotopic Autotransplant / S. P. Shirodkar, V. Bird, O. Velazquez [et al.] // *Journal of Endourology*. – 2010. – Vol. 24, Iss. 1. – P. 35–39.

127. OPTN/SRTR 2020 Annual Data Report: Kidney / K. L. Lentine, J. M. Smith, A. Hart [et al.] // *American Journal of Transplantation*. – 2022. – Vol. 22. – Suppl 2. – P. 21–136.

128. OPTN/SRTR 2021 Annual Data Report: Kidney / K. L. Lentine, J. M. Smith, J. M. Miller [et al.] // *American Journal of Transplantation*. – 2023. – Vol. 23, Iss. 2. – P. S21–S120.

129. Outcomes and Surgical Complications in Kidney Transplantation / F. Reyna-Sepúlveda, A. Ponce-Escobedo, A. Guevara-Charles [et al.] // *International Journal of Organ Transplantation Medicine*. – 2017. – Vol. 8, Iss. 2. – P. 78–84.

130. Outcomes From Right Versus Left Deceased-Donor Kidney Transplants: A US National Cohort Study / S. Kulkarni, G. Wei, W. Jiang [et al.] // *American Journal of Kidney Diseases*. – 2020. – Vol. 75, Iss. 5. – P. 725–735.

131. Outcomes of Complex V/S Simple Vascular Anatomy Grafts Following Living Donor Renal Transplant – Experience from a Tertiary Care Center / A. Krishna, U. Maqbool, M. Jain [et al.] // *Clinical Nephrology and Renal Care*. – 2020. – Vol. 6, Iss. 2. – P. 059.

132. Outcomes of Kidney Transplantation in Older Recipients / E. Hammad, D. Broering, Y. Shah [et al.] // *Annals of Transplantation*. – 2023. – Vol. 28. – P. e938692.

133. **Parker, C. R.** Monitoring Unfractionated Heparin: A Review of Activated Partial Thromboplastin Time Versus Antifactor Xa / C. R. Parker, V. Kataria // *AACN Advanced Critical Care*. – 2019. – Vol. 30, Iss. 4. – P. 305–312.

134. Pathophysiological Changes in the Hemostatic System and Antithrombotic Management in Kidney Transplant Recipients / T. A. J. van den Berg, G. J. Nieuwenhuijs-Moeke, T. Lisman [et al.] // *Transplantation*. – 2023. – Vol. 107, Iss. 6. – P. 1248–1257.

135. Pearls and Pitfalls in Pediatric Kidney Transplantation After 5 Decades / L. Oomen, C. Bootsma-Robroeks, E. Cornelissen [et al.] // *Frontiers in Pediatrics*. – 2022. – Vol. 10. – P. 856630.

136. Perioperative Anticoagulation and Antiplatelet Therapy in Renal Transplant: is There An Increase in Bleeding Complication? / M. Eng, G. Brock, X. Li [et al.] // *Clinical Transplantation*. – 2011. – Vol. 25, Iss. 2. – P. 292–296.

137. Perioperative Antithrombotic Therapy Does Not Increase the Incidence of Early Postoperative Thromboembolic Complications and Bleeding in Kidney Transplantation – A Retrospective Study / T. A. J. van den Berg, R. C. Minnee, T. Lisman [et al.] // *Transplant International*. – 2019. – Vol. 32. – P. 418–430.

138. Pharmacomechanical Thrombectomy for Treatment of Acute Transplant Renal Artery Thrombosis / A. Klepanec, T. Balazs, R. Bazik [et al.] // *Annals of Vascular Surgery*. – 2014. – Vol. 28, Iss. 5. – P. 1314.e11–1314.e14.

139. Platelet Abnormalities in CKD and Their Implications for Antiplatelet Therapy / C. C. F. M. J. Baaten, J. R. Schroer, J. Floege [et al.] // *Clinical Journal of the American Society of Nephrology*. – 2022. – Vol. 17, Iss. 1. – P. 155–170.

140. Post Transplant Renal Vein Thrombosis, with Successful Thrombectomy and Review of The Literature / M. Lerman, M. Mulloy, C. Gooden [et al.] // International Journal of Surgery Case Reports. – 2019. – Vol. 61. – P. 291–293.

141. Post-transplant Urological and Vascular Complications / J. Safa, N. Nezami, M. K. Tarzamni [et al.] // Saudi Journal of Kidney Diseases and Transplantation. – 2009. – Vol. 20, Iss. 5. – P. 867–871.

142. Predictive Factors of Surgical Complications in the First Year Following Kidney Transplantation / P. Salamin, C. Deslarzes-Dubuis, A. Longchamp [et al.] // Annals of Vascular Surgery. – 2022. – Vol. 83. – P. 142–151.

143. Predictive Value of HAS-BLED Score Regarding Bleeding Events and Graft Survival following Renal Transplantation / H. M. Hau, M. Eckert, S. Laudi [et al.] // Journal of Clinical Medicine. – 2022. – Vol. 11, Iss. 14. – P. 4025.

144. Preemptively and Non-Preemptively Transplanted Patients Show a Comparable Hypercoagulable State Prior to Kidney Transplantation Compared to Living Kidney Donors / G. J. Nieuwenhuijs-Moeke, T. A. J. van den Berg, S. J. L. Bakker [et al.] // PLoS One. – 2018. – Vol. 13, Iss. 7. – P. e0200537.

145. Prevalence of obesity among adults, BMI ≥ 30 , age-standardized Estimates by country 2022 [Electronic resource]. – URL: [\(https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/prevalence-of-obesity-among-adults-bmi--30-\(age-standardized-estimate\)-\(-\)\)](https://www.who.int/data/gho/data/indicators/indicator-details/GHO/prevalence-of-obesity-among-adults-bmi--30-(age-standardized-estimate)-(-)) (дата обращения: 12.10.2024).

146. Prevalence, Outcomes, and Cost of Chronic Kidney Disease in A Contemporary Population of 2.4 million Patients from 11 Countries: The CaReMe CKD study / J. Sundstrom, J. Bodegard, A. Bollmann [et al.] // The Lancet Regional Health – Europe. – 2022. – Vol. 20. – P. 100438.

147. Prognostic Role of Circulating Neutrophil Extracellular Traps Levels for Long-term Mortality in New End-stage Renal Disease Patients / J. K. Kim, H. W. Lee, N. Joo [et al.] // Journal of Clinical Immunology. – 2020. – Vol. 210. – P. 108263.

148. Prophylactic Antithrombotic Management in Adult and Pediatric Kidney Transplantation: A Systematic Review and Meta-analysis / S. Bapistella, M. Zirngibl, K. Buder [et al.] // *Pediatric Transplantation*. – 2021. – Vol. 25, Iss. 4. – P. e14021.

149. Rate of Ipsilateral Chronic Limb-Threatening Ischemia (CLTI) After Kidney Transplantation: A Retrospective Single-Center Study / A. K. Natour, Z. Al Adas, T. Nypaver [et al.] // *Cureus*. – 2022. – Vol. 14, Iss. 5. – P. e25455.

150. **Reggiani, F.** Cardiovascular Risk after Kidney Transplantation: Causes and Current Approaches to a Relevant Burden / F. Reggiani, G. Moroni, C. Ponticelli // *Journal of Personalized Medicine*. – 2022. – Vol. 12, Iss. 8. – P. 1200.

151. Release of Extracellular DNA Influences Renal Ischemia Reperfusion Injury By Platelet Activation and Formation Of Neutrophil Extracellular Traps / M. P. Jansen, D. Emal, G. J. Teske [et al.] // *Kidney International*. – 2017. – Vol. 91, Iss. 2. – P. 352–364.

152. Renal Allograft Transplant Vascular Complications. Diagnostic and Treatment / V. Gomez Dos Santos, V. Hevia Palacios, C. Galeano Alvarez [et al.] // *Arch. Esp. Urol.* – 2021. – Vol. 74, Iss. 10. – P. 1013–1028.

153. Renal Transplant Vascular Complications: the Role of Doppler Ultrasound / A. Granata, S. Clementi, F. Londrino [et al.] // *Journal of Ultrasound*. – 2015. – Vol. 18, Iss. 2. – P. 101–107.

154. Renal Vessel Extension with Cryopreserved Vascular Grafts: Overcoming Surgical Pitfalls in Living Donor Kidney Transplant / G. Fallani, L. Maroni, C. Bonatti [et al.] // *Transplant International*. – 2023. – Vol. 36. – P. 11060.

155. Resistive Index as a Predictor of Early Failure of Kidney Transplantation / D. S. Jeong, W. He, M. H. Shin [et al.] // *Korean Journal of Transplantation*. – 2019. – Vol. 33, Iss. 3. – P. 55–59.

156. Retrospective Analysis of Surgical Complications Following Cadaveric Kidney Transplantation in the Modern Transplant Era / D. Hernandez, M. Rufino, S. Armas [et al.] // *Nephrology Dialysis Transplantation*. – 2006. – Vol. 21, Iss. 10. – P. 2908–2915.

157. Retrospective Analysis of the Comparison Between Single Renal Artery Versus Multiple Renal Arteries in Living Donor Kidney Transplant: Does It Affect the Outcome? / A. D. Mahajan, N. D. Patel, L. Singh Pal [et al.] // *Experimental and Clinical Transplantation*. – 2021. – Vol. 19, Iss. 1. – P. 38–43.

158. Risk Factors for Graft Loss Due to Acute Vascular Complications in Adult Renal Transplantation Using Grafts Without Vascular Anomalies / G. L. Adani, R. Pravisani, U. Baccarani [et al.] // *Transplantation Proceedings*. – 2019. – Vol. 51, Iss. 9. – P. 2939–2942.

159. Risk Factors of Early Kidney Graft Transplantectomy / A. Guillaume, V. Queruel, R. Kabore [et al.] // *Transplantation Proceedings*. – 2019. – Vol. 51, Iss. 10. – P. 3309–3314.

160. Risk of Ipsilateral Deep Vein Thrombosis After Kidney Transplantation: A Retrospective Study / A. K. Natour, S. Ahmed, D. Y. Kim [et al.] // *Cureus*. – 2022. – Vol. 14, Iss. 4. – P. e24482.

161. Salvage of Grafts with Vascular Thrombosis During Live Donor Renal Allotransplantation: A Critical Analysis of Successful Outcome / A. M. Harraz, A. A. Shokeir, S. A. Soliman [et al.] // *International Journal of Urology*. – 2014. – Vol. 21. – P. 999–1004.

162. **Santos, R. P. D.** Kidney Transplantation Epidemiology in Brazil / R. P. D. Santos, A. R. D. S. Carvalho, L. A. B. Peres // *Nefrologia (English edition)*. – 2019. – Vol. 39, Iss. 4. – P. 402–410.

163. **Sarhan, A. L.** Quality of Life for Kidney Transplant Recipients and Hemodialysis Patients in Palestine: A Cross-sectional Study / A. L. Sarhan, R. H. Jarareh, M. Shraim // *BMC Nephrology*. – 2021. – Vol. 22, Iss. 1. – P. 210.

164. Short-Term Outcomes Using a Drug-Coated Balloon for Transplant Renal Artery Stenosis / C. M. Li, T. Shang, L. Tian [et al.] // *Annals of Transplantation*. – 2018. – Vol. 23. – P. 75–80.

165. Single Versus Multiple Renal Arteries in Living Donor Kidney Transplantation: A Systematic Review and Patient-level Meta-analysis / E. J. Lim, K. Y. Fong, J. Li [et al.] // *Clinical Transplantation*. – 2023. – Vol. 37, Iss. 11. – P. e15069.

166. **Stigler, J.** Value and Limitations of Sonography in Kidney Transplant Recipients with Special Attention to The Resistive Index – An Update / J. Stigler, M. Tiefenthaler // *Frontiers in Nephrology*. – 2022. – Vol. 2. – P. 997839.

167. **Stratmann, B.** Atherogenesis and Atherothrombosis-focus on Diabetes Mellitus / B. Stratmann, D. Tschoepe // *Best Practice and Research Clinical Endocrinology Metabolism*. – 2009. – Vol. 23, Iss. 3. – P. 291–303.

168. Surgical Complications After Kidney Transplantation / M. Haberal, F. Boyvat, A. Akdur [et al.] // *Experimental and Clinical Transplantation*. – 2016. – Vol. 14, Iss. 6. – P. 587–595.

169. Surgical Prevention and Management of Vascular Complications of Kidney Transplantation / T. Bessede, S. Droupy, Y. Hammoudi et al. // *Transplant International*. – 2012. – Vol. 25, Iss. 9. – P. 994–1001.

170. Surgical Stapler for Right Renal Vein Elongation Using the Inferior Vena Cava in Kidney Transplant / P. Di Cocco, A. Kandilis, P. Rajagopal [et al.] // *Experimental and Clinical Transplantation*. – 2016. – Vol. 14, Iss. 5. – P. 564–566.

171. Systematic Review of Intra-operative Duplex Scanning During Renal Transplantation / L. Thebridge, C. Fisher, V. Puttaswamy [et al.] // *Australasian Journal of Ultrasound in Medicine*. – 2022. – Vol. 25, Iss. 1. – P. 42–50.

172. **Takahashi, K.** A Novel Transit-time Flow Metric, Diastolic Resistance Index, Detects Subcritical Anastomotic Stenosis in Coronary Artery Bypass Grafting / K. Takahashi, T. Morota, Y. Ishii // *JTCVS Techniques*. – 2023. – Vol. 17. – P. 94–103.

173. **Tan, S. Y.** Joseph Murray (1919-2012): First Transplant Surgeon / S. Y. Tan, J. Merchant // *Singapore Medical Journal*. – 2019. – Vol. 60, Iss. 4. – P. 162–163.

174. Targeted Donor Complement Blockade After Brain Death Prevents Delayed Graft Function in A Nonhuman Primate Model of Kidney Transplantation / J. S. Danobeitia, T. J. Zens, P. J. Chlebeck [et al.] // *American Journal of Transplantation*. – 2020. – Vol. 20, Iss. 6. – P. 1513–1526.

175. Terminal Phase Components of the Clotting Cascade in Patients with End-Stage Renal Disease Undergoing Hemodiafiltration or Hemodialysis Treatment / K.

Penzes, B. Hurjak, E. Katona [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2020. – Vol. 21, Iss. 22. – P. 8426.

176. The Faster the Better: Anastomosis Time Influences Patient Survival After Deceased Donor Kidney Transplantation / A. Weissenbacher, R. Oberhuber, B. Cardini [et al.] // Transplant International. – 2015. – Vol. 28, Iss. 5. – 535–543.

177. The Impact of Anastomosis Time During Kidney Transplantation on Graft Loss: A Eurotransplant Cohort Study / L. Heylen, J. Pirenne, U. Samuel [et al.] // American Journal of Transplantation. – 2017, Iss. 3. – Vol. 17. – P. 724–732.

178. The Impact of Intraoperative Graft Blood Flow Measurement on Early Graft Function / L. W. Fan, Y. R. Li, K. J. Lin [et al.] // Transplantation Proceedings. – 2023. – Vol. 55, Iss. 4. – P. 782–787.

179. The Impact of Pain on The Quality of Life of Patients with End-Stage Renal Disease Undergoing Hemodialysis: A Multicenter Cross-Sectional Study from Palestine / A. F. Samoudi, M. K. Marzouq, A. M. Samara [et al.] // Health Qual Life Outcomes. – 2021. – Vol. 19, Iss. 1. – P. 39.

180. The Outcome of Kidney Transplants with Multiple Renal Arteries / C. Aydin, I. Berber, G. Altaca [et al.] // BMC Surgery. – 2004. – Vol. 4. – P. 4.

181. The Role of Thromboxane in the Course and Treatment of Ischemic Stroke: Review / M. Szczuko, I. Koziol, D. Kotlega [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2021. – Vol. 22, Iss. 21. – P. 11644.

182. The Use of Intraoperative Transit Time Flow Measurement for Coronary Artery Bypass Surgery: Systematic Review of the Evidence and Expert Opinion Statements / M. Gaudino, S. Sandner, G. Di Giammarco [et al.] // Circulation. – 2021. – Vol. 144, Iss. 14. – P. 1160–1171.

183. The Value of Inflow Inversion Recovery MRI for the Diagnosis of Transplant Renal Artery Stenosis: Comparison with Digital Subtraction Angiography / H. Li, G. Shao, Y. Zhao [et al.] // Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine. – 2022. – Vol. 53, Iss. 1.

184. Transesophageal Echocardiography: Methodology, Indications, Opportunities / M. V. Kadyrova, M. V. Ilyina, P. V. Arbekova [et al.] // Medical Visualization. – 2018. – Vol. 22. – P. 25–46.
185. Transit Time Flow Measurement in Robotic Totally Endoscopic Coronary Artery Bypass: What Do the Numbers Mean? / B. Yang, S. Nisivaco, G. Torregrossa [et al.] // Innovations (Phila). – 2022. – Vol. 17, Iss. 2. – P. 136–141.
186. Transplant Renal Artery Stenosis / D. P. Baird, J. Williams, M. C. Petrie [et al.] // Kidney International Reports. – 2020. – Vol. 5, Iss. 12. – P. 2399–2402.
187. Transplant Renal Vein Thrombosis in A Recipient with Aberrant Venous Anatomy / L. Thiessen, S. MacDonell, C. Wall [et al.] // CEN Case Reports. – 2018. – Vol. 7, Iss. 2. – P. 264–267.
188. Triple Renal Arteries in a Cadaveric Kidney Donor: A Case Report / C. Damaskos, V. E. Georgakopoulou, N. Garmpis [et al.] // Cureus. – 2020. – Vol. 12, Iss. 11. – P. e11639.
189. Troubleshooting Complex Vascular Cases in the Kidney Graft: Multiple Vessels, Aneurysms, and Injuries During Harvesting Procedures / V. Hevia, V. Gomez, M. Hevia [et al.] // Current Urology Reports. – 2020. – Vol. 21, Iss. 1. – P. 5.
190. Unexpected Success in Early Post-transplantation Renal Vein Thrombosis: A Case Report and Literature Review / J. E. Santos, A. Gaspar, S. Querido [et al.] // Clinical Nephrology – Case Studies. – 2021. – Vol. 9. – P. 19–25.
191. Uraemic Bleeding: Role of Anaemia and Beneficial Effect of Red Cell Transfusions / M. Livio, E. Gotti, D. Marchesi [et al.] // Lancet. – 1982. – Vol. 2, Iss. 8306. – P. 1013–1015.
192. Urea-induced ROS Cause Endothelial Dysfunction in Chronic Renal Failure / M. D'Apolito, X. Du, D. Pisanelli [et al.] // Atherosclerosis. – 2015. – Vol. 239, Iss. 2. – P. 393–400.
193. Uremic Toxins Alter Coagulation and Fibrinolysis-Related Genes Expression in Human Endothelial Cells / Y. Oe, E. Sato, H. Sato [et al.] // Thrombosis Research. – 2020. – Vol. 186. – P. 75–77.

194. Various Techniques and Outcomes of Arterial Anastomosis in Live Renal Transplant: An Institutional Experience / B. Tiwari, P. Pandey, G. Vezhaventhen [et al.] // *Cureus*. – 2022. – Vol. 14, Iss. 5. – P. e25262.
195. Vascular Complication in Live Related Renal Transplant: An Experience of 1945 Cases / A. Srivastava, J. Kumar, S. Sharma [et al.] // *Indian Journal of Urology*. – 2013. – Vol. 29, Iss. 1. – P. 42–47.
196. Vascular Complications After Live Donor Renal Transplantation: Study of Risk Factors and Effects on Graft and Patient Survival / Y. Osman, A. Shokeir, B. Ali-el-Dein [et al.] // *The Journal of Urology*. – 2003. – Vol. 169, Iss. 3. – P. 859–862.
197. Vascular Complications After Renal Transplant: A Single-Center Experience / E. H. Ayvazoglu Soy, A. Akdur, M. Kirnap [et al.] // *Experimental and Clinical Transplantation*. – 2017. – Vol. 15, Iss. 1. – P. 79–83.
198. Vascular Complications Following 1500 Consecutive Living and Cadaveric Donor Renal Transplantations: A Single Center Study / M. Salehipour, H. Salahi, H. Jalaeian [et al.] // *Saudi Journal of Kidney Diseases and Transplantation*. – 2009. – Vol. 20, Iss. 4. – P. 570–572.
199. Vascular Complications in Renal Transplantation: A Single-center Experience in 1367 Renal Transplantations and Review of the Literature / D. Dimitroulis, J. Bokos, G. Zavos [et al.] // *Transplantation Proceedings*. – 2009. – Vol. 41, Iss. 5. – P. 1609–1614.
200. Vascular Complications in Renal Transplantation: Surgical Salvage of Renal Artery Dissection / M. Mayhew, R. Solomon, H. LaGuardia [et al.] // *Transplantation Direct*. – 2022. – Vol. 8, Iss. 6. – P. e1340.
201. Vascular Complications of Renal Transplantation: Risk Factors and Impact on Graft Survival / S. Zaghib, M. Chakroun, A. Saadi [et al.] // *Nephrology Dialysis Transplantation*. – 2022. – Vol. 37, Iss. 3.
202. **Weisel, J. W.** Red Blood Cells: The Forgotten Player in Hemostasis and Thrombosis / J. W. Weisel, R. I. Litvinov // *Journal of Thrombosis and Haemostasis*. – 2019. – Vol. 17, Iss. 2. – P. 271–282.

203. 5 Years Experience with Drug Eluting and Bare Metal Stents as Primary Intervention in Transplant Renal Artery Stenosis / C. C. Estrada, M. Musani, F. Darras [et al.] // Transplantation Direct. – 2017. – Vol. 3, Iss. 2. – P. e128.

204. 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization / F. J. Neumann, M. Sousa-Uva, A. Ahlsson [et al.] // European Heart Journal. – 2019. – Vol. 40, Iss. 2. – P. 87–165.