

DOI: 10.15825/1995-1191-2025-3-204-215

ИМПЛАНТАЦИЯ ТУННЕЛЬНОГО ЦЕНТРАЛЬНОГО ВЕНОЗНОГО КАТЕТЕРА ДЛЯ ГЕМОДИАЛИЗА. ХИРУРГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Н.Л. Шахов, Р.Н. Трушкин, В.И. Вторенко, О.Н. Котенко, Н.Ф. Фролова, М.Ю. Богодаров, Е.С. Кудрявцева, Д.З. Тазетдинов, А.С. Киселев, А.А. Евдокимова
ГБУЗ «Городская клиническая больница № 52 Департамента здравоохранения города Москвы»,
Москва, Российская Федерация

Обзор посвящен одной из актуальных проблем в создании сосудистого доступа для программного гемодиализа – имплантации туннельных центральных венозных катетеров (тЦВК). Современные конструкции катетеров и новые возможности визуализации за последние годы дали возможность имплантировать тЦВК с минимальным количеством осложнений. Однако существует достаточное количество сложных ситуаций при постановке катетера, требующих индивидуального подхода. В данном обзоре выделены показания и противопоказания к имплантации тЦВК, рассмотрены разновидности катетеров, варианты возможных мест установки; описаны предварительная подготовка пациента к операции и послеоперационное ведение; освещены вопросы осложнений, возникающих в раннем и позднем послеоперационных периодах, и путей их решения. Также представлены дополнительные инструментальные методы, используемые для установки тЦВК. В настоящее время к установке тЦВК применяется стандартизированный подход, который обобщен и представлен в стандартной операционной процедуре (СОП), которая позволяет обеспечивать безопасную имплантацию тЦВК с соблюдением асептики на всех этапах, а также обучение новых членов команды.

Ключевые слова: туннельный центральный венозный катетер, артериовенозная фистула, синтетический сосудистый протез, баллонная ангиопластика.

SURGICAL ASPECTS OF TUNNELED CENTRAL VENOUS CATHETER IMPLANTATION FOR HEMODIALYSIS: A LITERATURE REVIEW

N.L. Shakhov, R.N. Trushkin, V.I. Vtorenko, O.N. Kotenko, N.F. Frolova, M.Yu. Bogodarov, E.S. Kudryavtseva, D.Z. Tazetdinov, A.S. Kiselev, A.A. Evdokimova
City Clinical Hospital No. 52, Moscow, Russian Federation

This review addresses a key issue in establishing vascular access for maintenance hemodialysis: the implantation of tunneled central venous catheters (TCVCs). Advances in catheter design and imaging technologies in recent years have significantly reduced the risk of complications associated with TCVC placement. Nevertheless, certain complex clinical scenarios still require individualized approaches during implantation. This review highlights the indications and contraindications for TCVC placement, examines the various catheter types and potential insertion sites, and discusses patient preparation, intraoperative considerations, and postoperative care. It also reviews early and late complications, along with strategies for their management. The use of additional imaging modalities to facilitate catheter placement is also presented. Currently, a standardized approach to TCVC implantation is employed, encapsulated in a standard operating procedure (SOP), which ensures adherence to aseptic techniques and provides a structured framework for training new clinical staff.

Keywords: tunneled central venous catheter, arteriovenous fistula, synthetic vascular graft, balloon angioplasty.

Для корреспонденции: Шахов Николай Леонидович. Адрес: 123182, Москва, ул. Пехотная, д. 3.
Тел. (926) 212-81-14. E-mail: Nick-graft@rambler.ru

Corresponding author: Nikolay Shakhov. Address: 3, Pehotnaya str., Moscow, 123182, Russian Federation.
Phone: (926) 212-81-14. E-mail: Nick-graft@rambler.ru

В совместном заявлении Американского общества нефрологов, Европейской почечной ассоциации и Международного общества нефрологов указано, что к 2021 г. уже более 850 миллионов человек страдают от той или иной формы заболевания почек, что примерно вдвое превышает число людей, страдающих сахарным диабетом (422 миллиона), и в 20 раз превышает распространенность злокачественных новообразований во всем мире (42 миллиона) или количество людей, живущих с ВИЧ/СПИД (36,7 миллиона). Эти оценки основаны на совокупности исследований по всему миру, в которых использовались различные определения хронической болезни почек (ХБП); тем не менее они дают наилучшее представление о распространенности ХБП [1].

В настоящее время количество пациентов, нуждающихся в заместительной почечной терапии (ЗПТ), неуклонно растет, возрастает количество центров для гемодиализа. Также значительно улучшилось качество гемодиализа, и соответственно, увеличивается продолжительность жизни пациентов с терминальной стадией хронической почечной недостаточности (ТХПН). При этом создание удовлетворительного сосудистого доступа для гемодиализа остается актуальной проблемой. Существуют три основные формы доступа для хронического гемодиализа: нативная артериовенозная фистула (АВФ), синтетический сосудистый протез (ССП) и туннельные (манжеточные) центральные венозные катетеры [2].

Согласно рекомендациям KDOQI, считается целесообразным наличие артериовенозного доступа (АВФ или CCP) у пациента, которому требуется гемодиализ, если это соответствует его жизненному плану (Life-Plan) при ТХПН и общим целям лечения. Однако при обоснованных клинических обстоятельствах KDOQI считает целесообразным использовать туннелированные центральные венозные катетеры для долговременного использования у некоторых пациентов [2].

Согласно отчету Американской системы по учету пациентов с почечной патологией (USRDS), с 2018-го по 2022 г. процент пациентов, начинающих получать лечение гемодиализом с использованием катетера, увеличился на 3,9%, достигнув 84,7%, несмотря на все усилия по увеличению доли пациентов, приступающих к гемодиализу с АВФ [3].

ПОКАЗАНИЯ ДЛЯ ИМПЛАНТАЦИИ ТУННЕЛЬНОГО ЦЕНТРАЛЬНОГО ВЕНОЗНОГО КАТЕТЕРА

1. Отсутствие должного созревания фистулы на время начала гемодиализа (несвоевременное обращение к сосудистому хирургу (и врачам других специальностей) приводит к позднему превентивному формированию АВФ).

2. Невозможность установки АВФ или CCP ввиду особенностей анатомии сосудов (глубина залегания вены более 6 мм, что не позволяет выполнить адекватную пункцию, расспынной тип).
3. Отсутствие поверхностных и глубоких вен необходимого диаметра для формирования АВФ или CCP.
4. Тяжелая сердечная недостаточность (значительно снижена фракция выброса ЛЖ) – создание АВФ приведет к дополнительной нагрузке на миокард, декомпенсации хронической сердечной недостаточности (ХСН).
5. Пациентам, находящимся на перитонеальном диализе, временно имплантируется тЦВК для проведения гемодиализа при развитии катетер-ассоциированной инфекции.
6. Ожидаемая продолжительность жизни пациента <1 года, проводится кратковременный паллиативный диализ.
7. Трансплантация почки от живого донора, запланированная в течение достаточно короткого периода времени.
8. Неопределенность в отношении восстановления функции почек при остром почечном повреждении [4].
9. Отказ пациента от формирования АВФ или CCP [2].

ПРОТИВОПОКАЗАНИЯ К ИМПЛАНТАЦИИ ТУННЕЛЬНОГО ЦЕНТРАЛЬНОГО ВЕНОЗНОГО КАТЕТЕРА

1. Острое почечное повреждение, требующее экстренного гемодиализа.
2. Наличие инфекции тЦВК (в качестве мост-терапии/замены).
3. Кратковременная (менее 2 недель) мост-терапия при реконструкции АВФ, не требующей длительного созревания.
4. Продолжающаяся инфекция кровотока и необходимость срочного лечения гемодиализом [4].

Особенной группой в отношении выбора доступа для проведения ГД являются пожилые пациенты. В пожилом возрасте прогрессирование заболевания почек до терминальной стадии влияет на различные терапевтические аспекты, включая и проведение заместительной почечной терапии, и индивидуальные рекомендации по необходимому доступу к диализу [5, 6]. Для пожилых людей с сопутствующими заболеваниями, такими как тяжелая сердечная недостаточность, перитонеальный диализ и ГД с помощью тЦВК часто являются предпочтительными и безопасными вариантами лечения [2, 7].

Используемые в настоящее время туннельные катетеры различаются по конструкции наконечника катетера и способу их введения [8].

ТРИ ОСНОВНЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ ТУННЕЛЬНЫХ КАТЕТЕРОВ ДЛЯ ГЕМОДИАЛИЗА

1. Ретроградные катетеры (первоначально устанавливается катетер в центральную вену, а затем проводится через подкожный туннель).
2. Антеградные катетеры (первоначально катетер проводится через подкожный туннель, а затем устанавливается в центральную вену).
3. Ретроантеградные катетеры (установка катетера возможна двумя разными способами на усмотрение хирурга).

Полиуретановый двухпросветный катетер может быть разной длины (от наконечника до манжеты) – 24, 28, 32, 36, 55 см – и разного диаметра – 10, 12,5, 14,5 и 15 Fr. Конфигурация катетера также может быть разной: прямые и изогнутые (конфигурация уже задана в виде петли или под углом 90 градусов).

КОНСТРУКЦИЯ ПРОСВЕТА И НАКОНЕЧНИКА ДИАЛИЗНОГО КАТЕТЕРА

На практике в настоящее время доступны 5 различных конструкций наконечников для туннельных центральных венозных катетеров: ступенчатые, симметричные, расщепленные, самоцентрирующие и Y-образные (рис. 1) [9].

Катетеры со ступенчатым наконечником имеют суженный артериальный просвет, обращенный к средостению (рис. 1, а). Катетеры с раздельным наконечником имеют разделенный просвет на своих концах, главным образом для уменьшения рециркуляции (рис. 1, в). Стремление производителей к минимизации рециркуляции привело к созданию симметричного наконечника, венозный и артериальный

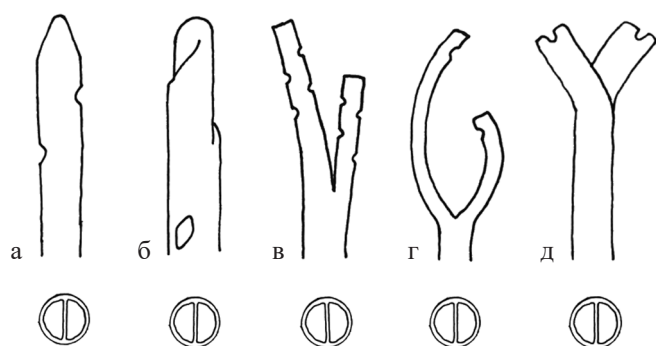


Рис. 1. Разновидности современного дизайна катетеров для гемодиализа: а – катетер ступенчатого типа; б – катетер симметричного типа; в – катетер расщепленного типа; г – катетер самоцентрирующегося расщепленного типа; д – катетер Y-образного типа. Иллюстрация Юри Бассунера [9]

Fig. 1. Modern hemodialysis catheter designs: а – step-tip catheter; б – symmetrical-tip catheter; в – split-tip catheter; г – self-centering split-tip catheter; д – Y-shaped catheter. Illustration by Yuri Bassuner [9]

просветы которого заканчиваются на одном уровне, он также имеет наклонный спиралевидный вырез, что позволяет выводить венозную кровь из катетера в сторону от артериального притока (рис. 1, б) [10]. Показатели рециркуляции у данного наконечника составили 1%, это минимальный показатель в сравнении с другими видами катетеров, для ступенчатого и раздвоенного наконечника рециркуляция составляет 7% при прямом потоке и 10–30% при обратном потоке [11]. Несмотря на то что катетеры с раздвоенным наконечником дольше, чем катетеры со ступенчатым наконечником, сохраняют проходимость, оба типа обеспечивают сопоставимую скорость кровотока [10]. Для сравнения, катетеры с симметричным наконечником обеспечивали более высокую скорость кровотока по сравнению со ступенчатыми катетерами, но при этом первичная проходимость и частота возникновения инфекции и тромбозов были одинаковыми [12]. Другое проспективное рандомизированное исследование показало, что катетеры с симметричным наконечником дольше сохраняют проходимость, а также показывают более низкий уровень дисфункции и рециркуляции крови с обратным током крови по сравнению с катетерами со ступенчатым наконечником [13]. Результаты 4-летнего многоцентрового исследования в Австралии, в котором наблюдались 4722 пациента, показали, что симметричные катетеры и катетеры с раздвоенным наконечником имели более низкий риск дисфункции катетера, требующей его удаления, по сравнению с катетерами со ступенчатым наконечником [14]. Существует и другой дизайн симметричного наконечника катетера, который предполагает, что дистальные просветы расположены под углом на противоположных сторонах катетера, так что кровь, выходящая из венозного порта, отклоняется от крови, поступающей в артериальный порт катетера, и тем самым уменьшается рециркуляция. Этот уникальный наконечник катетера также обеспечивает спиралевидный ламинарный поток, что приводит к меньшей активации тромбоцитов во время диализа, и как следствие, к более длительному сроку службы катетера [15]. Недавнее многоцентровое рандомизированное исследование показало, что катетеры с симметричными наконечниками и катетеры со спиралевидным ламинарным потоком имеют одинаковую 90-дневную первичную проходимость, однако показатели Kt/V были значительно выше в группе катетеров со спиралевидным ламинарным потоком [16]. Самоцентрирующийся катетер представляет усовершенствованную модификацию раздвоенного катетера, боковые порты которого направлены внутрь, чтобы предотвратить контакт со стенкой сосуда, что препятствует образованию фибриновой оболочки и закрытию боковых портов (рис. 1, г). Проспективное многоцентровое исследование показало, что самоцентрирующиеся

катетеры сохраняют высокую скорость потока, более 300 мл/мин, у 87% пациентов в течение 26 недель наблюдения. В ходе исследования не наблюдалось снижения средней скорости потока при диализе и значительных изменений гидравлического сопротивления на артериальных и венозных просветах катетеров [17]. Катетеры с Y-образным наконечником имеют прорези, но у них отсутствуют боковые отверстия (рис. 1, д). Утверждается, что такая конструкция продлевает первичную проходимость и снижает частоту тромбоза катетера и инфекций. Предварительные клинические данные продемонстрировали хорошую проходимость и низкий уровень осложнений [18].

Для повышения эффективности использования катетеров для гемодиализа были разработаны различные покрытия. В качестве антиадгезивного покрытия используется гепарин, который предотвращает образование тромбов и фибриновой оболочки [19], серебро – как антимикробное покрытие. В настоящее время активно разрабатывается перспективное направление «микроструктурирование», суть которого состоит в имитации различных естественных поверхностей (например, поверхность кожи акулы (Sharklet) или листьев лотоса). Применяя технологии микроструктурирования, можно изменять поверхность катетера и потенциально блокировать адгезию бактерий и тромбоцитов, тем самым снижая скорость колонизации и образования фибриновой оболочки [20]. Технология защиты внутренней поверхности катетера с помощью водной эмульсии (WISH) позволяет уменьшать адсорбцию белка и эффективно (до 96%) разрушать адсорбированные белковые структуры на внутренней поверхности, по сравнению с катетерами без покрытия [21].

Стратегии имплантации тЦВК и выбор места (локализации) катетера определяются, согласно рекомендациям KDOQI, после тщательного изучения жизненного плана пациента (Life-Plan), который включает в себя стратегию обеспечения сосудистым доступом для диализа у пациентов с хронической болезнью почек и разрабатывается совместно с пациентом и командой специалистов. В состав команды должны входить следующие специалисты: нефролог, хирург, рентгенолог, медицинская сестра, члены семьи пациента. Выбор места определяется многими критериями: возрастом пациента, длительностью установки тЦВК (до 3 или более 3 месяцев), наличием АВФ или планированием сформировать АВФ на стороне катетера, ожиданием пересадки почки (предполагает необходимость сохранить подвздошные сосуды нескомпрометированными). Место установки тЦВК может быть выбрано из следующего списка, в порядке предпочтения:

- 1) внутренняя яремная вена;
- 2) наружная яремная вена;
- 3) бедренная вена;

- 4) подключичная вена;
- 5) подвздошная вена.

При отсутствии противопоказаний, предшествующей патологии (например, центрального стеноза) или вмешательства (например, кардиостимулятора) предпочтительнее устанавливать тЦВК с правой стороны, из-за более прямой анатомии сосудов в сравнении с левой. Если на одной стороне имеется патология, которая ограничивает создание артериовенозного доступа, но позволяет устанавливать катетер, эта сторона должна использоваться для тЦВК, чтобы сохранить другую сторону для создания артериовенозного доступа [2]. Однако недавний метаанализ не выявил взаимосвязи между односторонним расположением тЦВК и АВФ и сроками созревания фистулы, частотой ее дисфункции [22]. Дисфункция тЦВК, имплантированных в правую внутреннюю яремную вену, встречается реже, чем в левую внутреннюю яремную вену. Установка катетеров с левой стороны сопряжена с более высоким риском интраоперационных осложнений из-за более длинного и изогнутого венозного русла. Исследования также показали более высокий риск их инфицирования и дисфункции. Оптимальное расположение наконечника в правом предсердии имеет решающее значение для адекватной работы левосторонних катетеров [9, 23].

При невозможности имплантации тЦВК в яремные вены рекомендована установка катетера в бедренную вену. Данная локализация является менее предпочтительной по сравнению с яремной веной, потому что у бедренных катетеров выше частота инфекционных (обусловлена анатомической зоной) и тромботических (тромбоз просвета катетера) осложнений.

Постановка катетера в правую или левую подключичные вены не рекомендуется, так как на ее фоне часто развивается стеноз сосудов [2].

Однако встречаются ситуации, когда у пациента очень сложно, практически невозможно, найти подходящую локализацию для постановки тЦВК. Известны работы по имплантации тЦВК в наружную яремную вену [24, 25]. В литературе описаны случаи имплантации тЦВК в нижнюю полую вену в области слияния подвздошных вен у пациента с исчерпанным сосудистым доступом [26], а также транспеченочного введения катетера в нижнюю полую вену у пациента с исчерпанным сосудистым доступом и наличием кава-фильтра в нижней полой вене [9, 27].

ТЕХНИКА ИМПЛАНТАЦИИ тЦВК

Установка туннельного центрального венозного катетера проводится по стандартному алгоритму и обычно выполняется без системной антибактериальной профилактики, так как выполняется в асептических условиях. Рутинное применение антибиотиков сопряжено с риском аллергических реакций, токсич-

ного влияния препаратов и появления резистентных штаммов микроорганизмов [28].

При постановке катетера **ретроградного туннелирования** сначала под ультразвуковым наведением пунктируется вена иглой 18 G, далее заводится металлический проводник до уровня правого предсердия (в рентгенооперационной все визуализируется на экране). При отсутствии интраоперационного рентген-контроля точность установки проводника можно проверить, получив обратный ход металлического проводника (отскакивание при сердечном сокращении), а также выполнив ультразвуковую доплерографию правой подключичной вены (ППВ), левой подключичной вены (ЛПВ), левой внутренней яремной вены (ЛВЯВ) для исключения перемещения проводника в данные сосуды, либо ЭхоКГ для визуализации проводника и далее – концов катетера в области правого предсердия (при этом катетер не должен соприкасаться с трикуспидальным клапаном) [2, 29–31]. Далее выполняется рассечение кожи



Рис. 2. Разрывной интродьюсер 16 Fr – с клапаном обратного хода крови

Fig. 2. 16 Fr Peel-away introducer with integrated blood backflow valve



Рис. 3. Сменный блок с портами

Fig. 3. Removable unit with ports

и подкожно-жировой клетчатки в области проводника – 1,0–1,5 см до *m. platysma*. Затем по проводнику вена дважды дилатируется, и устанавливается разрывной интродьюсер 16 Fr с клапаном обратного хода (рис. 2). Далее устанавливается выбранный катетер и удаляется металлический проводник и интродьюсер. Катетер проверяется на проходимость и зажимается мягким зажимом. В связи с тем что часто отмечается затекание крови (иногда интенсивное) паракатетерно, атравматической иглой с рассасывающейся нитью накладывают 1 шов вокруг катетера через *m. platysma* (что предотвращает развитие таких осложнений, как гематомы в области катетера, кровотечение из послеоперационных ран). Далее обезболивается правая надключичная область, выполняется разрез кожи 0,5 см, вводится металлический проводник катетера по туннелю, туннель дилатируется, и затем проводится катетер через туннель. Рекомендуется выводить катетер на кожу примерно на расстоянии 2 см от манжеты. На наружную часть катетера присоединяется сменный блок с портами (рис. 3). Катетер заполняется раствором гепарина, на кожу накладываются швы и асептическая повязка [4, 32].

При постановке катетера **антеградного туннелирования** в правую внутреннюю яремную вену (ПВЯВ) вена пунктируется иглой 18 G под ультразвуковым наведением, заводится металлический проводник до уровня правого предсердия. Далее выполняется рассечение кожи в области проводника – 1,0–1,5 см до *m. platysma*. Затем выполняется рассечение кожи на 5–7 мм в области правого надплечья от предполагаемого расположения манжеты катетера (2–3 см от подкожного расположения манжеты), затем устанавливается туннелер и по последнему катетер проводится под кожей к месту выхода металлического проводника.

Затем по проводнику вена дважды дилатируется, и устанавливается разрывной интродьюсер 15 Fr с клапаном. Металлический проводник удаляется, и по интродьюсеру устанавливается выбранный катетер (рис. 4). Катетер проверяется на проходимость и заполняется гепарином, на кожу накладываются швы.

Схема постановки тЦВК через правую внутреннюю яремную вену и внешний вид катетера представлены на рис. 5.

Преимущества технология ретроградного туннелирования по сравнению с традиционной антеградной методикой установки:

- 1) ретроградное туннелирование позволяет правильно установить кончик катетера до создания подкожного туннеля, и следовательно, установить манжету в нужном положении;
- 2) техника установки не требует продвижения кончиков катетера через подкожный канал перед введением в вену, что снижает вероятность инфицирования;



Рис. 4. Несменный блок с портами

Fig. 4. Non-removable unit with ports

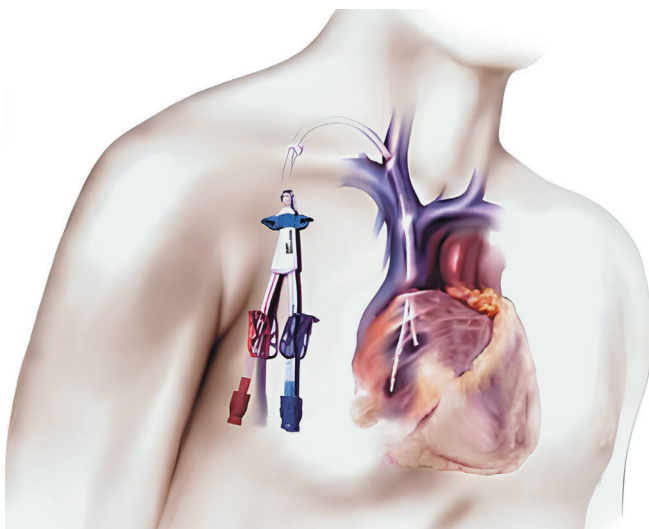


Рис. 5. Окончательный вид тЦВК после установки в область правого предсердия через правую внутреннюю яремную вену

Fig. 5. Final positioning of the tCVC following insertion into the right atrium via the right internal jugular vein

- 3) расщепленный V-образный кончик катетера минимизирует риск окклюзии и снижает уровень рециркуляции диализированной крови менее чем до 5%;
- 4) сменный блок портов позволяет сохранить сосудистый доступ при повреждении внешней части катетера и продлить время его функционирования;
- 5) плотность материала позволяет удерживать угол изгиба катетера после установки (не происходит излома катетера в местах физиологических изгибов), и как следствие, не терять скорость на гемодиализе по сравнению с другими катетерами [32]. При использовании антеградной техники сначала катетер проводится под кожей до места пункции

центральной вены и затем устанавливается в область правого предсердия, незначительное отклонение от траектории туннеля может значительно изменить положение наконечника [33]. Правильное расположение наконечника в правом предсердии (ПП) является важным фактором выживаемости катетера [34, 35]. Следует отметить, что существует риск клинически значимых аритмий из-за механического раздражения тканей сердца проводником и самим катетером. Рекомендуется проводить мониторинг электрокардиограммы (ЭКГ) во время процедуры постановки тЦВК [36].

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА, ИСПОЛЪЗУЕМЫЕ ДЛЯ ИМПЛАНТАЦИИ тЦВК

В пересмотренном руководстве по сосудистому доступу KDOQI от 2019 года рекомендуется использовать рентгенологическую визуализацию при имплантации тЦВК, чтобы повысить вероятность успеха и обеспечить безопасность пациента [2]. Пункция яремной вены под ультразвуковым контролем снижает риск неудачных попыток и осложнений [37]. Прямая визуализация проводника в нижней полой вене и позиционирование наконечника катетера при рентгеноскопии считаются «золотым стандартом» для введения тЦВК. **Рентгеноскопический метод** позволяет проводить раннюю диагностику и обеспечить проведение своевременного вмешательства при любых осложнениях процедуры [38]. Однако рентгеноскопия сопряжена с высокой стоимостью и воздействием рентгеновского излучения [39]. В то же время рентгенологические ориентиры соединения верхней полой вены (ВПВ) с правым предсердием (ПП) и тел грудных позвонков не являются надежными. На фронтальных рентгеновских снимках может быть не видно внесосудистого расположения катетера, в сомнительных случаях необходимо введение рентгенконтрастного препарата для четкой визуализации наконечника катетера, также для определения точного места соединения ВПВ/ПП используется чреспищеводная эхокардиография [40–42].

ЭКГ-мониторинг широко используется при постановке тЦВК, для подтверждения правильного нахождения наконечника катетера. На ЭКГ регистрируется высокий зубец Р, если кончик катетера расположен на переходе к правому предсердию – при установке с верхнего плечевого пояса [36]. Исследование с помощью чреспищеводной эхокардиографии показало, что максимальная амплитуда зубца Р наблюдается на уровне кава-предсердного перехода [43]. При постановке катетера через бедренную вену последовательность изменений на ЭКГ отличается [44]. Метод с поддержкой ЭКГ-мониторинга также может быть использован у пациентов с фибрилляцией предсердий [45].

Эхокардиография (ЭхоКГ). Установка катетера с помощью ЭхоКГ обеспечивает прямую видимость наконечника катетера по отношению к анатомическим структурам. Это позволяет избежать установки катетера в нижней полой вене или в непосредственной близости от трехстворчатого клапана. Более того, даже в случае низкого наполнения предсердий можно найти оптимальное положение внутри правого предсердия, для этого в просвет катетера вводится физиологический раствор [29, 30]. Несмотря на то что имеется мало данных об использовании исключительно ультразвукового позиционирования тЦВК, этот метод был недавно описан в достаточно большой группе пациентов с установленными ЦВК. Авторы подтверждали правильное положение катетера, визуализировав проводник в правом предсердии или нижней полой вене [46, 47]. Недавно группа исследователей провела проспективный сбор данных о 134 пациентах, которым последовательно имплантировали тЦВК с использованием ультразвуковой методики. J-образный наконечник из направляющей проволоки, расположенный непосредственно на дистальном конце катетера, является легко узнаваемым ориентиром, что позволяет его безопасно установить. В данной группе в 97% случаев при установке катетера использовался только ультразвуковой контроль, в 3% случаев УЗ-исследование не давало удовлетворительной картинки, но дополнительное использование ЭКГ-мониторинга и инъекции физиологического раствора в просвет катетера обеспечивали правильное позиционирование наконечника катетера [31].

НАИБОЛЕЕ ЧАСТЫЕ ОСЛОЖНЕНИЯ тЦВК

К ним относятся инфекция, тромбоз просвета катетера, стеноз и окклюзия центральных вен. Несмотря на то что в конструкции катетеров и материалов, из которых они изготавливаются, были достигнуты определенные успехи, некоторые проблемы, связанные с инфекционными осложнениями и последствиями стеноза центральных вен, остаются нерешенными.

К инфекционным осложнениям относятся: инфицирование наружного отверстия катетера, туннельная инфекция, катетер-ассоциированная инфекция кровотока (КАИК). Разработанные меры по снижению уровня инфицирования включают соблюдение строгих правил асептики при подключении тЦВК, обучение пациентов и диализного персонала и внедрение местной программы эпидемиологического надзора [48].

При инфицировании наружного отверстия катетера проводятся перевязки с антисептиками (хлоргексидином), что снижает количество случаев КАИК [49, 50]. По мере увеличения количества дней использования катетера возрастает вероятность бактериемии. В одном исследовании у 16,4% пациентов в течение года после установки катетера развилась

КАИК, при этом в большинстве случаев в культурах преобладали микроорганизмы кожной флоры, такие как *S. aureus* и *S. epidermidis*. Важно отметить, что при гематогенном распространении инфекции этими микроорганизмами может развиваться эндокардит, остеомиелит, септический артрит, эпидуральный абсцесс, септический шок и даже смерть [51]. В качестве профилактики КАИК используются антимикробные блокирующие растворы, которые предотвращают колонизацию и образование биопленки, и антикоагулянты. Одна из распространенных комбинаций: гентамицин – 4% цитрат [52]. Использование антимикробных растворов в сочетании с 4% цитратом эффективнее в профилактике КАИК, чем в сочетании с гепарином [53]. Неантибиотические микробные фиксаторы представлены тауролидином, использование которого в комбинации с 4% цитратом или в комбинации с 4% цитратом и урокиназой 25 000 ед. один раз в неделю улучшают функцию диализного катетера и снижают частоту КАИК [54]. В настоящее время используется антимикробный барьерный колпачок, который включает в себя стержень, проходящий в просвет катетера. Стержень и резьба пропитаны ацетатом хлоргексидина, который высвобождается из стержня в раствор для блокировки катетера, данное устройство показало эффективность в виде снижения частоты возникновения КАИК по сравнению со стандартными колпачками [55, 56].

Тромбоз просвета катетера – это частое осложнение при использовании тЦВК. Тромбоз можно разделить на внутренний (тромб в просвете катетера, тромб на кончике катетера и фибриновая оболочка) и внешний (тромбоз в стенке сосуда (плечеголовного ствола, внутренней яремной, подключичной вены), тромбоз в центральной вене (верхняя полая вена) и тромбоз в предсердии) [9]. Патогенез тромбоза связан с травмой эндотелия сосуда при постановке катетера и турбулентным кровотоком. Для профилактики применяется гепариновый «замок». Первой помощью при возникновении данного осложнения является местная фибринолитическая терапия. Тромболитические препараты, например алтеплаза, обычно используются для восстановления достаточного кровотока. Тромболитические препараты также можно использовать в профилактических целях вместо гепаринового «замка» [57]. В рандомизированном контролируемом исследовании было обнаружено, что при использовании комбинации тауролидина и гепарина два раза в неделю и тауролидина и урокиназы один раз в неделю было достигнуто значительное снижение частоты инфекции и тромбозов по сравнению с применением 4% раствора цитрата. При этом также применение тауролидина показало фармакоэкономическую эффективность в отношении общих затрат на одного пациента в год [58]. Наиболее тяжелым осложнением является тромб в правом

предсердии, связанный с катетером. У пациентов на гемодиализе данное осложнение проявляется в виде лихорадки, сепсиса, тромбоэмболии легочной артерии, но более чем в 20% случаев заболевание протекает бессимптомно. Стратегия лечения тромба в правом предсердии, связанного с катетером, до конца не определена, наряду с удалением катетера могут проводиться антикоагулянтная терапия, тромболизис и хирургическая тромбэктомия [59]. Учитывая, что удаление катетера до начала антикоагулянтной терапии может привести к тромбоэмболии легочной артерии, в большинстве случаев при диагнозе: «тромб в правом предсердии, связанный с катетером» удаление катетера выполняют после введения терапевтических доз антикоагулянтных препаратов. Также была предложена методика удаления катетера в сочетании с антикоагулянтной терапией при наличии тромба менее 6 см, в то время как хирургическая тромбэктомия показана при наличии тромба более 6 см. Тромболизис редко бывает успешным при данном состоянии, хотя он рекомендуется при гемодинамически не стабильной тромбоэмболии [60, 61]. Данное утверждение было доказано в недавнем исследовании у 178 пациентов с наличием тромба в правом предсердии, связанного с катетером [62]. По результатам другого ретроспективного исследования с участием 20 пациентов сообщалось, что удаление туннельного катетера в сочетании с антикоагулянтной/антиагрегантной терапией может быть эффективной стратегией лечения пациентов на гемодиализе с тромбом в правом предсердии [63]. У пациентов с истощенным сосудистым доступом, у которых нельзя удалить центральный венозный катетер, можно рассмотреть вариант лечения, сочетающий тромболитический раствор и системную антикоагуляцию без удаления катетера [64]. Также отсутствуют убедительные доказательства эффективности лечения бессимптомной тромбоэмболии легочной артерии. Антикоагулянтная терапия рекомендуется, если у пациента имеет место тромбоэмболия главных, долевых и/или сегментарных легочных артерий, при сопутствующем тромбозе глубоких вен или если у пациента имеется онкопатология [65]. Несмотря на принимаемые меры, смертность у пациентов на хроническом гемодиализе, связанная с наличием тромба в правом предсердии, связанного с катетером, составляет около 18% [59], а тромбоэмболия легочной артерии связана с летальным исходом в течение 3 месяцев примерно у 15% пациентов [65].

Образование фибриновой оболочки, состоящей из гладкомышечных клеток и коллагенового матрикса, покрытого эндотелиальными клетками. В течение нескольких дней она образует манжетку, окружает катетер, начиная с места входа в кровеносный сосуд, и действует как односторонний клапан. Лечение данной патологии включает замену катетера с баллонной

ангиопластикой или без нее, в редких случаях – удаление фиброзной ткани [66, 67].

Стеноз и окклюзия центральных вен является серьезной и часто встречающейся проблемой у пациентов, находящихся на программном гемодиализе. Частота встречаемости стенозов центральных вен у этой категории больных одна из самых высоких: от 20 до 50% [2]. На фоне функционирующей АВФ или ССП с ипсилатеральной стороны стенозы центральных вен протекают со значительно более выраженной симптоматикой, чем в общей популяции больных с этой патологией [19]. KDOQI рекомендуют чрескожную транслюминальную ангиопластику со стентированием или без него в качестве предпочтительного метода лечения центральных венозных стенозов [2]. Показатели технического успеха составляют 70–90%. Однако методы ангиопластики могут приводить к разрыву интимы сосудов, что, в свою очередь, – к рецидиву венозного стеноза [68]. Использование стентов позволяет устранить извитость стенотических поражений, предотвращает эластическую ретракцию после баллонной ангиопластики, устраняет расслоение, ограничивающее кровоток, и сохраняет проходимость вен [2]. Использование баллонов высокого давления, покрытых антипролиферативными средствами (паклитаксел), показало лучшие результаты вторичной проходимости через 6 и 12 месяцев по сравнению с традиционными баллонами [69, 70].

У пациентов с окклюзией центральной вены используется сложный гибридный катетер – сосудистый протез (HeRo). Катетерная часть (венозный компонент) представлена рентгенконтрастной силиконовой трубкой с плетеным нитиноловым армированием, 6,3 мм в диаметре, 40 см в длину, и артериальным компонентом – сосудистым протезом из политетрафторэтилена, 7,3 мм в диаметре, 53 см в длину, и титанового адаптера. Данная конструкция обеспечивает пациентов гемодиализным доступом длительного использования в обход стенозированного участка при стенозах (окклюзиях) центральных вен [71].

ЗАМЕНА ТЦВК

Дисфункция катетера определяется руководящими принципами KDOQI как неспособность поддерживать кровоток, достаточный для проведения ГД, без существенного удлинения лечения ГД. Дисфункция катетера, вызванная перегибом, переломом, перекручиванием, миграцией и неправильным положением наконечника катетера, требует удаления или замены катетера [2]. Замена катетера может быть выполнена с созданием нового туннеля и места выхода или с введением направляющей проволоки через существующий катетер (с новым туннелем или без него) [72, 73].

Таблица 1

Имплантация туннельного центрального венозного катетера**Key steps in the implantation of a tunneled central venous catheter**

№	Имплантация туннельного центрального венозного катетера
1	Хирургическая асептика: а) хирургическая дезинфекция рук б) стерильные перчатки, халат и маска для лица в) ограниченное стерильное хирургическое поле
2	Использование двухкомпонентного асептического раствора, состоящего из спирта и остаточного действующего вещества (например, хлоргексидина, октенидина дигидрохлорида)
3	Предпочтительная имплантация катетера в правую внутреннюю яремную вену а) установка катетера в подключичные и бедренные вены только при окклюзии внутренних яремных вен
4	Пункция центральной вены только под ультразвуковым контролем
5	Контроль правильного положения кончика катетера, а именно в середине правого предсердия: а) второй (дополнительный) метод контроля (ЭКГ, ЭхоКГ, рентгеноскопия) б) аспирационный тест шприцем (20 мл) перед установкой катетера
6	Применение стерильных повязок для перевязки катетера (в идеале полунепроницаемые прозрачные повязки)
7	Обучение пациентов основам асептики: а) гигиена рук б) знания о рисках использования катетера в) способность выявлять признаки инфекции катетера г) инструкция о поведении пациентов с катетером вне диализного отделения д) уход за катетером е) инструкция по поддержанию области установленного катетера в сухом и чистом состоянии, запрет приема душа в течение 3 дней после установки катетера ж) использование водонепроницаемой повязки во время принятия душа

СТАНДАРТИЗИРОВАННЫЙ ПОДХОД

Для обеспечения проведения эффективной и безопасной процедуры имплантации катетера и его дальнейшего обслуживания важно принять целый комплекс мер. Все компоненты процедуры установки и обслуживания катетера требуют соблюдения единого стандарта, который может быть изложен в стандартной операционной процедуре (СОП), в соответствии с которой можно проводить обучение новых членов команды и контролировать соблюдение мер безопасности. Приводим пример адаптированной нами стандартной процедуры по улучше-

Таблица 2

Уход за туннельным центральным венозным катетером и удаление катетера**Guidelines for the care and removal of a tunneled central venous catheter**

№	Уход за катетером
1	Соблюдение техники асептики (использовать перчатки и халат) при каждом случае обращения с катетером а) использование раствора хлоргексидина при обработке места выхода катетера на кожу
2	Повязка: а) должна защищать от воздействия окружающей среды б) при необходимости дополнительного снижения риска инфицирования повязка может быть пропитана хлоргексидином в) должна регулярно меняться, не менее 1 раза в неделю
3	Антимикробный фиксирующий раствор (например, на основе цитрата или тауролидина)
4	Если у пациента имеет место интраназальная инфекция <i>S. aureus</i> , то необходимо использовать мупироцин в комплексе лечения
5	Обучение пациента
Удаление катетера	
1	Удаление катетера в плановом порядке необходимо выполнять не позднее 2 недель после последнего использования
2	Тромбированный туннельный катетер следует заменить на новый как можно скорее
3	В случае системных инфекций кровотока (КАИК, сепсис) следует рассмотреть вопрос об удалении катетера
4	Не рекомендуется выполнять замену катетера по проводнику

нию качества имплантации и использования тЦВК (табл. 1, 2) [74].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сегодня без туннельных центральных венозных катетеров невозможно представить ведение пациентов, находящихся на лечении программным гемодиализом. В настоящее время широко применяются стандартные методики имплантации туннельных катетеров, которые позволяют сформировать доступ в большинстве случаев, но при наличии нестандартной ситуации (исчерпанный сосудистый доступ) требуются индивидуальный подход к каждому такому пациенту и разработка новых оперативных методик [75].

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. KDIGO 2024 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney Int.* 2024; 105 (4S): S117–S314.
- Lok CE, Huber TS, Lee T et al. KDOQI Clinical Practice Guideline for Vascular Access: 2019 Update. *Am J Kidney Dis.* 2020. 75 (4): S1–S164. doi: 10.1053/j.ajkd.2019.12.001.
- United States Renal Data System. 2023 USRDS Annual Data Report: Epidemiology of Kidney Disease in the United States. Bethesda, MD: National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases, 2023.
- Bernd Schröppel, Lucas Bettac, Lena Schulte-Kemna et al. Placement of tunnelled haemodialysis catheters – interventional standard. *Nephrol Dial Transplant.* 2025; 40: 264–272. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfae181>.
- O'Hare AM, Choi AI, Bertenthal D et al. Age affects outcomes in chronic kidney disease. *J Am Soc Nephrol.* 2007; 18: 2758–2765. <https://doi.org/10.1681/ASN.2007040422>.
- Schulte-Kemna L, Künzig M, Dallmeier D et al. [Frailty in renal diseases]. *Z Gerontol Geriatr.* 2021; 54: 708–716. <https://doi.org/10.1007/s00391-021-01953-0>.
- Lyu B, Chan MR, Yevzlin AS et al. Catheter dependence after arteriovenous fistula or graft placement among elderly patients on hemodialysis. *Am J Kidney Dis.* 2021; 78: 399–408.e1. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2020.12.019>.
- Boubes K, Shaikh A, Alsaukas Z et al. New directions in ensuring catheter safety. *Adv Chronic Kidney Dis.* 2020; 27: 228–235. <https://doi.org/10.1053/j.ackd.2020.02.004>.
- Husameddin El Khudari, Merve Ozen, Bridget Kowalczyk et al. Hemodialysis Catheters: Update on Types, Outcomes, Designs and Complications. *Semin Intervent Radiol.* 2022 Feb 18; 39 (1): 90–102. doi: 10.1055/s-0042-1742346.
- D M, Trerotola SO, Clark T. Clinical and Regulatory Considerations for Central Venous Catheters for Hemodialysis. *Clin J Am Soc Nephrol.* 2018; 13 (12): 1924–1932. doi: 10.2215/CJN.14251217.
- Vesely TM, Ravenscroft A. Hemodialysis catheter tip design: observations on fluid flow and recirculation. *J Vasc Access.* 2016; 17 (01): 29–39. doi: 10.5301/jva.5000463.
- Van Der Meersch H, De Bacquer D et al. Hemodialysis catheter design and catheter performance: a randomized controlled trial [published correction appears in *Am J Kidney Dis.* 2015 May; 65 (5): 810]. doi: 10.1053/j.ajkd.2014.02.017.
- Hwang HS, Kang SH, Choi SR et al. Comparison of the palindrome vs. step-tip tunneled hemodialysis catheter: a prospective randomized trial. *Semin Dial.* 2012; 25 (05): 587–591. doi: 10.1111/j.1525-139X.2012.01054.x.
- Benjamin Lazarus, Kevan R Polkinghorne, Martin Gallagher et al. Tunneled Hemodialysis Catheter Tip Design and Risk of Catheter Dysfunction: An Australian Nationwide Cohort Study. *Am J Kidney Dis.* 2024 Apr; 83 (4): 445–455. doi: 10.1053/j.ajkd.2023.09.021.
- Clark TW, Redmond JW, Mantell MP. Initial Clinical Experience: Symmetric-Tip Dialysis Catheter with Helical Flow Characteristics Improves Patient Outcomes. *J Vasc Interv Radiol.* 2015; 26 (10): 1501–1508. doi: 10.1016/j.jvir.2015.06.033.
- Nadolski GJ, Redmond J, Shin B. Comparison of Clinical Performance of VectorFlow and Palindrome Symmetric-Tip Dialysis Catheters: A Multicenter, Randomized Trial. *J Vasc Interv Radiol.* 2020; 31 (07): 1148–1155. doi: 10.1016/j.jvir.2020.02.001.
- Anil K Agarwal, Stephen R Ash. Maintenance of blood flow rate on dialysis with self-centering CentrosFLO catheter: A multicenter prospective study. *Hemodial Int.* 2016 Oct; 20 (4): 501–509. doi: 10.1111/hdi.12443.
- Tal MG, Peixoto AJ, Crowley ST et al. Comparison of side hole versus non side hole high flow hemodialysis catheters. *Hemodial Int.* 2006; 10 (01): 63–67. doi: 10.1111/j.1542-4758.2006.01176.x.
- Bulent Arslan, Abdulrahman Masrani. Patency and time to malfunction comparison of BioFlo Duramax to Equistream hemodialysis catheters. *Journal of Vascular and Interventional Radiology.* 2016; 27 (3): S199–S200. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2015.12.514>.
- May RM, Magin CM, Mann EE. An engineered micro-pattern to reduce bacterial colonization, platelet adhesion and fibrin sheath formation for improved biocompatibility of central venous catheters. *Clin Transl Med.* 2015; 4: 9. doi: 10.1186/s40169-015-0050-9.
- David W Sutherland Jr, Zachary D Blanks, Xin Zhang. Relationship Between Central Venous Catheter Protein Adsorption and Water Infused Surface Protection Mechanisms. *Artif Organs.* 2018 Nov; 42 (11): E369–E379. doi: 10.1111/aor.13274.
- Koudounas G, Giannopoulos S, Volteas P et al. Arteriovenous fistula maturation in patients with ipsilateral versus contralateral tunneled dialysis catheter: a systematic review and metaanalysis. *Ann Vasc Surg.* 2024; 103: 14–21. doi: 10.1016/j.avsg.2023.11.048.
- Engstrom BI, Horvath JJ, Stewart JK et al. Tunneled internal jugular hemodialysis catheters: impact of laterality and tip position on catheter dysfunction and infection rates. *J Vasc Interv Radiol.* 2013; 24: 1295–302. <https://doi.org/10.1016/j.jvir.2013.05.035>.
- Ali Akbar Beigi, Ali Sharifi, Hafez Gaheri et al. Placement of long-term hemodialysis catheter (permcath) in patients with end-stage renal disease through external jugular vein. *Advanced Biomedical Research.* 2014 Dec; 3 (1): 252. doi: 10.4103/2277-9175.146381.
- Pei Wang, Yufei Wang, Yingjin Qiao et al. Retrospective Study of Preferable Alternative Route to Right Internal Jugular Vein for Placing Tunneled Dialysis Catheters: Right External Jugular Vein versus Left Internal Jugular Vein. *PLoS One.* 2016; 11 (1): e0146411. doi: 10.1371/journal.pone.0146411.
- Янковой АГ, Зулкарнаев АБ. Хирургическая имплантация туннельного диализного катетера в нижнюю полую вену. Клиническое наблюдение. *Нефрология и диализ.* 2023; 25 (1): 111–115. Yankovoy AG, Zulkarnayev AB. Surgical implantation of a tunnel dialysis catheter into the inferior vena cava. Case report. *Nephrolo-*

- gy and Dialysis. 2023; 25 (1): 111–115. (In Russ.). doi: 10.28996/2618-9801-2023-1-111-115.
27. Hieu M Vo, Raeeha Syeda, Mohammad Ali. Inferior Vena Cava Placement of a Transhepatic Tunneled Dialysis Catheter in a Patient with Atypical Hepatic Venous Anatomy. *A Case Report*. 2024 Sep 13; 16 (9): e69365. doi: 10.7759/cureus.69365.
 28. Buetti N, Souweine B, Mermel L et al. Concurrent systemic antibiotics at catheter insertion and intravascular catheter-related infection in the ICU: a post hoc analysis using individual data from five large RCTs. *Clin Microbiol Infect*. 2021; 27: 1279–1284. https://doi.org/10.1016/j.cmi.2020.10.026.
 29. Korsten P, Kuczera T, Wallbach M et al. The rapid atrial swirl sign for ultrasound-guided tip positioning of retrogradetunneled hemodialysis catheters: a cross-sectional study from a single center. *J Clin Med*. 2021; 10: 3999. https://doi.org/10.3390/jcm10173999.
 30. Da Hora Passos R, Ribeiro M, da Conceição LFMR et al. Agitated saline bubble – enhanced ultrasound for the positioning of cuffed, tunneled dialysis catheters in patients with end-stage renal disease. *J Vasc Access*. 2019; 20: 362–367. https://doi.org/10.1177/1129729818806121.
 31. Kächele M, Bettac L, Hofmann C et al. Feasibility analysis of ultrasound-guided placement of tunneled hemodialysis catheters. *Kidney Int Rep*. 2023; 8: 2001–2007. https://doi.org/10.1016/j.ekir.2023.07.03.
 32. Bream PR. Update on insertion and complications of central venous catheters for hemodialysis. *Semin Interv Radiol*. 2016; 33: 31–38. doi: 10.1055/s-0036-1572547.
 33. Sharma M, Tong WL, Thompson D et al. Placing an appropriate tunneled dialysis catheter in an appropriate patient including the nonconventional sites. *Cardiovasc Diagn Ther*. 2023; 13: 28190–28290. https://doi.org/10.21037/cdt-22-426.
 34. Maggiani-Aguilera P, Chávez-Iñiguez JS, Navarro-Gallardo JG et al. The impact of anatomical variables on haemodialysis tunnelled catheter replacement without fluoroscopy. *Nephrology (Carlton)*. 2021; 26: 824–832. doi: 10.1111/nep.13909.
 35. Engstrom BI, Horvath JJ, Stewart JK et al. Tunneled internal jugular hemodialysis catheters: impact of laterality and tip position on catheter dysfunction and infection rates. *J Vasc Interv Radiol*. 2013; 24: 1295–1302. https://doi.org/10.1016/j.jvir.2013.05.035.
 36. Practice guidelines for central venous access 2020: an updated report by the American Society of Anesthesiologists Task Force on Central Venous Access. *Anesthesiology*. 2020; 132: 8–43. https://doi.org/10.1097/ALN.0000000000002864.
 37. Rabindranath KS, Kumar E, Shail R et al. Use of real-time ultrasound guidance for the placement of hemodialysis catheters: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Am J Kidney Dis*. 2011; 58: 964–970. https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2011.07.025.
 38. Prasad P, Vachharajani TJ. Non-fluoroscopic techniques to insert a tunneled hemodialysis catheter. *Kidney Int Rep*. 2023; 8: 2191–2193. https://doi.org/10.1016/j.ekir.2023.09.023.
 39. Yevzlin AS, Song GU, Sanchez RJ et al. Fluoroscopically guided vs modified traditional placement of tunneled hemodialysis catheters: clinical outcomes and cost analysis. *J Vasc Access*. 2007; 8: 245–251. https://doi.org/10.1177/112972980700800405.
 40. Hsu JH, Wang CK, Chu KS et al. Comparison of radiographic landmarks and the echocardiographic SVC/RA junction in the positioning of long-term central venous catheters. *Acta Anaesthesiol Scand*. 2006; 50: 731–735. https://doi.org/10.1111/j.1399-6576.2006.01025.x.
 41. Schuepfer AC, Schuepfer G, Mauch J. Three near fatal or fatal complications during implantation of tunnelled hemodialysis catheters learning from experts. *Anaesthesiologie*. 2022; 71: 541–545.
 42. Rattka M, Rottbauer W, Markovic S. Acute chest pain following parenteral infusion. *Dtsch Arzteblatt Int*. 2021; 118: 841. doi: 10.3238/arztebl.m2021.0094.
 43. Jeon Y, Ryu HG, Yoon SZ et al. Transesophageal echocardiographic evaluation of ECG-guided central venous catheter placement. *Can J Anaesth*. 2006; 53: 978–983. https://doi.org/10.1007/BF03022525.
 44. Gibault P, Desruennes E, Bourgain JL. Peroperative electrocardiographic control of catheter tip position during implantation of femoral venous ports. *J Vasc Access*. 2015; 16: 294–298. https://doi.org/10.5301/jva.5000386.
 45. Steinhagen F, Kanthak M, Kukuk G et al. Electrocardiography-controlled central venous catheter tip positioning in patients with atrial fibrillation. *J Vasc Access*. 2018; 19: 528–534. https://doi.org/10.1177/1129729818757976.
 46. Pereira Junior GM, Souza Alvarenga A, Almeida Felipe CR et al. Use of ultrasound to confirm guidewire position in hemodialysis catheter implantation. *J Nephrol*. 2022; 35: 1515–1519. https://doi.org/10.1007/s40620-022-01346-5.
 47. Kairidibo, Pandey AR, Dwivedi V et al. «Rapid Atrial Swirl Sign»: A Better Tool Than the Landmark Technique for Ensuring Correct Depth of Insertion of Central Venous Catheters. *Cureus*. 2024 Jul 23; 16 (7): e65211. doi: 10.7759/cureus.65211.
 48. Fisher M, Golestaneh L, Allon M et al. Prevention of bloodstream infections in patients undergoing hemodialysis. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2020; 15: 132–151. https://doi.org/10.2215/CJN.06820619.
 49. Apata IW, Hanfelt J, Bailey JL et al. Chlorhexidine-impregnated transparent dressings decrease catheter-related infections in hemodialysis patients: a quality improvement project. *J Vasc Access*. 2017; 18: 103–108. https://doi.org/10.5301/jva.5000658.
 50. Hou Y, Griffin L, Bernatchez SF et al. Comparative Effectiveness of 2 Chlorhexidine Gluconate-Containing Dressings in Reducing Central Line-Associated Bloodstream Infections, Hospital Stay, and Costs. *Inquiry*. 2023 Jan-Dec; 60: 469580231214751. doi: 10.1177/00469580231214751.
 51. Gabriele Donati, Alessandra Spazzoli, Anna Laura Croci Chiocchini. Bloodstream infections and patient survival with tunneled-cuffed catheters for hemodialysis: A single-center observational study. *Int J Artif Organs*. 2020 Dec; 43 (12): 767–773. doi: 10.1177/0391398820917148.

52. Carol L Moore, Anatole Besarab, Marie Ajluni. Comparative effectiveness of two catheter locking solutions to reduce catheter-related bloodstream infection in hemodialysis patients. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2014 Jul; 9 (7): 1232–1239. doi: 10.2215/CJN.11291113.
53. Hongxia Mai, Yuliang Zhao, Stephen Salerno et al. Citrate versus heparin lock for prevention of hemodialysis catheter-related complications: updated systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Int Urol Nephrol*. 2019 Jun; 51 (6): 1019–1033. doi: 10.1007/s11255-019-02150-0.
54. Fadwa Al-Ali, Ahmad F Hamdy, Abdullah Hamad et al. Safety and efficacy of taurolidine/urokinase versus taurolidine/heparin as a tunneled catheter lock solution in hemodialysis patients: a prospective, randomized, controlled study. *Nephrol Dial Transplant*. 2018 Apr 1; 33 (4): 619–626. doi: 10.1093/ndt/gfx187.
55. Jeffrey L Hymes, Ann Mooney, Carly Van Zandt et al. Dialysis Catheter-Related Bloodstream Infections: A Cluster-Randomized Trial of the ClearGuard HD Antimicrobial Barrier Cap. *Am J Kidney Dis*. 2017 Feb; 69 (2): 220–227. doi: 10.1053/j.ajkd.2016.09.014.
56. Amy Nau, Troy Richardson, Diana Cardwell et al. Use of ClearGuard HD caps in pediatric hemodialysis patients. *Pediatr Nephrol*. 2024 Jul; 39 (7): 2171–2175. doi: 10.1007/s00467-023-06273-6.
57. Hemmelgarn BR, Moist LM, Lok CE et al. Prevention of dialysis catheter malfunction with recombinant tissue plasminogen activator. *N Engl J Med*. 2011; 364: 303–312. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1011376>.
58. Winnicki W, Herkner H, Lorenz M et al. Taurolidine-based catheter lock regimen significantly reduces overall costs, infection, and dysfunction rates of tunneled hemodialysis catheters. *Kidney Int*. 2018; 93: 753–760. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2017.06.026>.
59. Tran MH, Wilco T, Tran PN. Catheter-related right atrial thrombosis. *J Vasc Access*. 2020; 21 (3): 300–307. doi: 10.1177/1129729819873851.
60. Stavroulopoulos A, Aresti V, Zounis C. Right atrial thrombi complicating haemodialysis catheters. A meta-analysis of reported cases and a proposal of a management algorithm. *Nephrol Dial Transplant*. 2012; 27 (7): 2936–2944. doi: 10.1093/ndt/gfr739.
61. Chen L, Chen B, Lai Q et al. Management of catheter-related right atrial thrombus in hemodialysis: a systematic review. *BMC Cardiovasc Disord*. 2024 Nov 20; 24 (1): 656. <https://doi.org/10.1186/s12872-024-04330-y>.
62. Sun J, Liu Y, Chen J et al. Catheter replacement combined with antiplatelet therapy in hemodialysis catheter-related right atrial thrombus: a potential treatment approach. *BMC Cardiovasc Disord*. 2025 Jan 16; 25 (1): 26. <https://doi.org/10.1186/s12872-025-04485-2>.
63. Yang H, Chen F, Jiao H et al. Management of tunneled-cuffed catheter-related right atrial thrombosis in hemodialysis patients. *J Vasc Surg*. 2018; 68 (5): 1491–1498. doi: 10.1016/j.jvs.2018.02.039.
64. Rossi L, Libutti P, Casucci F et al. Is the removal of a central venous catheter always necessary in the context of catheter-related right atrial thrombosis? *J Vasc Access*. 2018; 20 (1): 98–101. doi: 10.1177/1129729818774438.
65. Kruger PC, Eikelboom JW, Douketis JD et al. Pulmonary embolism: update on diagnosis and management. *Med J Aust*. 2019 Jul; 211 (2): 82–87. doi: 10.5694/mja2.50233.
66. Ahmed R, Chapman SA, Tantrige P et al. TuLIP (Tunneled Line Intraluminal Plasty): An Alternative Technique for Salvaging Haemodialysis Catheter Patency in Fibrin Sheath Formation. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2019; 42: 770–774. <https://doi.org/10.1007/s00270-019-02189-7>.
67. Lizhu Jin, Hui Wang, Tianlei Cui et al. [Catheter Replacement Methods in Hemodialysis Patients With Dysfunctional Tunneled-Cuffed Catheters With Fibrin Sheaths]. *Sichuan Da Xue Xue Bao Yi Xue Ban*. 2023 Nov 20; 54 (6): 1283–1287. doi: 10.12182/20231160201.
68. Nayak-Rao S, Ramanna B, Subramanyam K et al. Endovascular intervention for central venous stenosis in hemodialysis patients: A single-center experience. *Indian J Nephrol*. 2020; 0 (0): 0. doi: 10.4103/ijn.IJN_343_19.
69. Kitrou PM, Papadimitos P, Spiliopoulos S et al. Paclitaxel-Coated Balloons for the Treatment of Symptomatic Central Venous Stenosis in Dialysis Access: Results from a Randomized Controlled Trial. *J Vasc Interv Radiol*. 2017 Jun; 28 (6): 811–817. doi: 10.1016/j.jvir.2017.03.007.
70. Panagiotis M Kitrou, Tobias Steinke, Rami El Hage et al. Paclitaxel-Coated Balloons for the Treatment of Symptomatic Central Venous Stenosis in Vascular Access: Results from a European, Multicenter, Single-Arm Retrospective Analysis. *J Endovasc Ther*. 2021 Jun; 28 (3): 442–451. doi: 10.1177/15266028211007471.
71. David M Tabriz, Bulent Arslan. HeRO Graft: Indications, Technique, Outcomes, and Secondary Intervention. *Semin Intervent Radiol*. 2022 Feb 18; 39 (1): 82–89. doi: 10.1055/s-0042-1742391.
72. Leclaire C, Lobbedez T, Henri P et al. A new procedure for guidewire exchange of tunneled hemodialysis catheters in chronic hemodialysis patients: a pilot study. *Blood Purif*. 2023; 52: 91–100. <https://doi.org/10.1159/000525436>.
73. Wang J, Nguyen TA, Chin AI et al. Treatment of tunneled dialysis catheter malfunction: revision versus exchange. *J Vasc Access*. 2016; 17: 328–332. <https://doi.org/10.5301/jva.5000533>.
74. Lazarus B, Kotwal S, Gallagher M et al. Effect of a multifaceted intervention on the incidence of hemodialysis catheter dysfunction in a national stepped-wedge cluster randomized trial. *Kidney Int Rep*. 2023; 8: 1941–1950. <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2023.07.013>.
75. Niyyar VD, Beathard G. Interventional nephrology: opportunities and challenges. *Adv Chronic Kidney Dis*. 2020; 27: 344–349.e1. <https://doi.org/10.1053/j.ackd.2020.05.013>.

Статья поступила в редакцию 20.02.2025 г.
The article was submitted to the journal on 20.02.2025