



Выбор метода паллиативного дренирования верхних мочевых путей по поводу обструктивной уропатии опухолевой этиологии

© Кирилл И. Глинин^{1,2}, Ибрагим Э. Мамаев^{1,2}, Сергей В. Котов^{1,3,4}

¹ Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова [Москва, Россия]

² Городская клиническая больница им. В. М. Буянова [Москва, Россия]

³ Городская клиническая больница № 1 им. Н. И. Пирогова [Москва, Россия]

⁴ Московский многопрофильный клинический центр «Коммунарка» [Москва, Россия]

Аннотация

Представлен обзор литературы по теме паллиативного дренирования верхних мочевых путей (ВМП) у пациентов с обструктивной уропатией онкологической природы. Несмотря на общепризнанную состоятельность дренирования при помощи нефростомы, длительное ношение наружного мочевого дренажа имеет специфические осложнения и оказывает значительное влияние на качество жизни пациента. В этой связи не прекращаются поиски оптимального варианта длительного внутреннего дренирования ВМП у данной категории пациентов. Ключевыми параметрами, ограничивающими применение стандартного стентирования мочеточников, является нарушение проходимости стентов в результате компримирующего действия опухоли и обструкция просвета стента как результат петрификации. Помимо этого большое значение имеет наличие стент-ассоциируемой симптоматики у большинства пациентов. В обзоре приведены результаты исследований, как характеризующих факторы ограничения возможностей стентирования мочеточников у данной категории пациентов, так и направленных на преодоление этих ограничений путём воздействия на физические, химические и биологические основы несостоятельности внутреннего дренирования ВМП.

Ключевые слова: опухолевая обструкция; гидронефроз; чрескожная пункционная нефростомия (ЧПНС); мочеточниковый стент; стентирование; tandemное стентирование; петрификация; обзор

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки **Раскрытие интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Вклад авторов: К.И. Глинин — обзор литературы, анализ данных, написание текста рукописи; И.Э. Мамаев — анализ данных, научное редактирование, критический обзор; С. В. Котов — анализ данных, научное руководство.

✉ **Корреспондирующий автор:** Кирилл Игоревич Глинин; glinin.doc@gmail.com

Поступила в редакцию: 28.12.2023. **Принята к публикации:** 11.03.2025. **Опубликована:** 26.04.2025.

Для цитирования: Глинин К.И., Мамаев И.Э., Котов С.В. Выбор метода паллиативного дренирования верхних мочевых путей по поводу обструктивной уропатии опухолевой этиологии. *Вестник урологии*. 2025;13(2):79-91. DOI: 10.21886/2308-6424-2025-13-2-79-91.

Palliative drainage methods for malignant ureteral obstruction: comparative analysis

© Kirill I. Glinin^{1,2}, Ibragim E. Mamaev^{1,2}, Sergey V. Kotov^{1,3,4}

¹ Pirogov Russian National Research Medical University [Moscow, Russia].

² Buyanov City Clinical Hospital [Moscow, Russia].

³ Pirogov City Clinical Hospital No. 1 [Moscow, Russia].

⁴ "Kommunarka" Moscow Multidisciplinary Clinical Centre [Moscow, Russia]

Abstract

The present review provides an in-depth analysis of palliative drainage modalities for the upper urinary tract (UUT) in patients diagnosed with cancer-associated obstructive uropathy. Although nephrostomy-based drainage is widely acknowledged as a valid approach, prolonged utilization of external urinary drainage systems is associated with specific complications and exerts a considerable impact on patients' quality of life. Consequently, the quest for an optimal variant of prolonged internal urinary tract drainage in this patient population remains an ongoing endeavor. The primary parameters constraining the efficacy of conventional ureteral stenting include stent patency compromise

due to tumor compression and stent lumen occlusion resulting from encrustation. Furthermore, the prevalence of stent-related symptomatology in most patients represents a significant clinical concern. This review synthesizes the findings of studies that both elucidate the factors limiting the utility of ureteral stenting in this patient cohort and propose strategies to overcome these limitations through targeted interventions addressing the physical, chemical, and biological determinants of internal ureteral drainage failure.

Keywords: hydronephrosis; oncologic obstruction; ureteral stent; stenting; double stenting; petrification; review

Financing. The study was not sponsored. **Conflict of interest.** The authors declare no conflicts of interest.

Authors' contribution: K.I. Glinin — literature review, data analysis, drafting the manuscript; I.E. Mamaev — data analysis, scientific editing, critical review; S.V. Kotov — data analysis, supervision.

✉ **Corresponding author:** Kirill I. Glinin. e-mail: glinin.doc@gmail.com

Received: 28.12.2023. **Accepted:** 11.03.2025. **Published:** 26.04.2025.

For citation: Glinin K.I., Mamaev I.E., Kotov S.V. Palliative drainage methods for malignant ureteral obstruction: comparative analysis. *Urology Herald*. (In Russ.). 2025;13(2):79-91. DOI: 10.21886/2308-6424-2025-13-2-79-91.

Введение

Опухолевые поражения органов малого таза составляют более 25% от общего числа онкологических заболеваний, занимая одну из лидирующих позиций [1]. Злокачественные опухоли желудочно-кишечного тракта в структуре онкологической заболеваемости в нашей стране составляют 30,5% у мужчин и 26,1% у женщин [2]. Опухоли органов малого таза и брюшной полости часто сопряжены с нарушением уродинамики верхних мочевых путей (ВМП) [3]. Частота развития стриктур мочеточников у пациентов со злокачественными образованиями органов малого таза составляет 5,3% [4].

Кроме роста первичного очага, компрессию мочеточников также обуславливают метастатический процесс и лимфаденопатия. Среди заболеваний, в результате прогрессирования которых наиболее часто развиваются ретенционные изменения ВМП, выделяют рак шейки матки (29,5%), рак мочевого пузыря (23%), рак органов желудочно-кишечного тракта (13,3%), рак яичников (7,6%). Рак молочной железы является наиболее частой опухолью за пределами малого таза, вызывающей двустороннюю обструкцию ВМП (4,8%) [5]. Таким образом, нарушение уродинамики чаще развивается на фоне опухолевых заболеваний органов, не входящих в состав мочевыводящей системы.

Повышение агрессивности противоопухолевого лечения, увеличение объема оперативных вмешательств с применением расширенной лимфаденэктомии является одной из основных причин ятрогенных повреждений мочеточников у онкологических пациентов. Лучевое воздействие по

поводу злокачественных новообразований, несмотря на усовершенствование технической составляющей и фракционирование доз, нередко приводит к ретроперитонеальному фиброзу и тяжёлым повреждениям органов мочевыводящей системы [6]. У пациенток, получавших лучевую терапию по поводу рака шейки матки, исследователи отмечают развитие ретенционных изменений ВМП вследствие развития стеноза дистального отдела мочеточника (односторонние — около 50%, двусторонние — около 13%), некроза дистального отдела мочеточника (3%), двустороннего мочеточникового рефлюкса (10%) [7]. Пациенты могут нуждаться в дренировании ВМП в связи с постренальной анурией, обструктивным пиелонефритом и метаболическими нарушениями. В некоторых случаях выполняют органоуносящие операции [8]. Исследователи подчёркивают низкие показатели общей выживаемости среди пациентов с опухолевой обструкцией мочевых путей: средняя выживаемость составляет 6 – 8 месяцев, однолетняя — около 50%. Очевидно, что нарушение почечной функции затрудняет лечение основного заболевания [9].

В ряде случаев выполнение радикального оперативного пособия при заболевании, приводящих к обструкции мочевых путей, бывает невозможным, что требует паллиативной декомпрессии мочевых путей [10, 11]. Нормализация почечной функции, как условие для проведения химиотерапии, способствует улучшению как онкоспецифической так и общей выживаемости пациентов.

Цель исследования. Проанализировать накопленный научный материал и выявить

нерешённые проблемы в отношении методов долгосрочного паллиативного дренирования ВМП у онкологических пациентов.

Алгоритм литературного поиска

Мы провели поиск в базах данных eLIBRARY и PubMed за период с 1987 по 2023 годы. Отобрана 61 научная работа. Стратегия поиска в отечественной базе данных включала использование ключевых слов: «опухолевая обструкция верхних мочевых путей», «мочеточниковый стент», «тандемное стентирование мочеточников», «металлические стенты», «паллиативное дренирование верхних мочевых путей», «обструкция мочеточникового стента», «инкрустация мочеточникового стента», «чрескожная пункционная нефростомия». Поиск в базе данных PubMed выполнен по следующим терминам на английском языке: «malignant ureteral obstruction», «polymeric ureteral stents», «tandem ureteral stents», «metallic ureteral stents», «palliative urinary stenting», «stent occlusion», «stent failure», «ureteral stent incrustation», «percutaneous nephrostomy». Включены в исследование полнотекстовые оригинальные статьи и обзоры, диссертационные работы, монографии. Исключены повторяющиеся исследования и рецензии на другие работы.

Выбор метода и тактика дренирования

Для большинства пациентов методами деривации ВМП на сегодняшний день по-прежнему остаются чрескожная пункционная нефростомия (ЧПНС) и установка внутреннего мочеточникового стента (ВМС). Нефростомия быстро выполняется под местной анестезией, что особенно актуально в ургентных ситуациях. Вместе с тем внешний дренаж представляется обременительным для пациентов, ограничивает физическую активность и подразумевает постоянный уход за областью их мочевого свища. С учётом недостатков ЧПНС для многих больных предпочтительным является внутреннее отведение мочи [3].

Стентирование мочеточника может быть затруднено в случае грубой и / или протяжённой внешней компрессии, а также при опухоли мочевого пузыря. Чрескожная нефростомия в данных обстоятельствах может обеспечить дренирование ВМП в период до достижения регресса заболевания, когда станет осуществимой установка

стента. Также чрескожная нефростомия может быть предпочтительной у пациентов с терминальной стадией онкологического заболевания и резистентностью к химиотерапии.

Е. Alma et al. (2020) провели анализ долгосрочных результатов 229 случаев чрескожного пункционного дренирования ВМП у 147 пациентов с терминальной стадией онкологических заболеваний, требовавших паллиативной терапии и имевших обструкцию мочеточников. Использовался дренаж типа «pig-tail» 8 Ch. Большинство исследуемых пациентов страдали раком мочевого пузыря (n = 57) и предстательной железы (n = 42). Программная замена дренажа выполнялась каждые 3 месяца. Проведена оценка эффективности дренирования и его осложнений по ряду параметров. По мнению авторов, такие обременительные для пациентов осложнения, как миграция и обструкция дренажа, требующие повторной госпитализации, создают дополнительную нагрузку на медицинский персонал, увеличивают стоимость лечения и приводят к отсрочке химиотерапии [12].

В исследовании J.L. McDevitt et al. (2017) сообщается о высокой частоте (67%) экстренной замены нефростомических дренажей в результате развития острой инфекции и осложнений механического характера. И только 33% случаев приходится на долю плановых вмешательств [13].

Внутреннее дренирование: преимущества и недостатки

ВМС используются в рутинной урологической практике преимущественно у пациентов с мочекаменной болезнью [14]. Без применения стентов не обходится большинство реконструктивных вмешательств на почках, мочеточниках и мочевом пузыре [15]. Внутреннее дренирование, обладая рядом преимуществ перед наружным, является методом выбора при разрешении обструкции мочевых путей, широко применяется в педиатрической практике, у беременных, и у онкологических пациентов [16]. Ликвидация обструкции возможна благодаря свободному оттоку мочи внутри и вне просвета стента, что создает условия для купирования болевого синдрома и воспалительного процесса. Функциональность стента обеспечивается определённым набором характеристик:

низкий коэффициент трения, механическая прочность, биосовместимость, устойчивость поверхности к образованию биопленки, высокая рентген-контрастность. К настоящему времени материалы и покрытия стентов значительно эволюционировали, однако не прекращаются исследования, направленные на поиск решений, которые позволят сохранить длительную функцию дренажей и улучшить их переносимость пациентами [17]. Несмотря на очевидные преимущества мочеточниковых стентов, их применение влечёт за собой ряд известных осложнений. Технические сложности при установке и удалении стента могут приводить к повреждениям нижних мочевых путей, перфорации мочеточника и лоханки, миграции дренажа. Симптомы, ассоциированные с наличием стента, такие как дизурия, болевой синдром в поясничной области, рецидивирующая инфекция, инкрустация дренажа, гематурия, наблюдаются у 80% пациентов и требуют особого внимания в каждой отдельной клинической ситуации [18]. При опухолевой компрессии мочеточников к факторам, определяющим успех внутреннего дренирования, некоторые авторы относят степень гидронефроза. Сокращению сроков адекватного функционирования стента способствует обтурация его просвета тканевым детритом и слизью, а также высокая степень компрессии извне [9].

N. Matsuura et al. (2019) в исследовании, проведённом с участием 91 пациента (суммарно 132 дренирования), выявили предикторы риска неэффективного функционирования внутреннего мочеточникового полиуретанового стента 6 Fr при опухолевой обструкции. Наличие у пациента грубой опухолевой инвазии в мочевой пузырь, выраженного гидронефроза, карциноматоза брюшины и рака желудка как основного заболевания чаще приводят к неадекватной функции стента. Однако многофакторный анализ выявил два главных критерия, приводящих к дисфункции дренажа: инвазию в мочевой пузырь и тяжёлую степень гидронефроза. Исходя из этого авторами определена трёхуровневая шкала стратификации риска для прогноза нарушения функции стента: низкий риск (отсутствие обоих критериев), средний риск (присутствует один из критериев), высокий риск (присутствуют оба критерия). Три груп-

пы в исследовании соответственно охватывали 85, 37 и 10 мочеточников. В том же распределении, в зависимости от группы риска, отмечено нарушение функции стента в 5,9% (5 мочеточников), 35,1% (13 мочеточников) и в 70% (7 мочеточников) случаев, что потребовало замены стента в 3, 6 и 0 случаев и необходимости ЧПНС в 2, 5 и 7 случаях соответственно. Суммарная доля неуспешного стентирования составила 19,2% [19].

Применение металлических стентов

Опухолевая ткань, сдавливающая мочеточник извне, характеризуется высокой ригидностью. Способность стандартных полимерных стентов противостоять внешнему давлению невысока. Данное обстоятельство заставляет искать оптимальные конструктивные решения в производстве мочеточниковых стентов. Одной из таких альтернатив служат металлические стенты. Металлические стенты являются средством выбора для неготовых на нефростомию пациентов, у которых оказались неэффективны полимерные стенты.

Доступные в настоящее время металлические мочеточниковые стенты реализованы в трёх конструктивных разновидностях. Одним из типов являются армированные полиуретановые стенты, обладающие внешним сходством с традиционными. Другой вид представляет собой цельную металлическую спираль. Третий тип имеет в своей основе металлическую сетку. Последние способны расширяться под воздействием температуры, имеют различную длину, что позволяет устанавливать их селективно в зону стеноза.

P.-M. Chow et al. (2015) сравнили функциональность полимерных стентов с металлическими (Resonance) у 42 пациентов. Срок службы металлических стентов превзошел полимерные на 4 месяца. Степень гидронефроза и опухолевое поражение мочевого пузыря не оказали существенного влияния на функцию стента. Стент-ассоциированная симптоматика не имела достоверных отличий по степени выраженности у пациентов обеих групп. Достоверную взаимосвязь с продолжительностью нормальной функции стента имел уровень креатинина в сыворотке крови до дренирования. По мнению авторов, выраженное нарушение функции почек может быть обусловлено

тяжёлой стадией и быстрой прогрессией основного заболевания. Вместе с тем пациенты с гиперазотемией чаще имеют коморбидный фон, подвержены инфицированию мочевых путей. Учитывая данный критерий, авторы рекомендуют к установке металлический стент пациентам с сохранной функцией почек [20].

В исследовании A.P. Modi et al. (2010) изложен многоцентровой опыт применения металлических стентов (Resonance 6F) 40 пациентам с обструкцией ВМП на фоне злокачественных (81%) и иных хронических заболеваний (19%). Решение по установке металлического стента принималось в случае отсутствия функции полиуретанового стента, установленного ранее, а также при необходимости длительной деривации мочи у пациентов, которые не готовы к более частой замене дренажа. Все отобранные пациенты уже имели либо полиуретановый стент, либо нефростому. Металлический стент, установленный у пациентов с нефункционирующим полиуретановым стентом, был повреждён обструкцией в 37% случаев в среднем через 2,2 месяца. Показатели азотемии не изменились в 37% наблюдений, улучшились в 28% и ухудшились в 35% наблюдений. В 41% случаев в связи с развитием выраженной стент-ассоциированной симптоматики, развития инфекции, обструкции и миграции потребовалась ранняя смена стента (в среднем через 4,75 месяца), что оказалось значительно короче рекомендуемого периода в 1 год. Также авторы отмечают, что высокая рентген-контрастность металлического стента скрывает его внутреннюю и внешнюю инкрустацию, поэтому может быть рекомендована контрольная цистоскопия через 3 месяца для визуальной оценки дистального конца стента с решением вопроса о необходимости его ранней замены. Авторы констатируют, что металлические стенты имеют недостатки, аналогичные полиуретановым стентам [21].

Z.G. Goldsmith et al. (2012) оценили результаты дренирования ВМП стентом Resonance. В рамках исследования установлены 37 стентов 25 пациентам. В исследуемой группе преобладали больные, страдающие раком мочевого пузыря (56%). Более половины пациентов перенесли лучевую терапию на область живота или малого таза. У 49% пациентов металлические стен-

ты установлены взамен нефункционирующих полиуретановых. В 11% случаев имела место эндоскопическая картина инвазии в мочевой пузырь на фоне рака простаты. Из 37 установленных дренажей 12 (35%) утратили свою функцию, что выражалось в прогрессировании гидронефроза и нарастании азотемии. 3 стента мигрировали дистально. При стенозе проксимальной части мочеточника стенты не обеспечили ожидаемой декомпрессии чашечно-лоханочной системы (ЧЛС). Средний срок корректной функции дренажей составил 14 недель. ЧПНС потребовалась в 2 случаях из 12. Среди осложнений обращает на себя внимание формирование подкапсульной гематомы у 3 человек, не имевших коагулопатии. Данный аспект интерпретируется как результат технических особенностей манипуляции, наличие открытого конца стента и избыточной длины проводника. По итогам наблюдения авторы пришли к выводу, что рак простаты с инвазией в мочевой пузырь является предиктором неудачного стентирования ($p = 0,015$), и предпочтительным методом в данной ситуации становится чрескожное дренирование. Результаты исследования продемонстрировали, что общая частота эффективной декомпрессии ЧЛС, обеспечиваемой металлическим стентом, сопоставима с таковой при использовании традиционного полиуретанового дренажа, а вопрос экономической целесообразности по-прежнему не определён [22].

Никель-титановый терморасширяющийся стент Memokath 051 является разновидностью металлического стента. Имеет длину в диапазоне от 3 до 20 см, диаметр от 10,5 до 22 Fr, что позволяет устанавливать его непосредственно в зону сужения мочеточника и избавить пациента от осложнений, характерных для стентов. G.I. Papadopoulos et al. (2010) оценили опыт применения стента Memokath 051 в 19 клинических наблюдениях. Все пациенты имели предшествующее неуспешное дренирование стентами на фоне стойких стриктур мочеточников вследствие лучевой терапии и прогрессии злокачественных заболеваний. У большинства пациентов имевшиеся нефростомические дренажи в раннем послеоперационном периоде не удалялись для оценки пассажа мочи в результате стентирования. При этом авторы не считают необходимым выполнять УЗ-контроль,

объясняя это тем, что сохранение гидро-нефроза не всегда означает нарушение проходимости стента. Обращает на себя внимание высокая вероятность миграции стента (46% пациентов) при отсутствии гематурии, лихорадки, дизурии и болевого синдрома. Инкрустация стента произошла через 7 месяцев в одном случае [23].

Мочеточниковый стент утрачивает функцию, когда поток мочи как внутри, так и помимо его просвета полностью блокируется. В физиологических условиях пассаж мочи по мочеточнику происходит болюсно. Присутствие стента нарушает нормальную перистальтическую активность мочеточника, стимулирует продукцию слизи и слушивание уротелия [24]. Тканевой детрит накапливается в просвете стента и влечёт за собой его инкрустацию. В результате отток мочи осуществляется помимо просвета стента. Однако при компрессии извне пространство между внутренней стенкой мочеточника и внешней стороной стента может полностью исчезнуть [25]. Одиночные стенты при злокачественной компрессии мочеточника не удаётся установить в 10 – 30% случаев. Но даже при успешной установке срок их нормальной функции ограничен. Металлические стенты, более устойчивые к сдавлению, также оказываются не способными поддерживать достаточную проходимость ВМП в 20 – 100%. И несмотря на регламентируемый срок службы в 12 месяцев, в клинической практике по разным причинам возникает необходимость их более частой замены [26].

Тандемное дренирование

Тандемное стентирование или ипсилатеральное двойное стентирование мочеточников при обструкции ВМП на фоне злокачественных новообразований впервые описано J.S. Liu et al. (1998) более 20 лет назад [27]. Гипотеза о преимуществе двух параллельно размещённых стентах в просвете одного мочеточника в сравнении с одиночным стентом объясняется следующими аспектами. Во-первых, параллельные стенты имеют повышенную прочность и лучше сопротивляются сжатию извне. Во-вторых, обеспечивается дополнительный путь оттока мочи через пространство, образованное двумя дренажами. Данное предположение нашло подтверждение в экспериментальном исследовании,

показавшем, что тандемные стенты, установленные *ex vivo*, сохраняют свои характеристики с пятикратным превосходством в сравнении с одиночным стентом [28].

S.E. Elsamra et al. (2013) оценили эффективность тандемного стентирования у 66 пациентов с нарушением уродинамики ВМП ввиду прогрессирования онкологической патологии ($n = 34$) и иных заболеваний ($n = 32$). В первой группе ранее перенесло химио- или лучевую терапию 59% пациентов. Преобладал стеноз дистального отдела мочеточника (77%). В 72% случаев дренирования проводилась баллонная дилатация мочеточников. В 4% случаев разместить тандемные стенты не удалось. Рутинная замена дренажей осуществлялась каждые 3 – 4 месяца, однако в 13 случаях пребывание пациентов со стентами составило 6 месяцев и более. Инкрустации стентов в данной серии наблюдений не отмечено. У 10 из 34 пациентов (29%) развилась выраженная дизурия, потребовавшая комбинированной медикаментозной терапии. При сравнении двух групп у пациентов со злокачественной обструкцией чаще возникала необходимость баллонной дилатации мочеточников (72% против 33%, $p = 0,004$), выше частота дизурии (29% против 6%, $p = 0,023$) и необходимость многократной замены стентов (44,1% против 4%, $p = 0,07$) [29].

В рамках проспективного исследования под руководством K.L. Liu et al. (2019) проведён сравнительный анализ результатов дренирования одиночным ($n = 56$) и тандемными стентами ($n = 48$) у пациентов со злокачественной обструкцией ВМП. Пациенты, включённые в исследование, страдали раком толстой кишки ($n = 33$), мочевого пузыря ($n = 12$), желудка ($n = 10$), простаты ($n = 10$), шейки матки ($n = 9$), яичников ($n = 7$) и других органов ($n = 23$). Вмешательство выполнялось под местной анестезией антеградно в связи с невозможностью ретроградного доступа ввиду отсутствия визуализации устья мочеточника ($n = 52$) при имевшемся нефростомическом свище ($n = 47$), высоким риском наркоза ($n = 2$), предпочтением пациентов ($n = 3$). Авторы выполняли баллонную дилатацию области стеноза до 8 мм с установкой тандемных стентов 7 Fr. Нефростомический дренаж удался в течение 3 дней. Установка одиночного стента выполнялась по аналогичной методике. У одного пациента ипсилатераль-

ное двойное стентирование не увенчалось успехом ввиду выраженного стеноза мочеочника. Среднее время нормальной функции дренажа составило $176,7 \pm 21,3$ дней в группе пациентов, перенёсших установку одиночного стента и $214,7 \pm 21,0$ дней у пациентов в группе тандемного стентирования. Частота развития симптомов нижних мочевых путей, гематурии и инфекционных осложнений, в обеих группах значимо не отличалась [30].

Сравнительный анализ наружного и внутреннего дренирования

Согласно данным литературы, касающейся прямого сравнения наружного и внутреннего дренирования, существуют противоречивые сведения об эффективности и безопасности того или иного метода.

В ретроспективном исследовании J.H. Ku et al. (2013) с включением 148 пациентов авторы не нашли статистически значимых различий в частоте возникновения острого пиелонефрита у пациентов с ВМС 5,9% (4 из 68) и нефростомой 3,8% (3 из 80). Непроходимость дренажа возникла в 11% (8 из 68) и в 1,3% (1 из 80) в группах пациентов с мочеточниковым стентом и нефростомой соответственно ($p = 0,012$). В пяти случаях произошла дислокация нефростомического дренажа, потребовавшая его замены. Плановая замена дренажей осуществлялась каждые 3 месяца [31].

S. Tan et al. (2019) проведён анализ паллиативного дренирования путём ЧПНС и ВМС у 89 пациентов, страдающих раком шейки матки. В качестве предпочтительного метода лечения всем пациентам предпринималась установка ВМС. В 22,5% выполнить стентирование не представилось возможным в связи с непереносимостью процедуры пациентами, невозможностью идентифицировать устье мочеточника при цистоскопии, и непреодолимым стенозом просвета мочеточника. Данной группе пациентов проведена ЧПНС. Впоследствии из 69 пациентов, которым первоначально была успешно выполнена установка стента, в 9 случаях пришлось прибегнуть к наружному дренированию ввиду сохранения гидронефроза. Авторы указывают на значительную корреляцию потери функции стента с гидронефрозом тяжёлой степени ($p < 0,05$), а также с протяженностью зоны стеноза более 3 см ($p < 0,01$). Предопера-

ционный уровень креатинина, лучевая терапия, хирургическое лечение органов малого таза в анамнезе, стадия заболевания и возраст не имели достоверного влияния. Частота осложнений среди обеих групп пациентов не отличалась [32].

По данным A.M. Ganatra et al. (2005), стентирование мочеточников и ЧПНС имеют схожую частоту осложнений. Согласно представленным авторами сведениям, всем включённым в исследование 157 пациентам с опухолевой обструкцией мочеточников (в большинстве случаев на фоне рака яичников, лимфомы и рака шейки матки) первоначально предпринималась попытка установки ВМС. В 24 случаях (15,3%), когда выполнение стентирования не представилось возможным, была выполнена ЧПНС. В среднем через 180 дней 32 пациентам, перенёсшим стентирование, потребовалась ЧПНС в связи с прогрессирующей компрессией мочеточника. Таким образом, 35,7% пациентов (56 из 157) выполнена ЧПНС. Авторы указывают, что наиболее часто необходимость в чрескожном дренировании возникает у пациентов, страдающих раком прямой кишки (7 из 12, 58,3%), саркомой (5 из 9, 55,6%), раком толстой кишки (6 из 13, 46,2%) и раком шейки матки (6 из 16, 37,5%). Пациенты с грубой опухолевой инвазией в мочевой пузырь, по данным эндоскопической картины, имеют почти трёхкратный риск утраты нормальной функции мочеточникового стента. Степень гидронефроза и уровень обструкции не оказали значимого влияния на проходимость стента. Выраженная стент-ассоциированная симптоматика отмечена у 13,8% пациентов [6].

Проблема инкрустации мочеточникового стента

Мочеточниковые стенты используются для длительного дренирования мочевых путей, ввиду чего оказываются подвержены инкрустации. Данная проблема широко распространена и может проявляться у 50% пациентов с постоянными мочевыми дренажами [33].

Помимо временного фактора в процессе инкрустации играют роль инфекционный процесс, материал дренажа, свойства мочи, а также наличие злокачественных новообразований [34]. Среди химических соединений, участвующих в инкрустации, наиболее часто выделяют струвит, фосфат

кальция, цистин, мочевую кислоту, оксалат кальция [35]. Участки инкрустации зачастую представляют собой твёрдые кристаллические отложения с абразивной поверхностью, что вызывает механическое повреждение уротелия и проявляется клинически в виде дизурии, задержки мочеиспускания и макрогематурии [36]. Чтобы удалить обильно покрытый кристаллическим налётом стент требуются инвазивные вмешательства. В некоторых случаях достаточно выполнения ударно-волновой литотрипсии или уретероскопии с литотрипсией. Пациентам с массивной инкрустацией или большим количеством камней может потребоваться чрескожная литотрипсия или открытое оперативное вмешательство [37].

Микроорганизмы, расщепляющие мочевину, являются основным фактором инкрустации. Бактериально-зависимый процесс кристаллизации в значительной степени связан с резкощелочной реакцией мочи [38]. Микробная контаминация ВМС происходит ретроградным путём по просвету мочеприёмника и уретрального катетера, а также вне просвета дренажей в случае колонизации дистального отдела уретры [39]. Как только бактерии попадают в организм «хозяина», ферментативная активность и формирование биоплёнки далее обуславливают процесс инкрустации. Биоплёнка образуется при сочетании трёх условий: 1) при способности микроорганизмов к адгезии как между собой, так и с поверхностью дренажа, 2) при наличии микроорганизмов с изменённой экспрессией генов, определяющих переход от планктонного фенотипа (свободноплавающего состояния) к биоплёнке, 3) биоплёнка должна иметь внеклеточный матрикс, состоящий из бактерий и метаболитов макроорганизма [40]. При этом сами бактерии составляют только до 35% массы биоплёнки, остальная часть — межбактериальный матрикс. Такая форма организации предоставляет бактериям ряд преимуществ в условиях воздействия неблагоприятных факторов внешней среды и организма-хозяина. По сравнению со свободно плавающими бактериями микрофлора биоплёнки более резистентна к влиянию неблагоприятных для её жизнедеятельности физических, химических и биологических факторов, таких как ультрафиолетовое излучение, дегидратация, антибиотики, вирусы и факторы иммун-

ной защиты [41]. Фактором устойчивости биоплёнок является слизисто-полимерный слой, вырабатываемый после адгезии и состоящий из липополисахаридов, протеогликанов, гликопротеидов, эндополисахаридов, аналогичных веществу клеточной стенки, гликокаликса и капсул бактерий. Примером защитной функции полимерной плёнки является выживание *Salmonella* при хлорировании, что доказывает устойчивость биоплёнки к данному способу дезинфекции [42]. В частности, биоплёнки оказались способными выдерживать концентрации антибиотиков в 100 – 1000 раз больше терапевтических дозировок, подавляющих одиночные бактериальные клетки. Возрастающая антибиотикорезистентность и формирование бактериальных биоплёнок являются основными проблемами в лечении инфекций мочевых путей [43].

Как правило, для кристаллизации мочи критический уровень pH составляет 6,8. При pH ниже 6,8 склонность к инкрустации снижается [44].

Продукция фермента уреазы уропатогеном, формирующим биоплёнку, является предиктором инкрустации дренажа. Уреаза — это фермент, который преобразует мочевину в аммиак и диоксид углерода, что приводит к значительному увеличению pH мочи и выпадению в осадок фосфорнокислой соли магния и аммония [45].

Микрофлора, обнаруживаемая в участках инкрустации стентов, часто представляет собой грамотрицательные бактерии *Proteus mirabilis*. Преобладание *P. mirabilis* в процессе инкрустации можно объяснить высокой способностью данной бактерии к колонизации. Примечательно, что при установленных дренажах в случае инфицирования мочевых путей равным количеством *P. mirabilis* и других видов уропатогенных бактерий, *P. mirabilis* способен конкурировать с другими микроорганизмами [46]. Данный аспект можно объяснить несколькими ключевыми факторами вирулентности *P. mirabilis*, такими как лекарственная резистентность, высокая подвижность, выработка гемолизина, способность к инвазии в клетки уротелия, расщеплению IgA и IgG, экспрессии липополисахаридов и полисахаридов [47]. Кроме того, инкрустация дренажей на фоне инфицирования *P. mirabilis* оказывается более выраженной,

чем в присутствии других видов бактерий. Данное обстоятельство, вероятно, обусловлено тем, что *P. mirabilis* обладает уникальной изоформой уреазы, расщепляющей мочевины со скоростью в 25 раз быстрее, чем уреазы, продуцируемые другими уропатогенами [48].

В отсутствие бактериальной инфекции основным типом отложений, покрывающих стенки катетеров и стентов, являются кристаллы моногидрата оксалата кальция. На формирование кристаллов оксалата кальция влияет концентрация ионов, таких как магний и цитрат, которые способны образовывать комплексные соединения с кальцием или оксалатом [49]. Помимо комплексообразующих ионов большую значимость имеет мочева кислота. Некоторые исследователи считают, что мочева кислота оказывает прямое влияние на кристаллизацию оксалата кальция, выступая в роли ядра камнеобразования и агента, способствующего выпадению оксалата кальция в осадок. Кроме того, мочева кислота оказывает косвенное влияние на инкрустацию, действуя как антиингибитор, снижая уровень свободных гликозаминогликанов в моче, которые обычно препятствуют кристаллизации оксалата кальция. Считается, что осаждение оксалата кальция не сильно зависит от pH мочи. Также мочева кислота способна к кристаллизации и выступает самостоятельным субстратом инкрустации катетеров и стентов [50].

Аминокислота цистин обладает довольно низкой растворимостью, и в высоких концентрациях образует отложения на поверхностях постоянных мочевых дренажей в условиях низкого pH. Превышение физиологического уровня цистина в моче наблюдается у лиц, которые имеют генетические дефекты, касающиеся механизмов канальцевой реабсорбции [51].

Дренажные покрытия и профилактика инкрустации

Понимание механизмов формирования биоплёнок и инкрустации мочеточниковых катетеров и стентов обуславливает разработку методов профилактики, что реализуется в виде лекарственного воздействия на свойства мочи и в поиске материалов и покрытий дренажей.

Поскольку процесс инкрустации мочевых дренажей во многих случаях ассо-

циирован с патогенной микрофлорой, не прекращаются исследования, сфокусированные на разработке биоматериалов, способных противостоять колонизации бактериальными плёнками. В полимерные покрытия катетеров и стентов либо интегрируются специальные химические вещества, либо поверхностям дренажей придают такие свойства, благодаря которым снижается адсорбция бактериальных клеток [51]. Покрытия такого рода могут содержать антибиотики, гидрогели, гепарин, гиалуроновую кислоту, серебро, антимикробные пептиды и биомиметики. Все варианты имеют определенные преимущества и не лишены недостатков.

Среди традиционных антибактериальных препаратов, наносимых на поверхность стентов и катетеров, выделяют ципрофлоксацин, норфлоксацин, гентамицин и нитрофуразон. Применение покрытий с антибиотиками оказалось эффективным в предотвращении образования бактериальной плёнки, однако имеет краткосрочный эффект в связи с неконтролируемым высвобождением лекарственных средств. Концентрация препарата в моче изначально достаточно высока, чтобы вызвать уничтожение бактерий, но стремительно снижается со временем [52].

Исследование, проведённое D.G. Desai et al. (1995), продемонстрировало, что силиконовые катетеры, покрытые гидрогелем, подвержены адсорбции бактерий *Enterococcus faecalis* на 90% меньше по сравнению с катетерами без такого покрытия [52]. Гидрогель предотвращает бактериальную колонизацию, действуя как гидрофильный полимер, который поглощает большие объёмы жидкости. В результате этого на поверхности дренажа создаётся слой воды, предотвращающий отложение белков и тромбоцитов, которые служат рецепторами для бактериальной адгезии и почвой для кристаллизации [53].

Ещё один перспективный компонент в покрытии постоянных дренажей — это гиалуроновая кислота, ингибирующая агрегацию и рост кристаллов оксалата кальция. Однако исследования, подтверждающие эффективность данного гликозаминогликана, проводились *in vitro*, и их значение ещё предстоит оценить в клинической практике [54].

Подобно гиалуроновой кислоте, гепа-

рин — ещё один гликозаминогликан, применение которого способно противостоять инкрустации. Молекула гепарина имеет сильный отрицательный заряд, который, как полагают, отталкивает бактериальные клетки. В эксперименте *in vitro* на покрытых гепарином стентах отсутствовали признаки инкрустации в течение 7 дней непрерывного воздействия мочи [55]. В другом исследовании *in vitro* стенты с гепариновым покрытием, помещённые в мочу, содержащую уреазу, подверглись инкрустации фосфатом кальция [56]. Противоречащие друг другу результаты исследований отображают отсутствие универсальности свойств одного и того же материала в разных средах.

Серебро является эффективным противомикробным агентом широкого спектра при низких концентрациях. Интересным представляется факт, что вне организма серебро инертно и не обладает антимикробной активностью. Поверхность дренажа, импрегнированного серебром, взаимодействуя с биологическими жидкостями, приобретает антимикробные свойства вследствие ионизации. Катионы серебра способны изменять структуру бактериальной стенки и подавлять репликацию ДНК, что обусловлено их способностью замещать ионы Ca^{2+} и Zn^{2+} . Однако клиническая эффективность катетеров, покрытых серебром, сомнительна. Рандомизированное исследование, включавшее 1300 пациентов, не продемонстрировало значимой разницы в инфицировании уретральных катетеров с покрытием и без такового [56, 57].

Разработка биомиметического покрытия основана на гипотезе о том, что ткани человеческого организма непрерывно контактируют с бактериями, однако по большей части остаются невосприимчивыми к бактериальной колонизации. Таким образом, мимикрия тканей макроорганизма на поверхности имплантов может сделать их менее восприимчивыми к бактериальной адгезии и инкрустации. Фосфорилхолин является полярной молекулой на поверхности эритроцита и, будучи размещённым на абиотической поверхности дренажа, имитирует липидную мембрану клетки-хозяина. Исследование, проведённое D.J. Stickler et al. (2010), продемонстрировало неоднозначные результаты по способности фосфорилхолина противостоять инкрустации стента. После 12 недель имплантации паци-

ентам некоторые стенты, покрытые фосфорилхолином, были полностью свободны от кристаллизации, в то время как другие оказались инкрустированы с полной obturацией центрального канала и боковых отверстий. Тем не менее, хоть фосфорилхолин и не может полностью устранить бактериальную колонизацию и/или инкрустацию, данные подтверждают его способность по крайней мере снижать их частоту [58].

Помимо разработки дренажных покрытий, препятствующих образованию биоплёнок и инкрустации, большое внимание уделяется поиску новых материалов для мочеточниковых стентов и катетеров. Полиэтилен, применявшийся ранее в производстве дренажей, обладает неудовлетворительными для клинического применения физическими свойствами, такими как жесткость и хрупкость, склонность к фрагментации. Силикон является альтернативным материалом, обладает высокой биоинертностью, устойчив к образованию биоплёнок. Однако дренажи на основе данного полимера мягкие и эластичные, отличаются термолабильностью, что ставит под сомнение их использование у пациентов со стенозом мочеточников. С другой стороны, ввиду высокого коэффициента поверхностного трения увеличивается риск миграции дренажа. Компромиссным решением стало применение полиуретана, который на сегодняшний день широко используется в изготовлении мочеточниковых стентов, является самым дешевым материалом в производстве, обладает необходимыми гибкостью и прочностью. Тем не менее, как и другие материалы, полиуретан не лишён недостатков, обладая низкой биосовместимостью. Полиуретановые дренажи могут вызывать значительный дискомфорт у пациента, приводят к повреждениям уротелия и незащищены от инкрустации [59].

Традиционный способ предотвратить микробную колонизацию и инкрустацию дренажа, установленного в мочевыводящую систему на длительный срок, — это консервативная терапия и просветительская работа с пациентом по принятию профилактических мер. Пациентам с постоянными дренажами целесообразно выполнять регулярный бактериологический скрининг мочи на наличие уропатогенов, вызывающих инкрустацию. В частности, если обнаруживаются такие виды бакте-

рий, как *P. mirabilis*, необходимо провести тестирование на чувствительность к антибиотикам с последующим назначением лечения [59]. Однако при этом следует соблюдать осторожность во избежание селекции устойчивых штаммов и принимать во внимание возможные побочные реакции. Помимо антибактериальной терапии, коррекция диеты может влиять на инкрустацию поверхности дренажей. Как известно, потребление жидкостей и продуктов с высоким содержанием цитратов является эффективным способом профилактики инкрустации. Цитраты — естественные ингибиторы кристаллизации мочи. Результаты исследований показывают, что цитраты связываются с поверхностью имеющихся кристаллов оксалата кальция и препятствуют прогрессированию кристаллизации [60].

Заключение

Обзор литературных источников, посвящённых поиску вариантов паллиативной деривации мочи при обструкции ВМП у пациентов с тяжёлой стадией онкологических заболеваний, позволил оценить преимущества внутреннего дренирования над наружным в ряде случаев. Также, исходя из ряда рассмотренных исследований, следует заключить, что несмотря на большой про-

гресс в разработке методов борьбы с инкрустацией уретральных катетеров и внутренних дренажей, данная проблема не теряет актуальности в урологической практике по сегодняшний день. При отсутствии контроля за дренажами и своевременных лечебных мероприятий могут развиваться серьёзные осложнения, представляющие угрозу здоровью пациента и трудноразрешимую клиническую задачу для врача.

Ключевые моменты:

1. Установку ВМС, принимая во внимание прогностические факторы, достоверно влияющие на его адекватную функцию, стоит рассматривать в определённых клинических ситуациях.

2. Результаты исследований демонстрируют превосходство tandemного стентирования мочеточников в сравнении с одиночным в сроке функционирования. При этом отмечается сопоставимая частота осложнений и уровень дискомфорта пациентов. Однако разрозненность групп пациентов в исследованиях, применение различных систем оценки результатов лечения делают актуальным дальнейшее изучение данной методики.

3. Поиск биоинертных покрытий и универсальных материалов для производства стентов и катетеров остаётся перспективным направлением дальнейших исследований.

Список литературы | References

1. Чиссов В.И., Дарьялова С.Л. Онкология. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2007. Chissov VI, Darjalova SL. Onkologija. Moscow: GJEOTAR-Media; 2007. (In Russian). ISBN 978-5-9704-0454-6
2. Орлова Р.В. Лекарственное лечение опухолей желудочно-кишечного тракта. Практическая онкология. 2005;6(1):33-42. Orlova RV. Lekarstvennoe lechenie opuholej zheludочно-kishechnogo trakta. Prakticheskaja onkologija. 2005;6(1):33-42. (In Russian). eLIBRARY ID: 19394699; EDN: QIKTVP
3. Комяков Б.К., Гулиев Б.Г. Внутреннее дренирование верхних мочевыводящих путей при опухолевых обструкциях мочеточников. Онкоурология. 2010;6(2):78-83. Komyakov B.K., Guliyev B.G. Internal drainage of the upper urinary tract in ureteral tumor obstructions: a review of literature. Cancer Urology. 2010;6(2):78-83. (In Russian). DOI: 10.17650/1726-9776-2010-6-2-78-83
4. Смирнова С.В. Выбор метода лечения стриктур мочеточника у больных злокачественными опухолями органов малого таза: Автореферат дис. ... канд. мед. наук. Москва; 2009. Ссылка активна на 03.02.2025. Smirnova SV. Vybora metoda lechenija striktur mochetochnika u bol'nyh zlokachestvennymi opuholjami organov malogo taza [dissertation]. Moscow; 2009. (In Russian). Accessed February 03, 2025. URL: [http://www.dslib.net/onkologija/vybor-metoda-lechenija-striktur-](http://www.dslib.net/onkologija/vybor-metoda-lechenija-striktur-mochetochnika-u-bolnyh-zlokachestvennymi-opuholjami.html)
5. Zadra JA, Jewett MA, Keresteci AG, Rankin JT, St Louis E, Grey RR, Pereira JJ. Nonoperative urinary diversion for malignant ureteral obstruction. Cancer. 1987;60(6):1353-1357. DOI: 10.1002/1097-0142(19870915)60:6<1353::aid-cnrcr2820600632>3.0.co;2-5
6. Ganatra AM, Loughlin KR. The management of malignant ureteral obstruction treated with ureteral stents. J Urol. 2005;174(6):2125-2128. DOI: 10.1097/01.ju.0000181807.56114.b7
7. Rose PG, Ali S, Whitney CW, Lanciano R, Stehman FB. Impact of hydronephrosis on outcome of stage IIIB cervical cancer patients with disease limited to the pelvis, treated with radiation and concurrent chemotherapy: a Gynecologic Oncology Group study. Gynecol Oncol. 2010;117(2):270-275. DOI: 10.1016/j.ygyno.2010.01.045
8. Izumi K, Mizokami A, Maeda Y, Koh E, Namiki M. Current outcome of patients with ureteral stents for the management of malignant ureteral obstruction. J Urol. 2011;185(2):556-561. DOI: 10.1016/j.juro.2010.09.102
9. Yossepowitch O, Lifshitz DA, Dekel Y, Gross M, Keidar DM, Neuman M, Livne PM, Baniel J. Predicting the success of retrograde stenting for managing ureteral obstruction. J Urol. 2001;166(5):1746-1749. PMID: 11586215

10. Коган М.И., Шкодкин С.В., Любушкин А.В., Мирошниченко О.В. Направления и перспективы в разработке урологических стентов (обзор литературы). Экспериментальная и клиническая урология. 2014;4:64-71.
Kogan MI, Shkodkin SV, Ljubushkin AV, Miroshnichenko OV. Directions and perspectives of the urological stent development (literature review). Experimental and clinical urology. 2014;4:64-71. (In Russian). eLIBRARY ID: 23702176; EDN: TYRNXN
11. Kanou T, Fujiyama C, Nishimura K, Tokuda Y, Uozumi J, Masaki Z. Management of extrinsic malignant ureteral obstruction with urinary diversion. *Int J Urol*. 2007;14(8):689-692.
DOI: 10.1111/j.1442-2042.2007.01747.x
12. Alma E, Ercil H, Vuruskan E, Altunkol A, Unal U, Gurlen G, Goren V, Gurbuz ZG. Long-term follow-up results and complications in cancer patients with persistent nephrostomy due to malignant ureteral obstruction. *Support Care Cancer*. 2020;28(11):5581-5588.
DOI: 10.1007/s00520-020-05662-z
13. McDevitt JL, Acosta-Torres S, Zhang N, Hu T, Odu A, Wang J, Xi Y, Lamus D, Miller DS, Pillai AK. Long-Term Percutaneous Nephrostomy Management of Malignant Urinary Obstruction: Estimation of Optimal Exchange Frequency and Estimation of the Financial Impact of Patient Compliance. *J Vasc Interv Radiol*. 2017;28(7):1036-1042.e8.
DOI: 10.1016/j.jvir.2017.02.031
14. Иванов В.Ю., Малхасян В.А., Семенякин И.В., Гаджиев Н.К., Тедеев А.В., Пушкарь Д.Ю. Выбор оптимального метода дренирования верхних мочевых путей при остром обструктивном пиелонефрите. Экспериментальная и клиническая урология. 2017;(1):58-66.
Ivanov V.Yu., Malhasyan V.A., Semenyakin I.V., Gadzhiev N.K., Tedeev A.V., Pushkar' D.Yu. Choice of the optimal method of upper urinary tract drainage in patients with acute obstructive pyelonephritis. Experimental and clinical urology. 2017;(1):58-66. (In Russian). eLIBRARY ID: 29899561; EDN: ZENHPD
15. Урология. Под ред. Н.А. Лопаткина. Учебник для ВУЗов. 5-е изд., перераб. и доп. М.: ГЭОТАР-МЕД; 2004.
Lopatkina N.A., ed. Urologija. Uchebnik dlja VUZov. 5-e izd., pererab. i dop. Moscow: GjeOTAR-MED; 2004. (In Russian).
16. Новиков А.Б., Сергеев В.П., Ераков Д.В., Галлямов Э.А., Мартов А.Г. Стентирование верхних мочевых путей: снизу, сверху, сбоку.... *Research'n Practical Medicine Journal*. 2020;7(4):105-117.
Novikov A.B., Sergeev V.P., Ergakov D.V., Galliamov E.A., Martov A.G. Stenting of the upper urinary tract: from bottom, from top, from side... *Research and Practical Medicine Journal*. 2020;7(4):105-117. (In Russian).
DOI: 10.17709/2409-2231-2020-7-4-9
17. Цуканов А.Ю., Ахметов Д.С., Новиков А.А., Негров Д.А., Путинцева А.Р. Профилактика инкрустации и образования биопленок на поверхности мочеточникового стента. Часть 1. Экспериментальная и клиническая урология. 2020;(3):176-181.
Tsukanov A.Yu., Akhmetov D.S., Novikov A.A., Negrov D.A., Putintseva A.R. Prevention of encrustation and biofilm formation ureteral stent surface. Part 1. Experimental and Clinical Urology. 2020;(3):176-181. (In Russian).
DOI: 10.29188/2222-8543-2020-12-3-176-181
18. Золотухин О.В., Мадькин Ю.Ю., Федоров А.А. Эволюция метода дренирования верхних мочевых путей. Вестник экспериментальной и клинической хирургии. 2019;12(3):199-202.
Zolotuhin O.V., Madykin Y.Y., Fedorov A.A. Evolution of upper urinary tract drainage method. *Journal of Experimental and Clinical Surgery*. 2019;12(3):199-202. (In Russian).
DOI: 10.18499/2070-478X-2019-12-3-199-202
19. Matsuura H, Arase S, Hori Y. Ureteral stents for malignant extrinsic ureteral obstruction: outcomes and factors predicting stent failure. *Int J Clin Oncol*. 2019;24(3):306-312.
DOI: 10.1007/s10147-018-1348-6
20. Chow PM, Chiang IN, Chen CY, Huang KH, Hsu JS, Wang SM, Lee YJ, Yu HJ, Pu YS, Huang CY. Malignant Ureteral Obstruction: Functional Duration of Metallic versus Polymeric Ureteral Stents. *PLoS One*. 2015;10(8):e0135566.
DOI: 10.1371/journal.pone.0135566
21. Modi AP, Ritch CR, Arend D, Walsh RM, Ordóñez M, Landman J, Gupta M, Knudsen BE. Multicenter experience with metallic ureteral stents for malignant and chronic benign ureteral obstruction. *J Endourol*. 2010;24(7):1189-1193.
DOI: 10.1089/end.2010.0121
22. Goldsmith ZG, Wang AJ, Bañez LL, Lipkin ME, Ferrandino MN, Preminger GM, Inman BA. Outcomes of metallic stents for malignant ureteral obstruction. *J Urol*. 2012;188(3):851-855.
DOI: 10.1016/j.juro.2012.04.113
23. Papadopoulos GI, Middela S, Srirangam SJ, Szczesniak CA, Rao PN. Use of Memokath 051 metallic stent in the management of ureteral strictures: a single-center experience. *Urol Int*. 2010;84(3):286-291.
DOI: 10.1159/000288230
24. Cormio L, Talja M, Koivusalo A, Mäkisalo H, Wolff H, Ruutu M. Biocompatibility of various indwelling double-J stents. *J Urol*. 1995;153(2):494-496.
DOI: 10.1097/00005392-199502000-00069
25. Hübner WA, Plas EG, Stoller ML. The double-J ureteral stent: in vivo and in vitro flow studies. *J Urol*. 1992;148(2 Pt 1):278-280.
DOI: 10.1016/s0022-5347(17)36572-2
26. Elsamra SE, Leavitt DA, Motato HA, Friedlander JI, Siev M, Keheila M, Hoenig DM, Smith AD, Okeke Z. Stenting for malignant ureteral obstruction: Tandem, metal or metal-mesh stents. *Int J Urol*. 2015;22(7):629-636.
DOI: 10.1111/iju.12795
27. Liu JS, Hrebinko RL. The use of 2 ipsilateral ureteral stents for relief of ureteral obstruction from extrinsic compression. *J Urol*. 1998;159(1):179-181.
DOI: 10.1016/s0022-5347(01)64050-3
28. Hafron J, Ost MC, Tan BJ, Fogarty JD, Hoenig DM, Lee BR, Smith AD. Novel dual-lumen ureteral stents provide better ureteral flow than single ureteral stent in ex vivo porcine kidney model of extrinsic ureteral obstruction. *Urology*. 2006;68(4):911-915.
DOI: 10.1016/j.urol.2006.05.025
29. Elsamra SE, Motato H, Moreira DM, Waingankar N, Friedlander JI, Weiss G, Smith AD, Okeke Z. Tandem ureteral stents for the decompression of malignant and benign obstructive uropathy. *J Endourol*. 2013;27(10):1297-1302.
DOI: 10.1089/end.2013.0281
30. Liu KL, Lee BC, Ye JD, Chang YH, Chang CC, Huang KH, Lee YJ, Chang YC. Comparison of single and tandem ureteral stenting for malignant ureteral obstruction: a prospective study of 104 patients. *Eur Radiol*. 2019;29(2):628-635.
DOI: 10.1007/s00330-018-5560-6
31. Ku JH, Lee SW, Jeon HG, Kim HH, Oh SJ. Percutaneous nephrostomy versus indwelling ureteral stents in the management of extrinsic ureteral obstruction in advanced malignancies: are there differences? *Urology*. 2004;64(5):895-899.
DOI: 10.1016/j.urol.2004.06.029
32. Tan S, Tao Z, Bian X, Zhao Y, Wang N, Chen X, Wu B. Ureteral stent placement and percutaneous nephrostomy in the management of hydronephrosis secondary to cervical cancer. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2019;241:99-103.
DOI: 10.1016/j.ejogrb.2019.08.020
33. Stickler DJ, Evans A, Morris N, Hughes G. Strategies for the control of catheter encrustation. *Int J Antimicrob Agents*. 2002;19(6):499-506.
DOI: 10.1016/s0924-8579(02)00091-2
34. Dakkak Y, Janane A, Ould-Ismaïl T, Ghadouane M, Ameer A, Abbar M. Management of encrusted ureteral stents. *African Journal of Urology*. 2012;18(3):131-134.

- DOI: 10.1016/j.afju.2012.08.013
35. Wilson M, Devine D. Medical Implications of Biofilms. Cambridge University Press; 2003.
DOI: 10.1017/CBO9780511546297
36. Ho CC, Kandasamy Y, Singam P, Hong Goh E, Zainuddin ZM. Encrusted and incarcerated urinary bladder catheter: what are the options? *Libyan J Med*. 2010;5.
DOI: 10.3402/ljm.v5i0.5686
37. Broomfield RJ, Morgan SD, Khan A, Stickler DJ. Crystalline bacterial biofilm formation on urinary catheters by urease-producing urinary tract pathogens: a simple method of control. *J Med Microbiol*. 2009;58(Pt 10):1367-1375.
DOI: 10.1099/jmm.0.012419-0
38. Nickel JC, Costerton JW. Bacterial biofilms and catheters: A key to understanding bacterial strategies in catheter-associated urinary tract infection. *Can J Infect Dis*. 1992;3:261-267.
DOI: 10.1155/1992/517456
39. Trautner BW, Darouiche RO. Role of biofilm in catheter-associated urinary tract infection. *Am J Infect Control*. 2004;32(3):177-183.
DOI: 10.1016/j.ajic.2003.08.005
40. Watnick P, Kolter R. Biofilm, city of microbes. *J Bacteriol*. 2000;182(10):2675-2679.
DOI: 10.1128/JB.182.10.2675-2679.2000
41. Мальцев С.В., Мансурова Г.Ш. Что такое биопленка? Практическая медицина. 2011;5(53):7-10.
Maltsev S.V., Mansurova G.S. What is biofilm? *Prakticheskaja medicina*. 2011;5(53):7-10. (In Russian).
eLIBRARY ID: 17049949; EDN: OJCSER
42. El-Azizi M, Rao S, Kanchanapoom T, Khardori N. In vitro activity of vancomycin, quinupristin/dalfopristin, and linezolid against intact and disrupted biofilms of staphylococci. *Ann Clin Microbiol Antimicrob*. 2005;4:2.
DOI: 10.1186/1476-0711-4-2
43. Stickler DJ, Lear JC, Morris NS, Macleod SM, Downer A, Cadd DH, Feast WJ. Observations on the adherence of *Proteus mirabilis* onto polymer surfaces. *J Appl Microbiol*. 2006;100(5):1028-1033.
DOI: 10.1111/j.1365-2672.2006.02840.x
44. Trinchieri A. Calcolosi urinaria e infezione [Urinary calculi and infection]. *Urologia*. 2014;81(2):93-98. (In Italian).
DOI: 10.5301/uro.5000073
45. Macleod SM, Stickler DJ. Species interactions in mixed-community crystalline biofilms on urinary catheters. *J Med Microbiol*. 2007;56(Pt 11):1549-1557.
DOI: 10.1099/jmm.0.47395-0
46. Zunino P, Sosa V, Allen AG, Preston A, Schlapp G, Maskell DJ. *Proteus mirabilis* fimbriae (PMF) are important for both bladder and kidney colonization in mice. *Microbiology (Reading)*. 2003;149(Pt 11):3231-3237.
DOI: 10.1099/mic.0.26534-0
47. Waters SL, Heaton K, Siggers JH, Bayston R, Bishop M, Cummings LJ, Grant DM, Oliver JM, Wattis JA. Ureteric stents: investigating flow and encrustation. *Proc Inst Mech Eng H*. 2008;222(4):551-561.
DOI: 10.1243/09544119JHEIM317
48. Grases F, Sönnel O, Costa-Bauzá A, Ramis M, Wang Z. Study on concretions developed around urinary catheters and mechanisms of renal calculi development. *Nephron*. 2001;88(4):320-328.
DOI: 10.1159/000046015
49. Grases F, Sanchis P, Isern B, Perelló J, Costa-Bauzá A. Uric acid as inducer of calcium oxalate crystal development. *Scand J Urol Nephrol*. 2007;41(1):26-31.
DOI: 10.1080/00365590600831571
50. Wagner CA, Mohebbi N. Urinary pH and stone formation. *J Nephrol*. 2010;23 Suppl 16:S165-9.
PMID: 21170875
51. Lo J, Lange D, Chew BH. Ureteral Stents and Foley Catheters-Associated Urinary Tract Infections: The Role of Coatings and Materials in Infection Prevention. *Antibiotics (Basel)*. 2014;3(1):87-97.
DOI: 10.3390/antibiotics3010087
52. Desai DG, Liao KS, Cevallos ME, Trautner BW. Silver or nitrofurazone impregnation of urinary catheters has a minimal effect on uropathogen adherence. *J Urol*. 2010;184(6):2565-2571.
DOI: 10.1016/j.juro.2010.07.036
53. Noimark S, Dunnill CW, Wilson M, Parkin IP. The role of surfaces in catheter-associated infections. *Chem Soc Rev*. 2009;38(12):3435-3448.
DOI: 10.1039/b908260c
54. Choong SK, Wood S, Whitfield HN. A model to quantify encrustation on ureteric stents, urethral catheters and polymers intended for urological use. *BJU Int*. 2000;86(4):414-421.
DOI: 10.1046/j.1464-410x.2000.00861.x
55. Hildebrandt P, Sayyad M, Rzany A, Schaldach M, Seiter H. Prevention of surface encrustation of urological implants by coating with inhibitors. *Biomaterials*. 2001;22(5):503-507.
DOI: 10.1016/S0142-9612(00)00217-9
56. Tofail S, ed. Biological Interactions with Surface Charge in Biomaterials. 2011.
DOI: 10.1039/9781849733366
57. Riley DK, Classen DC, Stevens LE, Burke JP. A large randomized clinical trial of a silver-impregnated urinary catheter: lack of efficacy and staphylococcal superinfection. *Am J Med*. 1995;98(4):349-356.
DOI: 10.1016/S0002-9343(99)80313-1
58. Stickler DJ, Feneley RC. The encrustation and blockage of long-term indwelling bladder catheters: a way forward in prevention and control. *Spinal Cord*. 2010;48(11):784-790.
DOI: 10.1038/sc.2010.32
59. Lange D, Elwood CN, Chew BH. Biomaterials in Urology - Beyond Drug Eluting and Degradable - A Rational Approach to Ureteral Stent Design. In: Pignatello R, ed. *Biomaterials - Physics and Chemistry*. 2011.
DOI: 10.5772/24209
60. Penniston KL, Nakada SY, Holmes RP, Assimos DG. Quantitative assessment of citric acid in lemon juice, lime juice, and commercially-available fruit juice products. *J Endourol*. 2008;22(3):567-570.
DOI: 10.1089/end.2007.0304

Сведения об авторах | Information about the authors

Кирилл Игоревич Глинин | Kirill I. Glinin

<https://orcid.org/0000-0002-1989-3254>; glinin.doc@gmail.com

Ибрагим Энверович Мамаев — канд. мед. наук | Ibragim E. Mamaev — Cand.Sc.(Med)

<https://orcid.org/0000-0002-5755-5950>; dr.mamaev@mail.ru

Сергей Владиславович Котов — д-р мед. наук, профессор | Sergey V. Kotov — Dr.Sc.(Med), Full Prof.

<https://orcid.org/0000-0003-3764-6131>; urokotov@mail.ru