



УДК 616-005

DOI 10.17802/2306-1278-2025-14-1-122-133

СОСУДИСТЫЕ ДОСТУПЫ У ПАЦИЕНТОВ НА ХРОНИЧЕСКОМ ГЕМОДИАЛИЗЕ И ПРОБЛЕМЫ ИХ ДЛИТЕЛЬНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

А.А. Садовский¹, Р.С. Тарасов², А.С. Криковцов²

¹ Государственное автономное учреждение здравоохранения «Кузбасская областная клиническая больница имени С.В. Беляева», пр-кт Октябрьский, 22, Кемерово, Российская Федерация, 650066; ² Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», бульвар им. академика Л.С. Барбараша, 6, Кемерово, Российская Федерация, 650002

Основные положения

• Впервые структурировано описаны основных преимуществ и недостатков различных видов постоянного сосудистого доступа при их длительном использовании. В настоящее время малоизученным остается применение аллографтов и биологических протезов, их дальнейшее изучение является перспективным направлением.

Резюме

На сегодняшний день существует большая разновидность сосудистых доступов для проведения сеансов гемодиализа: диализный катетер, первичная или нативная артериовенозная фистула, артериовенозные графты. Основными проблемами использования постоянного сосудистого доступа, приводящими к его потере, являются избыточный неоинтимальный рост, инфекции, легочная гипертензия, steal-синдром (синдром обкрадывания), аневризматические расширения. «Золотым стандартом» с наименьшим числом возможных осложнений считается использование нативной артериовенозной фистулы. Диализный катетер имеет множество ограничений и не рекомендован для применения на постоянной основе. Опыт использования АВГ из синтетических материалов описан во многих зарубежных исследованиях и занимает промежуточное место среди вышеописанных доступов. В настоящее время малоизученной альтернативой остается применение биотрансплантатов (биологические графты) и аллотрансплантатов. Дальнейшее изучение применения аллографтов и биологических протезов с позиции возможных осложнений постоянного сосудистого доступа и сравнение полученных результатов с нативной АВФ и АВГ поможет сформировать единое мнение научного общества об этих материалах.

Ключевые слова

Сосудистые доступы для хронического гемодиализа • Артериовенозная фистула • Артериовенозный графт • Неоинтимальный рост • Осложнения сосудистого доступа • Биотрансплантат • Аллотрансплантат • Катетер для гемодиализа

Поступила в редакцию: 13.09.2024; поступила после доработки: 19.10.2024; принята к печати: 05.11.2024

REVIEW OF VASCULAR ACCESSSES IN PATIENTS ON CHRONIC HEMODIALYSIS AND THEIR PROBLEMS OF LONG-TERM FUNCTIONING: THE CURRENT STATE OF THE ISSUE

А.А. Sadovsky¹, R.S. Tarasov², A.S. Krikovtsov²

¹ State Autonomous Healthcare Institution "Kuzbass Regional Clinical Hospital named after S.V. Belyaev", 22, Oktyabrsky Ave., Kemerovo, Russian Federation, 650066; ² Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases", 6, academician Barbarash blvd., Kemerovo, Russian Federation, 650002

Highlights

• Today, there is a wide variety of vascular accesses for hemodialysis sessions. For the first time, the main advantages and disadvantages of various types of permanent vascular access with prolonged use

Для корреспонденции: Александр Андреевич Садовский, aleksanches655655@mail.ru; адрес: пр-кт Октябрьский, 22, Кемерово, Российская Федерация, 650066

Corresponding author: Alexander A. Sadovsky, aleksanches655655@mail.ru, address: 22, Oktyabrsky Ave., Kemerovo, Russian Federation, 650066

are described in a structured manner. Currently, the use of allografts and biological prostheses remains poorly understood, and their further study is a promising area.

Abstract

To date, there is a wide variety of vascular accesses for hemodialysis sessions, including: dialysis catheter, primary or native arteriovenous fistula, arteriovenous grafts. The main problems of using permanent vascular access, leading to its loss, are revealed: excessive neointimal growth, infections, pulmonary hypertension, steal syndrome (stealing syndrome), aneurysmal dilation. The “gold standard” with the fewest possible complications is the use of native AVF. The dialysis catheter has many problems and is not recommended for long-term permanent use. The use of AVG from synthetic materials has long been described in many foreign studies and occupies an intermediate place among the approaches described above. Currently, the use of biotransplants (biological grafts) and allografts remains a little-studied alternative. Further study of the use of allografts and biological prostheses from the perspective of possible complications of permanent vascular access and comparison of the results obtained with native AVF and AVG will help to form a consensus on these materials among the scientific community.

Keywords

Vascular accesses for chronic hemodialysis • Arteriovenous fistula • Arteriovenous graft • Neointimal growth • Complications of vascular access • Biotransplant • Allograft • Catheter for hemodialysis

Received: 13.09.2024; received in revised form: 19.10.2024; accepted: 05.11.2024

Список сокращений

АВГ – артериовенозный графт ЛГ – легочная гипертензия
АВФ – артериовенозная фистула

Введение

Терминальной стадией хронической болезни почек страдает большое количество пациентов, и с каждым годом статистика заболеваемости увеличивается. В Российской Федерации, по данным регистра Российского диализного общества в 2015 г., различные виды заместительной почечной терапии получают более 35 тыс. человек, ежегодный прирост числа этих больных в среднем составляет 10,8% [1].

В США, по данным 2018 г., различные виды заместительной почечной терапии получают около 130 тыс. человек. С 1990 по 2006 г. произошло увеличение количества лиц, получающих заместительную почечную терапию, на 60,6% – с 256,3 до 411,7 на миллион населения [2]. Пациенты с постоянным сосудистым доступом сталкиваются с серьезными проблемами и осложнениями. **Цель настоящего обзора** – оценка и систематизация представленных видов доступа, а также поиск актуальных направлений изучения новых материалов и способов решения связанных с ними ограничений

Обзор сосудистых доступов

На сегодняшний день существует большое разнообразие сосудистых доступов, применяемых для сеансов гемодиализа.

Диализные катетеры

Используются для обмена крови между аппаратом гемодиализа и пациентом. Основным преимуществом является универсальность – их можно установить практически каждому пациенту. Основными местами для установки катетера являются: подключичная вена, внутренняя яремная и общая бедренная вены. Диализные катетеры немедленно доступны для проведения гемодиализа, не требуют значительных финансовых затрат и просты в установке и замене, для гемодиализа не требуется венопункция, а тромботические осложнения относительно легко поддаются коррекции.

Виды диализных катетеров зависят от планируемого срока их установки:

Временный катетер для гемодиализа: центральные венозные катетеры, используемые для временного доступа, зачастую используются менее 21 дня. Катетеры этого типа меньше по размеру, устанавливаются непосредственно в вену и имеют два или три просвета. Этот тип катетера полезен для инициирования венозного доступа при острой почечной недостаточности: пациенты быстро отправляются на диализ перед установкой постоянного катетера для долгосрочного доступа.

Постоянный катетер для гемодиализа: просветы катетеров этого типа больше, имеют манжету, кото-

рая прокладывает туннель под кожей вдали от места введения в вену всего с двумя просветами. Ввод катетера под кожу помогает предотвратить попадание инфекции в кровоток [3].

Ранними осложнениями применения диализных катетеров (которые возникают во время или сразу после установки) являются: гематома < 2%, перегиб катетера < 1%, перфорация вены < 1%, пункция артерии < 1%, пневмоторакс 0–1%, воздушная эмболия 0–1% [4]. К поздним осложнениям относятся инфекции. Риск бактериальной инвазии при перманентном туннельном катетере составляет в среднем 2,3 на 1 000 катетеро-дней, что составляет примерно 20–25% на среднюю продолжительность использования.

Основные этиологические факторы дисфункции катетера:

- Образование фибриновой оболочки: начинает формироваться в месте ввода катетера в сосуд как воспалительная реакция на присутствие инородного тела. Неисправность катетера возникает по мере роста оболочки, закрывающей боковые отверстия, кончик катетера, или когда кончик катетера прилипает к стенке вены.

- Тромб внутри катетера: тромбоз, вызывающий неисправность катетера, может возникнуть как в просвете катетера, так и сосуда. Считается, что все тромбозы связаны с фибриновыми оболочками.

- Центральный венозный стеноз: после возникновения тромбоза центральной вены успешная реканализация происходит лишь в половине случаев, на которую в среднем требуется до 6 мес. В остальных же случаях происходит полная или частичная утрата просвета сосуда, приводящая к невозможности или к неэффективному проведению сеансов гемодиализа.

- Перегибы катетера.

- Перелом или отсоединение катетера.

- Неправильное положение или миграция катетера.

Каждый из вышеописанных факторов взаимосвязан и со временем приводит к потере сосудистых доступов у пациентов с длительной заместительной почечной терапией [5].

Во всем мире использование временного или постоянного катетера для гемодиализа является промежуточным вариантом проведения гемодиализа и применяется перед «созреванием» артериовенозной фистулы (АВФ) или артериовенозного графта (АВГ).

Первичная или нативная артериовенозная фистула

«Золотой стандарт» сосудистого доступа, который используется для проведения гемодиализа у пациентов с терминальной почечной недостаточностью. АВ-фистула создается путем прямого соединения артерии и вены верхней конечности па-

циента, как правило предплечья, по типу «конец в конец» или «конец в бок».

Согласно клиническим рекомендациям KDOQI, нативная (дистальная) радиоцефалическая фистула является сосудистым доступом первой линии [6].

К главным преимуществам нативной АВФ относятся:

- низкий риск тромбоза: пяти- и десятилетняя выживаемость нативных и дистальных АВФ составляет 53 и 45% [7], за шесть лет наблюдения – 31,8% [8];

- низкий риск инфекционных осложнений: 2 и 5,5% по результатам исследования [3, 8].

К основным недостаткам нативной АВФ относятся:

- Steal-синдром (синдром обкрадывания) – встречается, по разным данным, в 2–15% случаев [9], в 1–8% по данным статьи [10].

- Венозная гипертензия – встречается в 3% случаев [3].

- Первичная недостаточность – процент для радио-, брахиоцефалических и брахиобазиллярных фистул у разных авторов колеблется в пределах 24–35, 9–12 и 29–36 соответственно [11].

- Аневризматические изменения – по данным различных исследований, частота их возникновения составляет 6–60%, средний срок наблюдения – 53 мес. [12].

- Поздние сроки начала канюлирования – средние сроки «созревания» АВФ для последующей канюляции составляют 3,5 мес. [1], канюляция не должна начинаться ранее 4–6 нед. [13].

- Легочная гипертензия (ЛГ) – распространенность, по одним данным, составляет 37,1% [14], по другим – 30–58% случаев [15].

Артериовенозные графты

Изготавливаются из синтетических материалов, включая полиэстер, полипропилен и полиэтилен-терефталат. Основные и часто используемые в практике графты: W. L. Gore & Associates, Inc. (США), Getinge AB (Швеция), Venaflow grafts (США), Haemodialysis Reliable Outflow, Merit Medical Systems (США).

Преимущества протезов:

- Низкий процент первичной недостаточности: 0–13% на предплечье и 0–3% на плече [11].

- Возможность ранней канюляции протеза – в одних исследованиях среднее значение ранней канюляции составляет 3 дня (диапазон 1–9 дней), для стандартной канюляции 19 дней (диапазон 15–22 дня) [16], в другом исследовании для достижения наилучшей долгосрочной выживаемости трансплантата следует начинать канюляцию в среднем через месяц [17].

- Отсутствие аневризматических расширений – описаны лишь редкие единичные случаи такого осложнения [18].

Недостатки протезов:

- Серомы – точная частота встречаемости сером неизвестна и, по различным данным, составляет от 0,48 до 4,5% [19].

- Легочная гипертензия – отдельных исследований для артериовенозных графтов не проводилось.

- Инфекционные осложнения – сообщается о риске инфицирования от 10 до 35% [3, 20].

- Неинтимальный рост в зоне анастомоза – одна из серьезных проблем, вызывающих тромбоз АВГ [21].

Биотрансплантат (биологические графты).

Представляет собой готовый сосудистый материал, обработанный таким образом, чтобы стать безопасным и совместимым с пациентами для использования в гемодиализе. Биотрансплантаты принято считать альтернативой синтетическим графтам. Основным представителем, используемым в клинической практике, является Artegraft (США) – трансплантат внутренней сонной артерии крупного рогатого скота. Стоит отметить, что данный протез одобрен для продажи только в США.

Аллотрансплантат. Применяется в случаях, когда для формирования сосудистого доступа используют трупные сосуды (артерии или вены). Одни из самых известных представителей на рынке – CryoVein (США). Данные аллогraftы представляют собой криогенно законсервированные трупные подкожные (большая или малая) вены, глубокие бедренные вены или бедренные артерии.

Избыточный неинтимальный рост как проблема недостаточности «созревания» АВФ и стеноза АВГ

Успешное «созревание» АВФ и функционирование АВГ требуют адаптации вены к быстрому кровотоку и давлению после артериализации. Это происходит через полное ремоделирование стенки сосуда, которое включает в себя комбинацию расширения и структурных изменений, устойчивое увеличение диаметра просвета и, вероятно, увеличение толщины стенки. В течение периода адаптивного ремоделирования хирургически и гемодинамически индуцированное повреждение сосуда приводит к клеточной активации и передаче сигналов-вовлекающих клеток (эндотелиальные клетки (ECs), гладкомышечные клетки (SMC), миофибробласты и фибробласты) в адвентиции, медиа и интима АВФ. Клеточные изменения, происходящие в АВФ, приводят к регуляции локального внеклеточного матрикса, возникновению воспаления и выработке фактора роста и оксидантного стресса как части ремоделирования.

Предполагается, что сбой какого-то из данных механизмов и является причиной избыточного формирования неинтимы в области анастомоза. При этом на данный момент понимание данного

механизма все еще остается ограниченным.

Большинство предложенных методов лечения, таких как баллонная ангиопластика, пластика баллонами с лекарственным покрытием, установка стент-графтов, направлены на период после формирования АВФ и не предотвращают сбой «созревания» АВФ. В нескольких недавних обсервационных исследованиях сообщались сравнительные результаты «созревания» АВФ. Так, в нидерландском исследовании общая частота неудач при «созревании» АВФ составила 24% для области предплечья и 11% для области плеча. По данным USRDS, в США недостаточность «созревания» АВФ через 6 мес. составляет 51% [22]. Также оценена патофизиология дисфункции артериовенозного доступа первичных АВФ и АВГ.

Выявлены основные патофизиологические механизмы образования гиперплазии неинтимы:

- **Давление:** стенки кровеносных сосудов постоянно подвергаются давлению как текущей в ней крови, так и давлению окружающих тканей в результате растяжения вены после артериализации. При этом учитывается, что средняя нагрузка на стенку артерии составляет 10 дин/см², а на стенку вены – 1–5 дин/см². В зонах одностороннего, ламинарного и высокого напряжения стенки от жидкости (например, прямые сегменты артериального кровотока) активируются пути механотрансдукции и приводят фенотип покоя эндотелия к высвобождению оксида азота (NO), понижая регуляцию провоспалительных и пролиферативных генов (ECs). Это в свою очередь вызывает утолщение стенки сосуда.

- **Направление и скорость кровотока:** при наложении АВФ просвет вены подвергается усиленному и ускоренному кровотоку, значительно превышающему нормальные значения. Также меняется кровоток в области анастомоза, который характеризуется спиралевидным потоком, разделением или «раздвоением» потока, застоем, зоной рециркуляции (вихри, завихрения) и чрезвычайно высоким или низким напряжением сдвига в различных областях. Локальная скорость кровотока в локальных областях АВФ может быть в 20 раз выше, чем в интактном артериальном сегменте у этого пациента. Как раз нарушение кровотока в области анастомоза может стимулировать провоспалительные, пролиферативные и протромботические реакции (ECs). Давление, растяжение и напряжение стенки могут стимулировать пролиферацию и миграцию гладкомышечных клеток артерий (SMC).

- **Внеклеточный матрикс:** наиболее распространенными структурами внеклеточного матрикса сосуда являются коллаген и эластин. Продемонстрировано, что чрезмерное фиброзное ремоделирование вены после создания АВФ является важным фактором риска «несозревания» и что высокий

фиброз среднего слоя сосудистой стенки определяет стенотический потенциал анастомоза [23].

– **Гладкомышечные клетки:** зрелые гладкомышечные клетки имеют две функции при ремоделировании АВФ: дифференцированные гладкомышечные клетки способствуют утолщению медиальной стенки венозного сосуда, а дедифференцированные гладкомышечные клетки – неоинтимальной гиперплазии [24].

В последнее время в решении сложившихся задач и понимании процессов неоинтимального роста играет роль изучение таких белков, как эластин, эфрин-рецепторы V4, гормон релаксин, передачи сигналов Toll-подобным рецептором 4, стволовых клеток.

Недостаточность «созревания» АВФ и стеноз АВГ ввиду гиперплазии неоинтимы остаются значимыми клиническими проблемами для пациентов, находящихся на гемодиализе. По-прежнему не существует эффективных методов профилактики и лечения как недостаточности «созревания» АВФ, так и стеноза АВГ у больных, пребывающих на гемодиализе.

Хирургические методы лечения гиперплазии неоинтимы АВФ и АВГ

В настоящее время основным методом лечения уже случившихся стенозов АВФ и АВГ ввиду гиперплазии неоинтимы является баллонная ангиопластика. Этот метод широко распространен и применяется в клиниках различных стран, что позволяет продлить первичную проходимость. Однако данная методика является паллиативным методом лечения, ведь у нее есть главная проблема – рестеноз. Попытки ее разрешения привели к применению баллонных катетеров с лекарственным покрытием, применение которых связано с меньшим процентом рестеноза.

Наиболее часто встречаемыми в различных исследованиях являются баллоны с лекарственным покрытием: паклитакселом или сиролимусом. Лекарство остается на баллоне до тех пор, пока он не расширится. Во время раздувания баллона препарат почти полностью высвобождается, проникая в стенку сосуда.

М.К. Lazarides и соавт. проведен обобщающий обзор данных систематических обзоров, метаанализов, клинических исследований, посвященных эффективности применения баллонов с покрытием паклитакселом по сравнению с баллонной ангиопластикой стандартными баллонами при стенозе АВФ и АВГ [25]. Проанализировано четырнадцать рандомизированных контролируемых исследований. Наиболее часто сообщалось о результатах применения баллона с лекарственным покрытием. В обзорах, включающих данные исключительно по АВФ, при этом не обнаружено статистически

значимого увеличения в пользу применения этих баллонов через 3, 6 и 12 мес. после возникновения стеноза. В противоположность этому в трех из четырех метаанализов, в которых сочетались АВФ и АВГ, сообщалось о статистически значимом преимуществе применения баллонов с покрытием паклитакселом через 6 мес. Однако только в одной работе было указание на статистически значимые результаты через 12 мес.

Различия в устройствах, методах, дозировке паклитаксела в зависимости от типа коммерческого баллона для ангиопластики и возраст целевого

поражения вносят дополнительный вклад в неоднородность различных метаанализов. Последнее, возможно, было причиной противоположных результатов в рандомизированных клинических исследованиях, когда средний исходный возраст стеноза был менее 6 мес.

Инфекции постоянного сосудистого доступа

Клинические проявления подобного состояния разнородны и проявляются как в виде локального воспаления, так и в виде наиболее тяжелой формы генерализованной инфекции – сепсиса.

Центральный венозный катетер

Наибольшую частоту инфекционных осложнений демонстрирует использование перманентного центрального венозного катетера, поэтому его длительное применение для сеансов гемодиализа ограничено. Частота инфицирования увеличивается с ростом продолжительности использования катетера. По сравнению с артериовенозными фистулами туннельные центральные венозные катетеры связаны с 15-кратным повышением риска бактериемии [26]. В целом для катетеров с туннельными манжетами частота инфицирования составляет примерно 0,5–5,5 случая на 1 000 дней катетеризации [27]. В ретроспективном одноцентровом исследовании [28] среди 413 обследованных пациентов с гемодиализом в 54 (13%) случаях зарегистрированы инфекционные осложнения.

По данным российских клинических рекомендаций [29], более чем у 15% пациентов с установленным центральным венозным катетером развиваются осложнения, из них наиболее частыми и требующими удаления сосудистого катетера являются инфекционные (5–26%) и механические (до 25%).

Артериовенозный графт

Вторым по частоте развития инфекционных осложнений является АВГ. D.B. Kingsmore и соавт. [30] предложена классификация инфекции по этиологии: первичная (связанная с процедурой гемодиализа), вторичная (связанная с канюляцией), третичная (тромбированный трансплантат, представляющий поздний источник инфекции).

Также представлена классификация, позволяю-

шая оценить степень инфицирования и исходы самого трансплантата по системе GSM, где G – это локальный статус трансплантата (локальный целлюлит, инфекция в области имеющейся раны, диффузный целлюлит, диффузная гнойная инфекция), S – оценка bacteriemии, M – руководство по лечению, которое может быть представлено как антибактериальной терапией, так и полным удалением трансплантата [31].

Например, локализованная гнойная инфекция в месте введения иглы, требующая удаления сегмента трансплантата, отсутствие системной инфекции было бы зарегистрировано как G2S0M2b. Такой подход помогает специалистам лучше ориентироваться в различных клинических ситуациях и принимать решения, связанные с лечением пациента.

В другом ретроспективном исследовании [32] авторы сравнивали результаты лечения при различных подходах: системной антибиотикотерапии, ревизии и эксплантации протеза. На основании полученного опыта была предложена авторская методология лечения пациентов с инфекцией артериовенозного графта. Основным заключением их работы является то, что системная антибиотикотерапия и ревизия АВФ являются приоритетным направлением, который помогает сохранить сосудистый доступ.

D.M. Daugia и соавт. [33] обнаружен более высокий риск повторного заражения после частичного иссечения АВГ, чем при его полном иссечении, а тромбированный и неиспользуемый АВГ был связан большей (в два раза) вероятностью инфицирования. Указанные результаты свидетельствуют о том, что полное иссечение трансплантата может иметь преимущество, особенно в случае тромбированных и неиспользуемых трансплантатов.

Следует отдельно отметить появление сером АВГ как одной из причины дальнейшего инфицирования трансплантата при отсутствии хирургического лечения, так как самостоятельного рассасывания сером не зафиксировано. Наиболее успешные результаты достигаются при резекции протеза с замещением новым участком протеза, проведенного в новом туннеле [34].

Полное репротезирование инфицированного сосудистого доступа совместно с системной антибиотикотерапией показывает наилучший результат в лечении инфекции АВГ.

Нативная артериовенозная фистула

Инфекции нативных АВФ занимают третье место по частоте возникновения [3]. Риск инфицирования АВ-графтов в течение срока их функционирования составляет 10% в сравнении с 5% для нативной АВФ, сформированной путем транспозиции вены, и лишь 2% для остальных нативных АВФ. В проспективном исследовании [40] с уча-

стием 64 пациентов с разного рода инфекциями нативных АВФ удалось сохранить доступ у 41 (64%), в то время как повторное инфицирование отмечено у 9 (14%) больных. У 14 (21%) пациентов были установлены перманентные катетеры. Инфекции нативных АВФ хорошо поддаются лечению с сохранением сосудистого доступа.

Легочная гипертензия

Легочная гипертензия затрагивает как АВФ, так и АВГ. Их создание сопровождается следующими изменениями: значимым повышением сердечного выброса (на 15%) и конечного диастолического объема (на 4%), диастолической дисфункцией левого желудочка по рестриктивному типу, повышением уровней предсердного натрийуретического гормона и мозгового натрийуретического пептида. Клинически это может проявлять себя отеками, повышением артериального давления, одышкой [35].

Основным инструментальным скрининговым методом диагностики данного состояния является эхокардиография. Систолическое легочное артериальное давление выше нормальных значений (30 мм рт. ст.) можно считать легочной гипертензией. При легкой степени ЛГ легочное артериальное давление не превышает 45 мм рт. ст., при средней степени составляет от 45 до 65 мм рт. ст., а при тяжелой степени ЛГ превышает 65 мм рт. ст. Увеличение сердечного выброса само по себе не вызывает ЛГ из-за огромной способности малого круга кровообращения приспосабливаться к увеличению кровотока. Следовательно, развитие ЛГ требует патологического, выраженного повышения легочного сосудистого сопротивления. [36]

Одной из возможных причин возникновения ЛГ у пациентов, находящихся на длительном хроническом гемодиализе, может быть повышенная жесткость легочных капилляров вследствие кальцификации сосудов легких на фоне генерализованной кальцификации. Так, показано, что у данных больных кальцификация сосудов встречалась чаще, чем у участников контрольной группы, – 59,6 против 37,5% соответственно [37].

Основной осложнение ЛГ у пациентов, находящихся на хроническом гемодиализе, – повышенная смертность. Так, **наличие ЛГ связано с повышением риска смертности на 38%, сердечно-сосудистых событий на 23%** [38]. Первый этап коррекции данного состояния заключается в консервативном лечении. Основные классы препаратов, используемые в терапии ЛГ: антагонисты рецепторов эндотелина, простациклины, ингибиторы ФДЭ5, стимуляторы гуанилатциклазы [39].

Когда терапевтическое лечение является неэффективным или его действия недостаточно, рассматриваются хирургические методы уменьшения сброса кровотока по АВФ. Традиционный подход

включает полное ушивание АВФ и переход на постоянный венозный катетер для гемодиализа либо бандажирование существующей АВФ, однако при втором варианте могут быть проблемы, связанные с балансированием притока и оттока, осложненного высокой частотой последующего тромбоза доступа. Из новых подходов к лечению применяют метод уменьшения притока за счет дистализации артериального анастомоза АВФ, например с плечевой артерии на локтевую или лучевую. Это позволяет уменьшить скорость кровотока с $3\,135 \pm 692$ до $1\,025 \pm 551$ мл/мин [40].

Steal-синдром (синдром обкрадывания)

Данный синдром определяется как клиническое состояние, вызванное артериальной недостаточностью дистальнее диализного доступа вследствие избыточного заброса крови в фистулу или трансплантат, и может проявлять себя как похолоданием конечности, так и некротическими изменениями тканей. В исследовании C.J. Callaghan и коллег перевязка фистулы в области анастомоза с артерией и восстановление притока через дистальные сегменты лучевой или локтевой артерий с использованием венозного трансплантата для интерпозиции позволили успешно купировать синдром обкрадывания, однако данный метод был связан с частыми тромбозами АВФ [41]. В случае технической модификации данный подход может стать ценным инструментом в арсенале хирургов.

Также в литературе описана еще одна методика – MILLER (minimally invasive limited ligationen doluminal-assisted revision). Сначала измеряется диаметр артерии ниже анастомоза АВФ, после чего подбирают баллон с таким же или меньшим диаметром, который эндоваскулярно заводится в вену выше анастомоза с артерией на 3–5 см. Делается небольшой поперечный разрез примерно 2–3 см и на раздутом баллоне накладывается лигатура. Проводится рентген-контроль с контрастным веществом, по данным которого оценивается кровоток в артерии дистальнее анастомоза АВФ. Описанный подход позволяет уменьшить скорость кровотока в АВФ и улучшить перфузию тканей верхней конечности [42].

Аневризматические расширения

Аневризматическому расширению зачастую подвержены нативные АВФ, что может приводить к таким осложнениям, как кровотечение, тромбоз и выраженные косметические дефекты. Аневризматические расширения относятся к поздним осложнениям сосудистого доступа – по разным данным, частота их возникновения варьирует от 6 до 60%. В основе развития аневризматической дегенерации лежит повышение внутрипросветного давления, приводящее к растяжению эластичной венозной

стенки. В большинстве случаев развитие аневризм соответствует местам многочисленных пункций. Необходимо отметить, что такие аневризмы имеют повышенный риск тромбоза и массивного наружного кровотечения. Показания к хирургической коррекции, а также тип вмешательства в настоящее время являются дискуссионными и зависят как от опыта оперирующего хирурга, так и от технического оснащения клиники [43].

Существуют различные хирургические методы лечения такого осложнения. В ретроспективном когортном исследовании 41 пациенту была выполнена частичная аневризмэктомия (средний срок появления аневризм 10–84 мес., среднее время наблюдения в послеоперационном периоде 24 мес.). Показатели первичной проходимости через 6 и 12 мес. составили 100 и 95% [44]. Таким образом, можно сделать вывод, что частичная аневризмэктомия – эффективный и безопасный метод лечения нативных артериовенозных фистул при аневризме верхних конечностей, приводящий к хорошей первичной проходимости в течение 12 мес. и отсутствию рецидива аневризмы.

В другом исследовании [45] был использован метод одновременного иссечения аневризмы нативной АВФ и протезирования биологическим сосудистым трансплантатом Artergraft (США) у 51 пациента. Целью одномоментного шунтирования являлись уменьшение использования временно-го перманентного катетера и избежание возможных осложнений, таких как сепсис и повышенная смертность. Среднее время наблюдения составило 280 дней. Среднее время до канюлирования сосудистого протеза – 2 дня. Через 30, 90, 180 и 365 дней первичная проходимость составила 84,3, 78,3, 66,6 и 54,9%, первичная вспомогательная проходимость – 94,1, 88,1, 79,4 и 79,4%, вторичная, проходимость – 100, 97,8, 91,6 и 91,6% соответственно. Иссечение аневризмы нативной АВФ (срочной или плановой) с одномоментным протезированием коллагеновым сосудистым трансплантатом Artergraft безопасно и демонстрирует приемлемые результаты кратко- и среднесрочной проходимости.

Альтернатива синтетическим АВГ

Биологические графты

За последние несколько лет наблюдается тенденция усиления интереса к биологическим графтам и их применения для создания постоянного сосудистого доступа у пациентов с терминальной стадией почечной недостаточности.

В ретроспективном анализе 134 оперативных вмешательств с использованием протеза Artergraft (США), имплантированного для доступа к гемодиализу, через год первичная проходимость составила 32%, первичная вспомогательная проходимость – 49%, вторичная проходимость – 78%. У 9 из 134

(7%) трансплантатов развилась инфекция, потребовавшая удаления трансплантата в период от 1 до 9 мес. после имплантации. При этом частота инфицирования синтетических протезов из политетрафторэтилена в мировой литературе колеблется от 4 до 17%. У пациентов, которым формирование АВГ с использованием трансплантата внутренней сонной артерии проводилось впервые, первичная и вторичная проходимость трансплантата была выше, чем у лиц, которым трансплантат был установлен после неудачного предыдущего доступа [46]. Таким образом, первичная проходимость трансплантатов внутренней сонной артерии в этом исследовании была ниже, чем у политетрафторэтилена, при этом первичная вспомогательная и вторичная проходимость были схожими. Частота инфицирования, по-видимому, была несколько ниже, в сравнении с политетрафторэтиленом. Ученые пришли к выводу, что трансплантат (Artegraft) является удовлетворительной альтернативой синтетическому протезу из политетрафторэтилена.

В другом ретроспективном исследовании [47] сообщаются результаты применения трансплантатов бычьей сонной артерии и трансплантатов из политетрафторэтилена: однолетняя первичная проходимость составила 50% в группе внутренней сонной артерии и 18% в группе политетрафторэтилена ($p = 0,001$), первичная вспомогательная проходимость – 66 и 37% ($p = 0,003$), вторичная проходимость – 81 и 36% соответственно ($p = 0,07$). Тем самым первичные и вторичные вспомогательные показатели проходимости через 12 мес. для внутренней сонной артерии были выше, чем для АВГ из политетрафторэтилена.

Аллографты

Применение криоконсервированного аллотрансплантата для формирования постоянного сосудистого доступа показало хорошие результаты у пациентов с высоким риском инфекции. Группа исследования состояла из 457 пациентов, среди них основным показанием к применению был высокий риск инфекции у 191 пациента (42%), при этом повторное инфицирование доступа отмечено в 3% случаев. Через 1, 3 и 5 лет первичная проходимость криоконсервированной бедренной вены составила 58, 35 и 17%, артерии – 49, 17 и 8% ($p < 0,001$), вторичная проходимость – 90, 78 и 58% и 75, 53 и 42% соответственно ($p < 0,001$) [48].

В другом исследовании проведена оценка 106 операций, при которых показания к созданию до-

ступа из аллотрансплантата включали наличие у пациента в анамнезе активной или недавней инфекции (41,5%), рецидивирующую неудачу формирования сосудистого доступа (43,4%) или предпочтение хирурга вследствие преклонного возраста больного (9,4%). Наблюдаемые показатели первичной проходимости составили 84,9% (30 дней), 22,6% (1 год) и 16,0% (2 года), вторичная проходимость составила 93,4, 66,0 и 52,8% соответственно. Смерть пациента была самой частой причиной отказа от трансплантата (52,9%), за которой следовали тромбоз (19,1%), инфекция (11,7%) и разрыв (11,7%). Проходимость аллотрансплантата на момент смерти пациента составила 83,7% [49].

Заключение

На сегодняшний день сосудистым доступом при гемодиализе с наименьшим числом возможных осложнений является использование нативной АВФ. Диализный катетер имеет множество ограничений и не рекомендован для использования на постоянной основе. Опыт применения АВГ из синтетических материалов описан во многих зарубежных исследованиях и занимает промежуточное место среди вышеописанных доступов. Применение аллографтов показало хорошие результаты в лечении пациентов с высоким риском инфекции или имеющейся инфекцией сосудистого доступа. Если в одном исследовании использование биологических графтов демонстрировало схожие результаты первичной, первичной вспомогательной и вторичной проходимости в сравнении с синтетическими протезами из политетрафторэтилена, то в других работах описаны их преимущества. Дальнейшее изучение применения аллографтов и биологических протезов с позиции возможных осложнений постоянного сосудистого доступа и сравнение полученных результатов с нативной АВФ и АВГ поможет сформировать единое мнение научного общества об этих материалах.

Конфликт интересов

А.А. Садовский заявляет об отсутствии конфликта интересов. Р.С. Тарасов входит в редакционную коллегию журнала «Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний». А.С. Криковцов заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование

Авторы заявляют об отсутствии финансирования исследования.

Информация об авторах

Садовский Александр Андреевич, врач отделения сосудистой хирургии государственного автономного учреждения здравоохранения «Кузбасская областная клиническая больница имени С.В. Беляева», Кемерово, Российская Федерация; ORCID 0009-0007-1566-0078

Author Information Form

Sadovsky Alexander Andreevich, Doctor of the Vascular Surgery Department of the State Autonomous Healthcare Institution "Kuzbass Regional Clinical Hospital named after S.V. Belyaev", Kemerovo, Russian Federation; ORCID 0009-0007-1566-0078

Тарасов Роман Сергеевич, доктор медицинских наук, доцент заведующий лабораторией рентгенэндоваскулярной и реконструктивной хирургии сердца и сосудов отдела хирургии сердца и сосудов федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация; **ORCID** 0000-0003-3882-709X

Криковцов Александр Сергеевич, научный сотрудник лаборатории нарушений ритма сердца и электрокардиостимуляции отдела хирургии сердца и сосудов федерального государственного бюджетного научного учреждения «Научно-исследовательский институт комплексных проблем сердечно-сосудистых заболеваний», Кемерово, Российская Федерация

Tarasov Roman Sergeevich, PhD, MD, Associate Professor, Head of the Laboratory of X-ray Endovascular and Reconstructive Surgery of the Heart and Blood Vessels, Department of Heart and Vascular Surgery, Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases", Kemerovo, Russian Federation; **ORCID** 0000-0003-3882-709X

Krikovtsov Alexander S., Researcher at the Laboratory of Cardiac Arrhythmias and Electrostimulation of the Department of Heart and Vascular Surgery, Federal State Budgetary Institution "Research Institute for Complex Issues of Cardiovascular Diseases", Kemerovo, Russian Federation

Вклад авторов в статью

САА – вклад в концепцию и дизайн исследования, анализ данных исследования, написание и корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

ТРС – вклад в концепцию и дизайн исследования, анализ данных исследования, написание и корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

КАС – интерпретация данных исследования, корректировка статьи, утверждение окончательной версии для публикации, полная ответственность за содержание

Author Contribution Statement

SAA – contribution to the concept and design of the study, data analysis, manuscript writing, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

TRS – contribution to the concept and design of the study, data analysis, manuscript writing, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

KAS – data interpretation, editing, approval of the final version, fully responsible for the content

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Томилина НА, Андрусов АМ, Перегудова НГ, Шинкарев МБ. Заместительная терапия терминальной хронической почечной недостаточности. Отчет по данным Общероссийского Регистра заместительной почечной терапии Российского диализного общества. Часть первая. Нефрология и диализ 2017;19(4, приложение):S1-95
2. Ryan Murray, Troy Zimmerman, Anupam Agarwal, Paul M. Palevsky, Susan Quaggin, Sylvia E. Rosas, and Holly Kramer Kidney-Related Research in the United States: A Position Statement From the National Kidney Foundation and the American Society of Nephrology. 2021 Aug;78(2):161-167. doi:10.1053/j.ajkd.2021.04.006
3. С.В. Алфёров, С.А. Карпов, К.М. Гринёв, А.Н. Васильев. Постоянный сосудистый доступ для гемодиализа: современные представления. Нефрология.17(6). 2013; 56-70
4. Sadaf T Bhutta, William C Culp. Evaluation and management of central venous access complications. 2011 Dec;14(4):217-24. doi: 10.1053/j.tvir.2011.05.003
5. Peter R., Bream Jr. Update on Insertion and Complications of Central Venous Catheters for Hemodialysis. 2016 Mar;33(1):31-8. doi: 10.1055/s-0036-1572547
6. K/DOQI Clinical Practice Guidelines and Clinical Practice Recommendations 2006 Updates Hemodialysis adequacy Peritoneal Dialysis Adequacy Vascular Access. Am J Kidney Dis 2006; 48(Suppl 1):S1-158
7. Rodriguez JA, Armadans L, Ferrer E et al. The function of permanent vascular access. Nephrol Dial Transplant. 2000 Mar;15(3):402-8. doi: 10.1093/ndt/15.3.402
8. Ravani P., Quinn R., Oliver M., Robinson B., Pisoni R., Pannu N. et al. Examining the Association between Hemodialysis Access Type and Mortality: The Role of Access Complications // Clinical Journal of the American Society of Nephrology. 2017 Jun 7;12(6):955-964. doi: 10.2215/CJN.12181116
9. Lazarides M. K., Staramos D. N., Kopadis G. et al. Onset of arterial 'steal' following proximal angioaccess: immediate and delayed types // Nephrol. Dial. Transplant. 2003 Nov;18(11):2387-90. doi: 10.1093/ndt/gfg346
10. N Goel , G A Miller, M C Jotwani, J Licht, I Schur, W P Arnold. Minimally Invasive Limited Ligation Endoluminal-assisted Revision (MILLER) for treatment of dialysis access-associated steal syndrome. 2006 Aug;70(4):765-70. doi: 10.1038/sj.ki.5001554
11. Kaufman J.L., Garb J.L., Berman J.A. et al. A prospective comparison of two expanded polytetrafluoroethylene grafts for linear forearm hemodialysis access: does the manufacturer matter? // J Am Coll Surg. 1997 Jul;185(1):74-9.
12. Васильев Андрей, Мишин Игорь. Аневризма артерио-венозной фистулы для программного гемодиализа: рациональные подходы в диагностике и хирургической коррекции. In: Альманах института хирургии имени А.В.Вишневского, 2018, nr. 1, p. 97. ISSN 2075-6895.
13. Rui Pinto, Clemente Sousa, Anabela Salgueiro and Isabel Fernandes. Arteriovenous fistula cannulation in hemodialysis: A vascular access clinical practice guidelines narrative review. 2022 Sep;23(5):825-831. doi: 10.1177/11297298211006972
14. Javier Reque, Borja Quiroga, Caridad Ruiz, Maria Teresa Villaverde, Almudena Vega, Soraya Abad, Nayara Panizo, J Manuel López-Gómez. Pulmonary hypertension in hemodialysis patients: Prevalence and associated factors. 2016 Feb 19;146(4):143-7. doi: 10.1016/j.medcli.2015.06.019.
15. Руденко Т.Е., Васильева М.П., Бобкова И.Н. Легочная гипертензия у больных хронической болезнью почек: распространенность, механизмы развития, перспективы лечения. Consilium Medicum. 2018; 20 (12): 55–60. doi: 10.2642/20751753.2018.12.000034
16. Ahmed M Tawfik, Mohammed H Zidan, Aymen Salem, Amr Salem. A randomized controlled study of early versus standard cannulation of arteriovenous grafts in hemodialysis patients. 2022 Mar;75(3):1047-1053. doi: 10.1016/j.jvs.2021.08.106
17. Su-Ju Lin, Shu-Chen Chang, Chun-Wu Tung, Yung-Chien Hsu, Ya-Hsueh Shih, Yi-Ling Wu, Tse-Chih Chou, Chun-Liang Lin. Timing of the first cannulation and survival of arteriovenous grafts in hemodialysis patients: a multicenter

retrospective cohort study. 2021 Dec;43(1):1416-1424. doi: 10.1080/0886022X.2021.1988638

18. U Barth, K Wasseroth, F Meyer. Graft aneurysms as long-term complication of polyester prostheses and their management : Brief review based on a systematic review of the literature. 2018 Mar;89(3):212-221. doi: 10.1007/s00104-017-0530-0

19. Dauria D.M., Dyk P., Garvin P. Incidence and management of seroma after arteriovenous graft placement. J.Am. Coll. Surg. 2006 Oct;203(4):506-11. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2006.06.002.

20. J E Anderson, A S Chang, M P Anstadt. Polytetrafluoroethylene hemoaccess site infections. 2000 Nov-Dec;46(6):S18-21. doi: 10.1097/00002480-200011000-00032

21. Садовский А.А., Султанов Р.В., Туриева М.В., Мозес В.Г., Рудаева Е.В., Елгина С.И., Мозес К.Б., Центр Я. ТРОМБОЗ АРТЕРИОВЕНОЗНЫХ КРАФТОВ. АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ //Медицина в Кузбассе. 2023. №3, С. 43-48.

22. Shiu YT, Rotmans JI, Geelhoed WJ, Pike DB, Lee T. Arteriovenous conduits for hemodialysis: how to better modulate the pathophysiological vascular response to optimize vascular access durability. Am J Physiol Renal Physiol. 2019 May 1;316(5):F794-F806. doi: 10.1152/ajprenal.00440.2018.

23. Martinez L, Duque JC, Tabbara M, Paez A, Selman G, Hernandez DR, Sundberg CA, Tey JCS, Shiu YT, Cheung AK, Allon M, Velazquez OC, Salman LH, Vazquez-Padron RI. Fibrotic Venous Remodeling and Nonmaturation of Arteriovenous Fistulas. J Am Soc Nephrol. 2018 Mar;29(3):1030-1040. doi: 10.1681/ASN.2017050559.

24. Zhao J, Jourd'heuil FL, Xue M, Conti D, Lopez-Soler RI, Ginnan R, Asif A, Singer HA, Jourd'heuil D, Long X. Dual Function for Mature Vascular Smooth Muscle Cells During Arteriovenous Fistula Remodeling. J Am Heart Assoc. 2017 Mar 30;6(4):e004891. doi: 10.1161/JAHA.116.004891.

25. Lazarides MK, Christaina E, Antoniou GA, Argyriou C, Trypsianis G, Georgiadis GS. Plain versus paclitaxel-coated balloon angioplasty in arteriovenous fistula and graft stenosis: An umbrella review. J Vasc Access. 2022 Nov;23(6):981-988. doi: 10.1177/11297298211005290.

26. Vascular Access Work Group. Clinical practice guidelines for vascular access. Am J Kidney Dis. 2006 S197-198. doi: 10.1053/j.ajkd.2006.04.029

27. Delistefani F, Wallbach M, Müller GA, Koziolk MJ, Grupp C. Risk factors for catheter-related infections in patients receiving permanent dialysis catheter. BMC Nephrol. 2019 May 31;20(1):199. doi: 10.1186/s12882-019-1392-0.

28. Zaroni F, Pavone L, Binda V, Tripepi G, D'Arrigo G, Scalapogna A, Messa P. Catheter-related bloodstream infections in a nephrology unit: Analysis of patient- and catheter-associated risk factors. J Vasc Access. 2021 May;22(3):337-343. doi: 10.1177/1129729820939762.

29. Российские клинические рекомендации. Профилактика катетер-ассоциированных инфекций кровотока и уход за центральным венозным катетером (ЦВК). 2021; 6.

30. D.B. Kingsmore, K.S. Stevenson, A. Jackson, S.S. Desai, P. Thompson, N. Karydis, M. Franchin, B. White, M. Tozzi, A. Isaak. Arteriovenous Access Graft Infection: Standards of Reporting and Implications for Comparative Data Analysis. 2020. Feb;63:391-398. doi: 10.1016/j.avsg.2019.08.081

31. Chow BJ, Chowdary P, Khurram M, Mohamed IH. Management of infected arteriovenous grafts for haemodialysis: Outcomes and strategies using a novel objective scoring system. J Vasc Access. 2024 Jul;25(4):1293-1300. doi: 10.1177/11297298231160573.

32. Liu RH, Fraser CD 3rd, Zhou X, Beaulieu RJ, Reifsnnyder T. Complete versus partial excision of infected arteriovenous grafts: Does remnant graft material impact outcomes? J Vasc Surg. 2020 Jan;71(1):174-179. doi: 10.1016/j.jvs.2019.03.062.

33. Dauria DM, Dyk P, Garvin P. Incidence and management of seroma after arteriovenous graft placement.

J Am Coll Surg. 2006 Oct;203(4):506-11. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2006.06.002.

34. Attia MI, Atta EM, Elheneidy MA, Sallam EM. Salvage of infected autogenous arteriovenous fistulas, is it possible? J Vasc Access. 2023 Nov;24(6):1275-1283. doi: 10.1177/11297298221080080.

35. К.М.Гринёв, С.А.Карпов, С.В.Алфёров. Нетромботические осложнения постоянного сосудистого доступа при программном гемодиализе и способы их хирургической коррекции. Вестник СПбГУ. Медицина. 2017. Том 12. Выпуск 4. 348. 2017.

36. N Nithiya, Elayaperumal Indhumathi, Dhakshinamoorthy Jagadeswaran, Varadharajan Jayaprakash, Matcha Jayakumar. Pulmonary hypertension - prevalence, risk factors, and its association with vascular calcification in chronic kidney disease and hemodialysis patients. 2020 Mar-Apr;31(2):380-387. doi: 10.4103/1319-2442.284012

37. Yigla M, Abassi Z, Reisner SA, Nakhoul F. Pulmonary hypertension in hemodialysis patients: an unrecognized threat. Semin Dial. 2006 Sep-Oct;19(5):353-7. doi: 10.1111/j.1525-139X.2006.00186.x.

38. Navaneethan SD, Roy J, Tao K, et al. Prevalence, Predictors, and Outcomes of Pulmonary Hypertension in CKD. 2016 Mar;27(3):877-86. doi: 10.1681/ASN.2014111111

39. Carl P. Walther, Vijay Nambi, Nicola A. Hanania, and Sankar D. Navaneethan. Diagnosis and Management of Pulmonary Hypertension in Patients With CKD. 2020 Jun;75(6):935-945. doi: 10.1053/j.ajkd.2019.12.005

40. Chemla ES, Morsy M, Anderson L, Whitmore A. Inflow reduction by distalization of anastomosis treats efficiently high-inflow high-cardiac output vascular access for hemodialysis. Semin Dial. 2007 Jan-Feb;20(1):68-72. doi: 10.1111/j.1525-139X.2007.00244.x.

41. Callaghan CJ, Mallik M, Sivaprakasam R, Iype S, Pettigrew GJ. Treatment of dialysis access-associated steal syndrome with the "revision using distal inflow" technique. J Vasc Access. 2011 Jan-Mar;12(1):52-6. doi: 10.5301/jva.2010.5985.

42. Sheaffer WW, Hangge PT, Chau AH, Alzubaidi SJ, Knuttinen MG, Naidu SG, Ganguli S, Oklu R, Davila VJ. Minimally Invasive Limited Ligation Endoluminal-Assisted Revision (MILLER): A Review of the Available Literature and Brief Overview of Alternate Therapies in Dialysis Associated Steal Syndrome. J Clin Med. 2018 May 29;7(6):128. doi: 10.3390/jcm7060128.

43. Mudoni A, Cornacchiari M, Gallieni M, Guastoni C, McGrogan D, Logias F, Ferramosca E, Mereghetti M, Inston N. Aneurysms and pseudoaneurysms in dialysis access. Clin Kidney J. 2015 Aug;8(4):363-7. doi: 10.1093/ckj/sfv042.

44. Wan Z, Lai Q, Zhou Y, Chen L, Tu B. Partial aneurysmectomy for treatment of autologous hemodialysis fistula aneurysm is safe and effective. J Vasc Surg. 2019 Aug;70(2):547-553. doi: 10.1016/j.jvs.2018.10.119.

45. Naazie IN, Janssen C, Perez S, Mathlouthi A, Cajas-Monson L, Malas M, Al-Nouri O. Revision of Aneurysmal Arteriovenous Access with Immediate Use Graft Is Safe and Avoids Prolonged Use of Tunneled Hemodialysis Catheters. Ann Vasc Surg. 2022 Nov;87:295-301. doi: 10.1016/j.avsg.2022.09.035.

46. Pineda DM, Dougherty MJ, Wismer MC, Carroll C, Tyagi S, Troutman DA, Calligaro KD. Bovine carotid artery xenografts for hemodialysis access. J Vasc Surg. 2017 Jun;65(6):1729-1734. doi: 10.1016/j.jvs.2016.12.109.

47. Aziz M, Albert P, Connelly ZM, Lairmore TC, Virk C. A Retrospective Review of Bovine Artery Graft Patency: A Single-Site Study. Ann Vasc Surg. 2023 Aug;94:272-279. doi: 10.1016/j.avsg.2023.02.006.

48. Harlander-Locke MP, Lawrence PF, Ali A, Bae E, Kohn J, Abularrage C, Ricci M, Lemmon GW, Peralta S, Hsu J; Vascular Low-Frequency Disease Consortium. Cryopreserved venous allograft is an acceptable conduit in patients with

current or prior angioaccess graft infection. *J Vasc Surg.* 2017 Oct;66(4):1157-1162. doi: 10.1016/j.jvs.2017.03.450.

49. Jadlowiec CC, Lavallee M, Mannion EM, Lally A, Rochon C, Sheiner PA, Brown MG. Current outcomes and

indications for cryopreserved vein allografts in hemodialysis access surgery. *J Vasc Access.* 2016 Jan-Feb;17(1):47-54. doi: 10.5301/jva.5000405.

REFERENCES

- Tomilina NA, Andrushev A M, Peregodova NG, Shinkarev MB. Substitution therapy for terminal chronic renal failure. A report on the data of the All-Russian Register of Renal Replacement Therapy of the Russian Dialysis Society. Part one. *Nephrology and Dialysis* 2017;19(4, appendix):S1-95. (In Russ).
- Ryan Murray, Troy Zimmerman, Anupam Agarwal, Paul M. Palevsky, Susan Quaggin, Sylvia E. Rosas, and Holly Kramer Kidney-Related Research in the United States: A Position Statement From the National Kidney Foundation and the American Society of Nephrology. 2021 Aug;78(2):161-167. doi:10.1053/j.ajkd.2021.04.006
- S.V. Alferov, S.A. Karpov, K.M. Grinev, A.N. Vasiliev. Permanent vascular access for hemodialysis: current views. *Nephrology*.17(6). 2013; 56-70.(In Russ)
- Sadaf T Bhutta, William C Culp. Evaluation and management of central venous access complications. 2011 Dec;14(4):217-24. doi: 10.1053/j.tvir.2011.05.003
- Peter R., Bream Jr. Update on Insertion and Complications of Central Venous Catheters for Hemodialysis. 2016 Mar;33(1):31-8. doi: 10.1055/s-0036-1572547
- K/DOQI Clinical Practice Guidelines and Clinical Practice Recommendations 2006 Updates Hemodialysis adequacy Peritoneal Dialysis Adequacy Vascular Access. *Am J Kidney Dis* 2006; 48(Suppl 1):S1-158
- Rodriguez JA, Armadans L, Ferrer E et al. The function of permanent vascular access. *Nephrol Dial Transplant.* 2000 Mar;15(3):402-8. doi: 10.1093/ndt/15.3.402
- Ravani P, Quinn R., Oliver M., Robinson B., Pisoni R., Pannu N. et al. Examining the Association between Hemodialysis Access Type and Mortality: The Role of Access Complications // *Clinical Journal of the American Society of Nephrology.* 2017 Jun 7;12(6):955-964. doi: 10.2215/CJN.12181116
- Lazarides M. K., Staramos D. N., Kopadis G. et al. Onset of arte rial 'steal' following proximal angioaccess: immediate and delayed types // *Nephrol. Dial. Transplant.* 2003 Nov;18(11):2387-90. doi: 10.1093/ndt/gfg346
- N Goel , G A Miller, M C Jotwani, J Licht, I Schur, W P Arnold. Minimally Invasive Limited Ligation Endoluminal-assisted Revision (MILLER) for treatment of dialysis access-associated steal syndrome. 2006 Aug;70(4):765-70. doi: 10.1038/sj.ki.5001554
- Kaufman J.L., Garb J.L., Berman J.A. et al. A prospective comparison of two expanded polytetrafluoroethylene grafts for linear forearm hemodialysis access: does the manufacturer matter? // *J Am Coll Surg.* 1997 Jul;185(1):74-9.
- Vasiliev Andrey, Mishin Igor. Arterio-venous fistula aneurysm for programmed hemodialysis: rational approaches in diagnosis and surgical correction. In: *Almanac of the Vishnevsky Institute of Surgery*, 2018, Nr. 1, p. 97. ISSN 2075-6895.(In Russ)
- Rui Pinto, Clemente Sousa, Anabela Salgueiro and Isabel Fernandes. Arteriovenous fistula cannulation in hemodialysis: A vascular access clinical practice guidelines narrative review. 2022 Sep;23(5):825-831. doi: 10.1177/11297298211006972
- Javier Reque, Borja Quiroga, Caridad Ruiz, Maria Teresa Villaverde, Almudena Vega, Soraya Abad, Nayara Panizo, J Manuel López-Gómez. Pulmonary hypertension in hemodialysis patients: Prevalence and associated factors. 2016 Feb 19;146(4):143-7. doi: 10.1016/j.medcli.2015.06.019.
- Rudenko T.E., Vasilyeva M.P., Bobkova I.N. Pulmonary hypertension in patients with chronic kidney disease: prevalence, mechanisms of development, treatment prospects. *Consilium Medicum.* 2018; 20 (12): 55–60. doi: 10.26442/20751753.2018.12.000034. (In Russ).
- Ahmed M Tawfik, Mohammed H Zidan, Aymen Salem, Amr Salem. A randomized controlled study of early versus standard cannulation of arteriovenous grafts in hemodialysis patients. 2022 Mar;75(3):1047-1053. doi: 10.1016/j.jvs.2021.08.106
- Su-Ju Lin, Shu-Chen Chang, Chun-Wu Tung, Yung-Chien Hsu, Ya-Hsueh Shih, Yi-Ling Wu, Tse-Chih Chou, Chun-Liang Lin. Timing of the first cannulation and survival of arteriovenous grafts in hemodialysis patients: a multicenter retrospective cohort study. 2021 Dec;43(1):1416-1424. doi: 10.1080/0886022X.2021.1988638
- U Barth, K Wasseroth, F Meyer. Graft aneurysms as long-term complication of polyester prostheses and their management : Brief review based on a systematic review of the literature. 2018 Mar;89(3):212-221. doi: 10.1007/s00104-017-0530-0
- Dauria D.M., Dyk P., Garvin P. Incidence and management of seroma after arteriovenous graft placement. *J.Am. Coll. Surg.* 2006 Oct;203(4):506-11. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2006.06.002.
- J E Anderson, A S Chang, M P Anstadt. Polytetrafluoroethylene hemoaccess site infections. 2000 Nov-Dec;46(6):S18-21. doi: 10.1097/00002480-200011000-00032
- Sadovsky A.A., Sultanov R.V., Turieva M.V., Moses V.G., Rudaeva E.V., Elgina S.I., Moses K.B., Y. THROMBOSIS OF ARTERIOVENOUS CRAFTS Center. THE RELEVANCE OF THE PROBLEM // *Medicine in Kuzbass.* 2023. No.3, S43-48. (In Russ).
- Shiu YT, Rotmans JI, Geelhoed WJ, Pike DB, Lee T. Arteriovenous conduits for hemodialysis: how to better modulate the pathophysiological vascular response to optimize vascular access durability. *Am J Physiol Renal Physiol.* 2019 May 1;316(5):F794-F806. doi: 10.1152/ajprenal.00440.2018.
- Martinez L, Duque JC, Tabbara M, Paez A, Selman G, Hernandez DR, Sundberg CA, Tey JCS, Shiu YT, Cheung AK, Allon M, Velazquez OC, Salman LH, Vazquez-Padron RI. Fibrotic Venous Remodeling and Nonmaturation of Arteriovenous Fistulas. *J Am Soc Nephrol.* 2018 Mar;29(3):1030-1040. doi: 10.1681/ASN.2017050559.
- Zhao J, Jourdeuil FL, Xue M, Conti D, Lopez-Soler RI, Ginnan R, Asif A, Singer HA, Jourdeuil D, Long X. Dual Function for Mature Vascular Smooth Muscle Cells During Arteriovenous Fistula Remodeling. *J Am Heart Assoc.* 2017 Mar 30;6(4):e004891. doi: 10.1161/JAHA.116.004891.
- Lazarides MK, Christaina E, Antoniou GA, Argyriou C, Trypsianis G, Georgiadis GS. Plain versus paclitaxel-coated balloon angioplasty in arteriovenous fistula and graft stenosis: An umbrella review. *J Vasc Access.* 2022 Nov;23(6):981-988. doi: 10.1177/11297298211005290.
- Vascular Access Work Group. Clinical practice guidelines for vascular access. *Am J Kidney Dis.* 2006 S197-198. doi: 10.1053/j.ajkd.2006.04.029
- Delistefani F, Wallbach M, Müller GA, Koziol MJ, Grupp C. Risk factors for catheter-related infections in patients receiving permanent dialysis catheter. *BMC Nephrol.* 2019 May 31;20(1):199. doi: 10.1186/s12882-019-1392-0.
- Zanoni F, Pavone L, Binda V, Tripepi G, D'Arrigo G, Scalapogna A, Messa P. Catheter-related bloodstream infections in a nephrology unit: Analysis of patient- and catheter-associated risk factors. *J Vasc Access.* 2021 May;22(3):337-343. doi: 10.1177/1129729820939762.

29. Russian clinical guidelines. Prevention of catheter-associated bloodstream infections and care of the central venous catheter (CVC). 2021; 6.(In Russ)
30. D.B. Kingsmore, K.S. Stevenson, A. Jackson, S.S. Desai, P. Thompson, N. Karydis, M. Franchin, B. White, M. Tozzi, A. Isaak. Arteriovenous Access Graft Infection: Standards of Reporting and Implications for Comparative Data Analysis. 2020. Feb;63:391-398. doi: 10.1016/j.avsg.2019.08.081
31. Chow BJ, Chowdary P, Khurram M, Mohamed IH. Management of infected arteriovenous grafts for haemodialysis: Outcomes and strategies using a novel objective scoring system. J Vasc Access. 2024 Jul;25(4):1293-1300. doi: 10.1177/11297298231160573.
32. Liu RH, Fraser CD 3rd, Zhou X, Beaulieu RJ, Reifsnnyder T. Complete versus partial excision of infected arteriovenous grafts: Does remnant graft material impact outcomes? J Vasc Surg. 2020 Jan;71(1):174-179. doi: 10.1016/j.jvs.2019.03.062.
33. Dauria DM, Dyk P, Garvin P. Incidence and management of seroma after arteriovenous graft placement. J Am Coll Surg. 2006 Oct;203(4):506-11. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2006.06.002.
34. Attia MI, Atta EM, Elheneidy MA, Sallam EM. Salvage of infected autogenous arteriovenous fistulas, is it possible? J Vasc Access. 2023 Nov;24(6):1275-1283. doi: 10.1177/11297298221080080.
35. Grinev K.M., Karpov S.A., Alferov S.V. Thrombotic complications of permanent vascular access during programmed hemodialysis and methods of their surgical correction. Bulletin of St. Petersburg State University. Medication. 2017. Volume 12. Issue 4. S348. 2017.(In Russ)
36. N Nithiya, Elayaperumal Indhumathi, Dhakshinamoorthy Jagadeswaran, Varadharajan Jayaprakash, Matcha Jayakumar. Pulmonary hypertension - prevalence, risk factors, and its association with vascular calcification in chronic kidney disease and hemodialysis patients. 2020 Mar-Apr;31(2):380-387. doi: 10.4103/1319-2442.284012
37. Yigla M, Abassi Z, Reisner SA, Nakhoul F. Pulmonary hypertension in hemodialysis patients: an unrecognized threat. Semin Dial. 2006 Sep-Oct;19(5):353-7. doi: 10.1111/j.1525-139X.2006.00186.x.
38. Navaneethan SD, Roy J, Tao K, et al. Prevalence, Predictors, and Outcomes of Pulmonary Hypertension in CKD. 2016 Mar;27(3):877-86. doi: 10.1681/ASN.2014111111
39. Carl P. Walther, Vijay Nambi, Nicola A. Hanania, and Sankar D. Navaneethan. Diagnosis and Management of Pulmonary Hypertension in Patients With CKD. 2020 Jun;75(6):935-945. doi: 10.1053/j.ajkd.2019.12.005
40. Chemla ES, Morsy M, Anderson L, Whitemore A. Inflow reduction by distalization of anastomosis treats efficiently high-inflow high-cardiac output vascular access for hemodialysis. Semin Dial. 2007 Jan-Feb;20(1):68-72. doi: 10.1111/j.1525-139X.2007.00244.x.
41. Callaghan CJ, Mallik M, Sivaprakasam R, Iype S, Pettigrew GJ. Treatment of dialysis access-associated steal syndrome with the "revision using distal inflow" technique. J Vasc Access. 2011 Jan-Mar;12(1):52-6. doi: 10.5301/jva.2010.5985.
42. Sheaffer WW, Hangge PT, Chau AH, Alzubaidi SJ, Knuttinen MG, Naidu SG, Ganguli S, Oklu R, Davila VJ. Minimally Invasive Limited Ligation Endoluminal-Assisted Revision (MILLER): A Review of the Available Literature and Brief Overview of Alternate Therapies in Dialysis Associated Steal Syndrome. J Clin Med. 2018 May 29;7(6):128. doi: 10.3390/jcm7060128.
43. Mudoni A, Cornacchiari M, Gallieni M, Guastoni C, McGrogan D, Logias F, Ferramosca E, Mereghetti M, Inston N. Aneurysms and pseudoaneurysms in dialysis access. Clin Kidney J. 2015 Aug;8(4):363-7. doi: 10.1093/ckj/sfv042.
44. Wan Z, Lai Q, Zhou Y, Chen L, Tu B. Partial aneurysmectomy for treatment of autologous hemodialysis fistula aneurysm is safe and effective. J Vasc Surg. 2019 Aug;70(2):547-553. doi: 10.1016/j.jvs.2018.10.119.
45. Naazie IN, Janssen C, Perez S, Mathlouthi A, Cajas-Monson L, Malas M, Al-Nouri O. Revision of Aneurysmal Arteriovenous Access with Immediate Use Graft Is Safe and Avoids Prolonged Use of Tunneled Hemodialysis Catheters. Ann Vasc Surg. 2022 Nov;87:295-301. doi: 10.1016/j.avsg.2022.09.035.
46. Pineda DM, Dougherty MJ, Wismer MC, Carroll C, Tyagi S, Troutman DA, Calligaro KD. Bovine carotid artery xenografts for hemodialysis access. J Vasc Surg. 2017 Jun;65(6):1729-1734. doi: 10.1016/j.jvs.2016.12.109.
47. Aziz M, Albert P, Connelly ZM, Lairmore TC, Virk C. A Retrospective Review of Bovine Artery Graft Patency: A Single-Site Study. Ann Vasc Surg. 2023 Aug;94:272-279. doi: 10.1016/j.avsg.2023.02.006.
48. Harlander-Locke MP, Lawrence PF, Ali A, Bae E, Kohn J, Abularrage C, Ricci M, Lemmon GW, Peralta S, Hsu J; Vascular Low-Frequency Disease Consortium. Cryopreserved venous allograft is an acceptable conduit in patients with current or prior angioaccess graft infection. J Vasc Surg. 2017 Oct;66(4):1157-1162. doi: 10.1016/j.jvs.2017.03.450.
49. Jadowiec CC, Lavalley M, Mannion EM, Lally A, Rochon C, Sheiner PA, Brown MG. Current outcomes and indications for cryopreserved vein allografts in hemodialysis access surgery. J Vasc Access. 2016 Jan-Feb;17(1):47-54. doi: 10.5301/jva.5000405.

Для цитирования: Садовский А.А., Тарасов Р.С., Криковцов А.С. Сосудистые доступы у пациентов на хроническом гемодиализе и проблемы их длительного функционирования: современное состояние вопроса. Комплексные проблемы сердечно-сосудистых заболеваний. 2025;14(1): 122-133. DOI: 10.17802/2306-1278-2025-14-1-122-133

To cite: Sadovsky A.A., Tarasov R.S., Krikovtsov A.S. Review of vascular accesses in patients on chronic hemodialysis and their problems of long-term functioning: the current state of the issue. Complex Issues of Cardiovascular Diseases. 2025;14(1): 122-133. DOI: 10.17802/2306-1278-2025-14-1-122-133