

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

УДК 616.61-006

© Коллектив авторов, 2025

В.Н. Павлов¹, М.Ф. Урманцев¹, Р.И. Тавабилов¹,
Т.Р. Хамидуллин¹, В.В. Арсланов¹, Ю.В. Олефир²

РОБОТ-АССИСТИРОВАННАЯ РЕЗЕКЦИЯ ПОЧКИ ПРИ ПОЧЕЧНО-КЛЕТОЧНОМ РАКЕ ПОЧКИ: СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД, КЛИНИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ЛЕЧЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

¹ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет»

Минздрава России, г. Уфа

²ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет
имени И.М. Сеченова» (Сеченовский университет) Минздрава России, г. Москва

Почечно-клеточный рак (ПКР) является одним из наиболее распространенных злокачественных новообразований мочевыделительной системы, с ежегодно растущей заболеваемостью. Робот-ассистированные резекции почки (РАП) становятся золотым стандартом лечения ранних стадий ПКР благодаря своей высокой точности, минимизации травматизации тканей и улучшенным клиническим результатам. Данная статья направлена на анализ текущих возможностей и ограничений РАП, включая использование ретроперитонеального доступа, техники без зажима сосудов (off-clamp), а также внедрение инновационных технологий, таких как искусственный интеллект и 3D-печать. Проведен обзор современной научной литературы, включающей рецензируемые исследования, метаанализы и обзоры, опубликованные с 2012 по 2024 годы. Анализ продемонстрировал, что РАП превосходят лапароскопические и открытые методы в снижении кровопотери, частоты осложнений и сохранения функции почек. Техника off-clamp доказала свою эффективность в минимизации ишемического повреждения, а ретроперитонеальный доступ показал преимущества в сокращении времени операции. Интеграция искусственного интеллекта и 3D-печати открывает перспективы для повышения точности диагностики и планирования операций. Однако остаются нерешенные вопросы, связанные с высокой стоимостью, сложностью обучения и ограниченным доступом к технологиям. Будущее робот-ассистированных операций связано с внедрением инновационных решений, что позволит повысить доступность и эффективность данного метода лечения.

Ключевые слова: почечно-клеточный рак; резекция почки; робот-ассистированные операции; ретроперитонеальный доступ; техника без зажима сосудов; искусственный интеллект.

V.N. Pavlov, M.F. Urmantsev, R.I. Tavabilov,
T.R. Khamidullin, V.V. Arslanov, Yu.V. Olefir

ROBOT-ASSISTED PARTIAL NEPHRECTOMIES FOR RENAL CELL CARCINOMA: CURRENT APPROACHES, CLINICAL OUTCOMES AND FUTURE PERSPECTIVES

Renal cell carcinoma (RCC) is one of the most common malignancies of the urinary system, with an annually increasing incidence. Robot-assisted partial nephrectomies (RAPN) have become the gold standard for treating early-stage RCC due to their high precision, reduced tissue trauma, and improved clinical outcomes. This study aims to analyze the current capabilities and limitations of RAPN, including the use of retroperitoneal access, off-clamp techniques, and the integration of innovative technologies such as artificial intelligence (AI) and 3D printing. A review of recent scientific literature, including peer-reviewed studies, meta-analyses, and reviews published between 2012 and 2024, was conducted. The analysis demonstrated that RAPN outperforms laparoscopic and open methods in reducing blood loss, complication rates, and preserving kidney function. Off-clamp techniques proved effective in minimizing ischemic damage, while retroperitoneal access showed advantages in reducing operative time. The integration of AI and 3D printing offers new opportunities to enhance diagnostic accuracy and surgical planning. However, challenges remain, including high costs, complex training requirements, and limited access to technology. The future of robot-assisted surgeries lies in the adoption of innovative solutions to improve the accessibility and efficacy of this treatment approach.

Key words: renal cell carcinoma; partial nephrectomy; robot-assisted surgery; retroperitoneal access; off-clamp technique; artificial intelligence.

Почечно-клеточный рак (ПКР) занимает третье место среди злокачественных новообразований мочевыделительной системы, уступая только раку мочевого пузыря и предстательной железы. Согласно данным Глобальной статистики злокачественных новообразований 2023 года, ежегодно фиксируется более 431 000 новых случаев ПКР по всему миру, при этом уровень смертности превышает 179 000 случаев в год [1]. Заболеваемость ПКР продолжает повсеместно расти, что является результатом увеличения средней продолжительности жизни населения и совершенствования методов диагностики.

В последние годы робот-ассистированные операции стали важной составляющей лечения пациентов с урологическими заболеваниями, включая ПКР. По данным исследований более 70% урологических операций на почке в США выполняются с использованием роботизированных систем [2]. Это обусловлено возможностями таких систем, как Da Vinci Xi, которые предоставляют хирургу 3D-визуализацию и минимизируют операционное повреждение тканей. Преимущества включают более короткое время пребывания в стационаре (в среднем 2,5 дня по сравнению с 5 днями при открытых операциях), снижение объема

кровопотери (в среднем на 30-40%) и уменьшение частоты осложнений [3]. Ретроперитонеальный доступ особенно актуален для опухолей, расположенных на задней поверхности почки благодаря минимизации контакта с брюшной полостью и возможности сократить время хирургического вмешательства. Это подтверждают исследования, демонстрирующие снижение средней длительности операции на 15-20% по сравнению с трансабдоминальным доступом [4].

Резекция почки считается золотым стандартом лечения пациентов с ранней стадией ПКР (опухоли ≤ 7 см, стадия cT1). Этот метод направлен на сохранение максимального объема здоровой ткани почки, что имеет ключевое значение для пациентов с высоким риском хронической почечной недостаточности. По данным исследований органосохраняющая операция снижает риск сердечно-сосудистых осложнений на 20-25% по сравнению с радикальной нефрэктомией [5]. Робот-ассистированные резекции почки (РАРП) становятся предпочтительным методом для выполнения этого вмешательства. В исследовании, охватывающем более 500 случаев РАРП, было показано, что этот метод позволяет достичь низкой частоты положительных хирургических краёв (5-7%) и обеспечивает сохранение функции почек у 85% пациентов – через 3 месяца после операции [6].

Применение техник без зажима сосудов (off-clamp) при резекции почки позволяет минимизировать ишемическое повреждение ткани почки. Это особенно важно, так как каждая дополнительная минута ишемии увеличивает риск долгосрочного повреждения почки на 5% [5]. В исследовании 2023 года использование off-clamp техники способствовало сохранению функции почек у 90% пациентов при среднем времени операции 140 минут [4].

Настоящая обзорная статья направлена на анализ текущего состояния РАРП, включая использование ретроперитонеального подхода. В рамках статьи будут рассмотрены клинические результаты, преимущества и недостатки метода, а также перспективы его дальнейшего применения. Основной акцент будет сделан на оценке влияния опыта хирурга на исход операций и применения современных технологий, таких как искусственный интеллект и улучшенные визуализационные системы. Для подготовки статьи был проведен обзор научной литературы с использованием баз данных PubMed, Scopus, Web of Science и др. Отбор литературы включал рецензируемые статьи, метаанализы и обзоры, посвященные

робот-ассистированным резекциям почек. Исключались нерцензируемые работы и исследования с устаревшими методиками. Данный подход обеспечил систематизацию актуальной информации для всестороннего освещения проблемы.

Использование роботизированных систем в хирургии началось в конце 1990-х годов, однако их активное применение в урологии началось с начала 2000-х годов. Первым значительным событием стало внедрение системы Da Vinci, разработанной для минимально инвазивных процедур. Эта система предоставила хирургу преимущества, такие как трехмерная визуализация, многократное увеличение изображения и исключительная точность манипуляций благодаря устранению физиологических треморов. Первой урологической операцией, выполненной с помощью системы Da Vinci, стала радикальная простатэктомия в 2001 году. Успех этой процедуры быстро привел к внедрению роботизированной технологии для выполнения более сложных операций, включая нефрэктомию и резекции почек [2].

Постепенно роботизированные системы стали неотъемлемой частью урологической практики. На сегодняшний день робот-ассистированные операции составляют более 70% всех хирургических вмешательств в урологии в США, что обусловлено их преимуществами по сравнению с лапароскопическими и открытыми операциями [3]. Ключевой прорыв в этой области произошел в 2010-х годах, когда РАРП стала золотым стандартом лечения опухолей почек на ранней стадии. Это позволило не только повысить точность удаления опухолей, но и сохранить здоровую почечную ткань [5].

Роботизированная система Da Vinci Xi представляет собой современную платформу, предназначенную для выполнения сложных минимально инвазивных операций. Она оснащена передовыми технологиями, обеспечивающими высокую точность движений хирурга, что особенно важно при работе в анатомически сложных областях, таких как ретроперитонеальная зона. Усовершенствованная конструкция многосегментных манипуляторов позволяет хирургу выполнять движения, превышающие возможности человеческой руки, что способствует более точной резекции и снижению риска осложнений [2,7]. Система Da Vinci Xi предлагает стереоскопическую визуализацию высокого разрешения, она формирует объемное изображение оперируемой области, обеспечивая хирургу глу-

бинное восприятие и возможность детального изучения анатомии [8]. Одной из ключевых особенностей этой системы является технология Firefly, которая позволяет использовать флуоресцентные красители для визуализации кровотока и выделения опухолевых структур в реальном времени. Эта особенность системы значительно повышает точность операции и снижает вероятность повреждения здоровых тканей [9]. Интеграция дополнительных возможностей, таких как автоматическая оптимизация положения портов и адаптация инструментов к углам доступа, делает систему особенно удобной для операций, требующих высокой гибкости и скорости реагирования хирурга [10]. Данная система также включает продвинутую видеотехнологию, которая помогает хирургу контролировать операционное поле с исключительной детализацией. Инструменты, системы, такие как монополярные и биполярные коагуляторы, обеспечивают эффективное выполнение резекции и коагуляции тканей, минимизируя кровопотерю [11]. В Da Vinci Xi используются самоудерживающиеся монофиламентные шовные материалы, которые обладают уникальной структурой, предотвращающей скольжение нити, что сокращает время наложения швов на 25-30%. Это особенно важно для операций с ограниченным временем ишемии [7]. Инструменты для наложения швов обеспечивают хирургу точность и легкость при работе в ограниченном пространстве, что снижает риск утечек мочи и других осложнений [9]. Эти преимущества делают Da Vinci Xi незаменимой для выполнения РАРП, позволяя добиться лучших хирургических результатов и повысить безопасность для пациентов.

Робот-ассистированные резекции почки (РАРП) выполняются двумя основными способами: трансабдоминальным и ретроперитонеальным доступами. Трансабдоминальный подход включает проникновение через брюшную полость для мобилизации почки. Этот метод обеспечивает хирургу широкий обзор и доступ к крупным сосудам почки, что делает его предпочтительным для сложных и крупных опухолей. Однако контакт с органами брюшной полости увеличивает риск послеоперационных осложнений, таких как спайки и повреждение соседних органов. Кроме того, восстановление пациентов после трансабдоминального доступа требует большего времени [4].

Ретроперитонеальный доступ, напротив, позволяет хирургу работать вне брюшной полости. Это особенно важно для опухолей задней поверхности почек, так как минимизиру-

ется контакт с брюшными органами, что снижает риск осложнений. Исследования показывают, что ретроперитонеальный подход ассоциируется со снижением времени операции на 20-30% и уменьшением объема кровопотери на 15-20% по сравнению с трансабдоминальным доступом [3]. Ретроперитонеальный доступ требует более высокого уровня технической подготовки хирурга, поскольку работа ведется в ограниченном пространстве, когда визуализация структур почки затруднена.

Сравнительные исследования подтверждают, что ретроперитонеальный доступ предпочтителен для опухолей задней локализации. Например, в многоцентровом ретроспективном исследовании было продемонстрировано, что ретроперитонеальный подход обеспечил более короткое время операции и более быстрое восстановление функции почек по сравнению с трансабдоминальным доступом, при этом частота осложнений была сопоставима [5].

Опыт хирурга является ключевым фактором, влияющим на успех, робот-ассистированных операций. Исследования показывают, что освоение РАРП требует выполнения не менее 20-30 операций для преодоления начальной кривой обучения. На этом этапе хирурги сталкиваются с повышенной частотой осложнений и удлиненным временем операции. Однако уже к 50 выполненным процедурам хирурги достигают уровня эксперта, что выражается в значительном снижении времени операции, объема кровопотери и частоты послеоперационных осложнений [2].

Особую важность опыт хирурга приобретает при выполнении операций с использованием ретроперитонеального доступа. Ограниченное рабочее пространство и сложная анатомия требуют глубокого знания топографических особенностей почки и навыков работы в узкой зоне. Хирурги с опытом выполнения более 100 робот-ассистированных операций демонстрируют снижение частоты осложнений на 30% и сокращение времени операции на 25% по сравнению с менее опытными коллегами [6]. Опыт также играет роль в снижении риска, связанного с ишемическим повреждением ткани почки. Например, использование техник без зажима сосудов (off-clamp) требует высокой точности в работе с мелкими сосудами и паренхимой почки, что достигается только после значительного практического опыта [5].

Результаты клинических исследований. РАРП продемонстрировали преимущества в периоперационных показателях по сравнению с лапароскопическим и открытым

подходом. Согласно мультицентровому ретроспективному исследованию группы ROSULA средняя продолжительность операции для РАРП составила 185 минут, что несколько превышает время лапароскопических операций (150-160 минут). Однако этот показатель варьировал в зависимости от сложности опухоли и анатомических особенностей у пациента. В более сложных случаях время операции могло достигать 220 минут, особенно при больших опухолях или опухолях сложной локализации. Частота положительных хирургических краев достигла 8%, а общая выживаемость (ОВ) при медиане наблюдения 12 составила 93,3%. Рецидивы были зафиксированы у 17,9% пациентов [12].

Объем кровопотери при РАРП был значительно ниже по сравнению с открытым доступом. Средняя кровопотеря для роботизированного подхода составила 150-200 мл, тогда как при открытых операциях этот показатель превышал 400 мл. Более того, исследование Buffi и соавт. показало, что у пациентов с применением техники off-clamp кровопотеря составляла менее 120 мл благодаря интеграции биполярных коагуляторов и гемостатических материалов [7].

Длительность госпитализации после РАРП варьировала от 2 до 3 дней. Это значительно меньше, чем после открытых операций, где госпитализация составляла 5-7 дней. В японском ретроспективном исследовании было отмечено, что пациенты после РАРП восстанавливались быстрее, а частота ранних осложнений была снижена на 30% по сравнению с лапароскопическими операциями [11].

Частота послеоперационных осложнений при роботизированных операциях также оказалась ниже. Согласно классификации Clavien-Dindo, осложнения III-IV степеней (требующие вмешательства) наблюдались у 3,5% пациентов при РАРП, в то время как при лапароскопическом подходе этот показатель составлял 6,1%. Основными осложнениями были кровотечения и утечка мочи, но их частота при роботизированных операциях была минимизирована благодаря применению современных шовных материалов [13].

Техника off-clamp, при которой операция проводится без временной окклюзии почечных сосудов, продемонстрировала значительные преимущества в сохранении функции почек. Снижение скорости клубочковой фильтрации (СКФ) через год после операции составило всего 2-3 мл/мин/1,73 м² для пациентов, перенесших off-clamp операции, что значительно ниже, чем у пациентов, оперированных с за-

жимом сосудов (до 10 мл/мин/1,73 м²) [14]. Эта техника была особенно эффективна при опухолях небольшой локализации (cT1a), при которой сосудистая окклюзия могла быть полностью исключена.

Применение бесшовных техник при использовании гемостатических агентов стало популярным решением для минимизации времени операции и риска послеоперационных осложнений. Эти материалы обеспечивают герметичное закрытие дефектов почечной паренхимы и позволяют избегать утечек мочи, являющихся одним из наиболее частых осложнений [8].

В долгосрочной перспективе РАРП показали высокий уровень эффективности с минимальными онкологическими рецидивами. Пятилетняя безрецидивная выживаемость (БВ) пациентов после РАРП составила 96%, а пятилетняя ОВ превысила 95%, что сопоставимо с показателями открытых операций [15]. Частота положительных хирургических краев (ПХК) была низкой – 1-2%, что подчеркивает точность выполнения операций при использовании роботизированных систем [13].

У пациентов, перенесших операции с техникой off-clamp, отмечено более быстрое восстановление функции почек. Через год после операции у 85% пациентов наблюдалось полное восстановление исходной скорости клубочковой фильтрации. Это особенно важно для пациентов с сопутствующими заболеваниями, такими как хроническая болезнь почек [7].

Ограничения применения роботизированных операционных систем. РАРП характеризуются высокими затратами на внедрение и использование технологий. Высокая стоимость оборудования и обслуживания остается одной из ключевых проблем, ограничивающих их широкое применение. Исследования показывают, что расходы на робот-ассистированные операции существенно выше, чем при лапароскопическом или открытом доступе. Например, анализ расходов в системе здравоохранения Англии выявил, что общие годовые затраты на пациента, перенесшего РАРП, составляют в среднем £2,089, что ниже, чем при открытых операциях, но все еще существенно выше при использовании современных расходных материалов и технологий [16].

Эффективное выполнение РАРП требует высокой квалификации хирурга и продолжительной кривой обучения. По данным исследователей из Великобритании кривую обучения можно оценить по времени ишемии и операционного времени, время которых со-

кращается после первых 30 операций. Однако хирургическая сложность при операциях с опухолями высокой сложности (например, PADUA ≥ 10) остается серьезным вызовом даже для опытных специалистов [17].

Несмотря на современные достижения, роботизированные системы имеют свои ограничения. Исследования показывают, что при опухолях, локализованных в сложных анатомических зонах (например, полностью эндометрические опухоли), вероятность ПХК возрастает. Simone и соавт. отмечают, что опухоли требуют дополнительных инструментов, таких как краситель индоцианин зеленый для визуализации краев резекции [18].

Высокая стоимость операций приводит к неравенству в доступе к лечению, особенно в странах с ограниченными ресурсами. Это подчеркивает необходимость разработки национальных программ субсидирования медицинских технологий и проведения исследований для снижения себестоимости оборудования.

Перспективы и будущее развитие. Интеграция искусственного интеллекта в роботизированную хирургию открывает новые возможности для оптимизации диагностики, предоперационного планирования и прогнозирования результатов. Алгоритмы ИИ уже применяются для анализа изображений, полученных с помощью КТ и МРТ, что позволяет с высокой точностью определять характеристики опухолей, их объем, васкуляризацию и степень инвазии [19,20]. Алгоритмы машинного обучения также используются для сегментации опухолей почек, что позволяет хирургу точнее определять границы пораженной ткани. По данным ряда исследований было показано, что использование ИИ для сегментации опухолей почек может сократить время подготовки хирурга к операции на 30% и уменьшить вероятность ошибок в планировании операций [21].

Кроме того, системы на базе машинного обучения используются для прогнозирования осложнений. Например, модели, построенные на анализе данных из тысячи операций, могут предсказывать риск послеоперационных кровотечений, утечек мочи или ПХК. Модель помогает хирургу принимать более информированные решения как в предоперационном, так и в операционном периодах. А использование 3D-моделей, созданных на основе данных КТ с помощью ИИ, позволяет хирургам точно визуализировать анатомические структуры. Это особенно полезно при планировании сложных операций, таких как резекция почки с использованием Da Vinci Xi, что сокращает время операции и минимизирует объем кровопотери [22].

Будущее развитие хирургии почек направлено на внедрение минимально инвазивных техник как части интегрированного подхода к лечению онкологических заболеваний. Минимально инвазивный подход может дополнительно включать использование новых технологий, таких как роботизированные системы с одним портом (single-port systems). Эти системы, как показано в работе Nguyen и соавт., уменьшают объем кровопотери и время операции, что способствует более быстрому восстановлению пациента [23].

Как было отмечено ранее, высокая стоимость роботизированных систем остается основным препятствием для их широкого применения. Однако разработка модификаций существующих систем и внедрение новых платформ с упрощенной конструкцией может значительно снизить затраты. Например, появление конкурентов системы Da Vinci, таких как Versius и Hugo, уже создало предпосылки для снижения цен на оборудование. Эти системы предлагают модульный дизайн и возможность использования совместимых инструментов, что позволит снизить операционные расходы [24]. Еще одной перспективой является развитие технологии 3D-печати, которая уже используется для создания инструментов и шовных материалов. Такие решения не только удешевляют производство, но и позволяют индивидуализировать инструменты под конкретные потребности хирурга и пациента. Было отмечено, что использование 3D-печатных моделей органов для предоперационного планирования сократило время операций на 15% [25].

Развитие роботизированной хирургии почек направлено на интеграцию искусственного интеллекта для повышения точности, внедрение минимально инвазивных техник в рамках комплексной терапии и снижение затрат за счет модификации оборудования и новых технологий. Эти изменения не только улучшат доступность и эффективность лечения, но и повысят долгосрочные результаты для пациентов.

Заключение

Почечно-клеточный рак (ПКР) продолжает оставаться значимой проблемой в онкологии, с растущей заболеваемостью, обусловленной как увеличением продолжительности жизни населения, так и совершенствованием методов диагностики. В этих условиях роботизированные операции, в частности резекции почек, заняли центральное место в лечении ранних стадий ПКР. Роботизированные системы, такие как Da Vinci Xi, предоставляют хирургу возможности точной визуализации

ции и манипуляции, минимизируя травматичность вмешательства. Это особенно важно для сохранения функции почек и обеспечения высокого качества жизни пациентов.

Клинические исследования демонстрируют преимущества робот-ассистированных резекций почки (РАРП) по сравнению с традиционным подходом. Показатели сохранения функции почек, низкая частота положительных хирургических краев и минимальные осложнения подтверждают эффективность данного метода. Ретроперитонеальный доступ, как альтернатива трансабдоминальному, предоставляет уникальные возможности для лечения опухолей сложной локализации, особенно на задней поверхности почек, что сокращает время операции и снижает риск осложнений.

Несмотря на значительный прогресс, остаются сложные вопросы. Ограничения доступа к роботизированным системам, высокая стоимость операций, необходимость длительного обучения хирургов и сложность работы с пациентами в анатомически труднодоступных

условиях требуют решения. Эти вопросы подчёркивают важность дальнейшего развития технологий, в том числе интеграции искусственного интеллекта и применения 3D-печати, что позволит улучшить качество предоперационного планирования и прогнозирования результатов.

В будущем основное направление развития заключается в создании доступных и эффективных решений, обеспечивающих сохранение функции органов, минимизацию осложнений и повышение качества жизни пациентов. Внедрение новых технологий и методов, таких как автоматизация процессов, разработка альтернативных систем роботизированной хирургии и совершенствование методов визуализации, позволит сделать высокотехнологичное лечение доступным для большего числа пациентов.

Таким образом, РАРП становятся неотъемлемой частью современной онкоурологии, способной улучшить хирургические результаты и общую выживаемость пациентов.

Сведения об авторах статьи:

Павлов Валентин Николаевич – д.м.н., академик РАН, профессор, зав. кафедрой урологии и онкологии, ректор ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. E-mail: pavlov@bashgmu.ru.

Урманцев Марат Фаязович – к.м.н., доцент кафедры урологии и онкологии, зав. отделением онкологии Клиники ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. E-mail: urmantsev85@mail.ru.

Тавабилев Радмир Ильдарович — врач-онколог отделения онкологии Клиники ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. E-mail: tavabilov987@yandex.ru.

Хамидуллин Тимур Ринатович – врач-онколог отделения онкологии Клиники ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. E-mail: Timur21@mail.ru.

Арсланов Вадим Вильсонович – врач-онколог отделения онкологии Клиники ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450008, г. Уфа, ул. Ленина, 3. E-mail: I2corsairiv@bk.ru.

Олефир Юрий Витальевич – д.м.н., профессор Института урологии и репродуктивного здоровья ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России. Адрес: 119435, г. Москва, ул. Большая Пироговская, 2, стр. 1. E-mail: litostar@mail.ru.

ЛИТЕРАТУРА

1. EAU guidelines on renal cell carcinoma. / Ljungberg B. [et al.] // European Association of Urology. – 2023. [Электронный ресурс]. URL: <https://uroweb.org/guidelines/renal-cell-carcinoma>. (дата обращения 17.02.2025)
2. Transperitoneal vs. retroperitoneal robotic partial nephrectomy: a matched-paired analysis. / Mittakanti H.R. [et al.] // World J Urol. – 2020. – Vol. 38. – P. 1093-1099. <https://doi.org/10.1007/s00345-019-02903-7>.
3. Transperitoneal vs retroperitoneal minimally invasive partial nephrectomy: comparison of perioperative outcomes and functional follow-up in a large multi-institutional cohort (The RECORD 2 Project). / Porpiglia, F. [et al.] // Surg Endosc. – 2021. – Vol. 35. – P. 4295-4304. <https://doi.org/10.1007/s00464-020-07919-4>.
4. Robot-assisted partial nephrectomy: Can retroperitoneal approach suit for renal tumors of all locations? – A large retrospective cohort study / Lyu, X. [et al.] // BMC Urol. – 2022. – Vol. 22. – P. 202. <https://doi.org/10.1186/s12894-022-01128-y>.
5. On-Clamp vs. Off-Clamp Robot-Assisted Partial Nephrectomy for cT2 Renal Tumors: Retrospective Propensity-Score-Matched Multi-center Outcome Analysis. // Brasseti, A. [et al.] // Cancers. – 2022. – Vol. 14(18). – P. 4431. <https://doi.org/10.3390/cancers14184431>.
6. Evaluation of laparoscopic vs robotic partial nephrectomy using the margin, ischemia and complications score system: a retrospective single center analysis. / Ricciardulli, S. [et al.] // Archivio Italiano Di Urologia E Andrologia. – 2015. – Vol. 87(1). – P. 49–55. <https://doi.org/10.4081/aiua.2015.1.49>.
7. Robot-assisted Partial Nephrectomy for Complex (PADUA Score ≥ 10) Tumors: Techniques and Results from a Multicenter Experience at Four High-volume Centers. / Buffi, N [et al.] // European urology. – 2020. – Vol. 77(1). – P. 95-100.
8. Evolution of Robot-assisted Partial Nephrectomy: Techniques and Outcomes from the Transatlantic Robotic Nephron-sparing Surgery Study Group. Casale, P. / [et al.] // European urology. – 2019. – Vol. 76(2). – P. 222–227. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2018.11.038>.
9. Single-Port robot assisted partial nephrectomy: initial experience and technique with the da Vinci Single-Port platform (IDEAL Phase 1) / Francavilla, S. [et al.] // Minerva urology and nephrology. – 2022. – Vol. 74(2). – P. 216-24. <https://doi.org/10.23736/S2724-6051.21.03919-9>.
10. Clinical implications for da Vinci SP partial nephrectomy in high complexity tumors; Propensity score matching analysis. / Kim, J. [et al.] // Journal of endourology. – 2022. – Vol. 36(10). – P. 1290-1295. <https://doi.org/10.1089/end.2022.0203>.
11. Improved perioperative outcomes by early unclamping prior to renorrhaphy compared with conventional clamping during robot-assisted partial nephrectomy: a propensity score matching analysis. / Motoyama, D. [et al.] // Journal of Robotic Surgery. – 2020. – Vol. 14. – P. 47-53. <https://doi.org/10.1007/s11701-019-00924-3>.
12. Outcomes of Robot-assisted Partial Nephrectomy for Clinical T2 Renal Tumors: A Multicenter Analysis (ROSULA Collaborative Group). / Bertolo, R. [et al.] // European urology. – 2018. – Vol. 74(2). – P. 226-232. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2018.05.004>.
13. 'Trifecta' outcomes of robot-assisted partial nephrectomy: a large Japanese multicenter study. / Furukawa, J. [et al.] // International journal of clinical oncology. – 2020. – Vol. 25(2). – P. 347-353. <https://doi.org/10.1007/s10147-019-01565-0>.

14. Renal functional and perioperative outcomes of off-clamp versus clamped robot-assisted partial nephrectomy: matched cohort study. / Tanagho, Y. [et al.] // *Urology*. – 2012. – Vol. 80(4). – P. 838-43. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2012.04.074>.
15. Robot-assisted partial nephrectomy: 7-year outcomes. / Carbonara, U. [et al.] // *Minerva urology and nephrology*. – 2021. – Vol. 73(4). – P. 540-543. <https://doi.org/10.23736/S2724-6051.20.04151-X>.
16. Short-term Outcomes and Costs Following Partial Nephrectomy in England: A Population-based Study. / Camp, C. [et al.] // *European urology focus*. – 2018. – Vol. 4(4). – P. 579-585. <https://doi.org/10.1016/j.euf.2017.03.010>.
17. The impact of a fellow on a regional robotic-assisted partial nephrectomy service. / Crockett, M., [et al.] // *Annals of the Royal College of Surgeons of England*. – 2022. – Vol. 104(1). – P. 28-34. <https://doi.org/10.1308/rcsann.2020.7103>.
18. «Ride the Green Light»: Indocyanine Green-marked Off-clamp Robotic Partial Nephrectomy for Totally Endophytic Renal Masses. / Simone, G. [et al.] // *European urology*. – 2019. – Vol. 75(6). – P. 1008-1014. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2018.09.015>.
19. Искусственный интеллект в онкоурологии. / Рева С.А [и др.] // *Экспериментальная и клиническая урология*. – 2021. – Т. 14(2). – С. 46-51. <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2021-14-2-46-51>.
20. Artificial intelligence to predict oncological outcome directly from hematoxylin and eosin-stained slides in urology / Wessels, F. [et al.] // *Minerva urology and nephrology*. – 2022. – Vol. 74(5). – P. 538–550. <https://doi.org/10.23736/S2724-6051.22.04758-9>.
21. Artificial intelligence in urological oncology: An update and future applications. / Brodie, A[et al.] // *Urologic oncology*. – 2021. – Vol. 39(7). – P. 379-399. <https://doi.org/10.1016/j.urolonc.2021.03.012>.
22. From Diagnosis to Precision Surgery: The Transformative Role of Artificial Intelligence in Urologic Imaging. / Khizir, L [et al.] // *Journal of endourology*. – 2024. – Vol. 38(8). – P. 824-835. <https://doi.org/10.1089/end.2023.0695>.
23. Single-Port vs Multiport Robot-Assisted Partial Nephrectomy: A Meta-Analysis. / Nguyen, T. [et al.] // *Journal of endourology*. – 2024. – Vol. 38(3). – P. 253-261. <https://doi.org/10.1089/end.2023.0505>.
24. Wang, L. Robotic partial nephrectomy: current technique and outcomes. / Wang, L., & Lee, B. R. // *International journal of urology: official journal of the Japanese Urological Association*. – 2013. – Vol. 20(9). – P. 848-859. <https://doi.org/10.1111/iju.12177>.
25. Utility of patient-specific silicone renal models for planning and rehearsal of complex tumour resections prior to robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy. / Rundstedt, F. C. [et al.] // *BJU international*. – 2017. – Vol. 119(4). – P. 598-604.

REFERENCES

1. Ljungberg, B., Albiges, L., Bedke, J., Bex, A., Capitanio, U., Giles, R. H., & Lam, T. B. EAU guidelines on renal cell carcinoma. European Association of Urology. 2023; Retrieved from <https://uroweb.org/guidelines/renal-cell-carcinoma>. (in Engl)
2. Mittakanti, H.R., Heullitt, G., Li, H.F. [et al.] Transperitoneal vs. retroperitoneal robotic partial nephrectomy: a matched-paired analysis. *World J Urol*. 2020; 38:1093–1099. (in Engl) <https://doi.org/10.1007/s00345-019-02903-7>.
3. Porpiglia, F., Mari, A., Amparore, D. [et al.] Transperitoneal vs retroperitoneal minimally invasive partial nephrectomy: comparison of perioperative outcomes and functional follow-up in a large multi-institutional cohort (The RECORD 2 Project). *Surg Endosc*. 2021; 35: 4295–4304. (in Engl) <https://doi.org/10.1007/s00464-020-07919-4>.
4. Lyu, X., Jia, Z., Ao, L. [et al.] Robot-assisted partial nephrectomy: Can retroperitoneal approach suit for renal tumors of all locations? — A large retrospective cohort study. *BMC Urol*. 2022;22: 202. (in Engl) <https://doi.org/10.1186/s12894-022-01128-y>.
5. Brassetti, A., Cacciamani, G. E., Mari, A., Garisto, J. D., [et al.] On-Clamp vs. Off-Clamp Robot-Assisted Partial Nephrectomy for cT2 Renal Tumors: Retrospective Propensity-Score-Matched Multicenter Outcome Analysis. *Cancers*. 2022;14(18):4431. (in Engl) <https://doi.org/10.3390/cancers14184431>.
6. Ricciardulli, S., Ding, Q., Zhang, X., Li, H., Tang, Y., Yang, G., Wang, X., Ma, X., Breda, A., & Celia, A. Evaluation of laparoscopic vs robotic partial nephrectomy using the margin, ischemia and complications score system: a retrospective single center analysis. *Archivio Italiano Di Urologia E Andrologia*. 2015;87(1):49–55. (in Engl) <https://doi.org/10.4081/aiua.2015.1.49>.
7. Buffi, N., Saita, A., Lughezzani, G., Porter, J., Dell'Oglio, P., Amparore, D., Fiori, C., Denaeyer, G., Porpiglia, F., & Mottrie, A. Robot-assisted Partial Nephrectomy for Complex (PADUA Score ≥ 10) Tumors: Techniques and Results from a Multicenter Experience at Four High-volume Centers. *European urology*. 2020;77(1):95–100. (in Engl) <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2019.03.006>.
8. Casale, P., Lughezzani, G., Buffi, N., Larcher, A., Porter, J., Mottrie, A., & ERUS Scientific Working Group. Evolution of Robot-assisted Partial Nephrectomy: Techniques and Outcomes from the Transatlantic Robotic Nephron-sparing Surgery Study Group. *European urology*. 2019;76(2):222–227. (in Engl) <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2018.11.038>.
9. Francavilla, S., Abern, M., Dobbs, R., Vigneswaran, H., Talamini, S., Antonelli, A., Simeone, C., & Crivellaro, S. Single-Port robot assisted partial nephrectomy: initial experience and technique with the da Vinci Single-Port platform (IDEAL Phase 1). *Minerva urology and nephrology*. 2022;74(2):216–24. (in Engl) <https://doi.org/10.23736/S2724-6051.21.03919-9>.
10. Kim, J., Na, J., Lee, J., Jang, W., & Han, W. Clinical implications for da Vinci SP partial nephrectomy in high complexity tumors; Propensity score matching analysis. *Journal of endourology*. 2022;36(10):1290–1295. (in Engl) <https://doi.org/10.1089/end.2022.0203>.
11. Motoyama, D., Matsushita, Y., Watanabe, H., Tamura, K., Ito, T., Sugiyama, T., Otsuka, A., & Miyake, H. Improved perioperative outcomes by early unclamping prior to renorrhaphy compared with conventional clamping during robot-assisted partial nephrectomy: a propensity score matching analysis. *Journal of Robotic Surgery*. 2020;14:47–53. (in Engl) <https://doi.org/10.1007/s11701-019-00924-3>.
12. Bertolo, R., Autorino, R., Simone, G., Derweesh, I., Garisto, J., Minervini, A., Eun, D., [et al.] Outcomes of Robot-assisted Partial Nephrectomy for Clinical T2 Renal Tumors: A Multicenter Analysis (ROSULA Collaborative Group).. *European urology*. 2018;74(2): 226-232. (in Engl) <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2018.05.004>.
13. Furukawa, J., Kanayama, H., Azuma, H., Inoue, K., Kobayashi, Y., [et al.] 'Trifecta' outcomes of robot-assisted partial nephrectomy: a large Japanese multicenter study. *International journal of clinical oncology*. 2020;25(2):347–353. (in Engl)
14. Tanagho, Y., Bhayani, S., Sandhu, G., Vaughn, N., Nepple, K., & Figenshau, R. Renal functional and perioperative outcomes of off-clamp versus clamped robot-assisted partial nephrectomy: matched cohort study.. *Urology*. 2012;80(4):838–43. (in Engl) <https://doi.org/10.1016/j.urology.2012.04.074>.
15. Carbonara, U., Simone, G., Capitanio, U., Minervini, A., Fiori, C., Larcher, A., [et al.] Robot-assisted partial nephrectomy: 7-year outcomes. *Minerva urology and nephrology*. 2021;73(4):540–543. (in Engl) <https://doi.org/10.23736/S2724-6051.20.04151-X>.
16. Camp, C., O'Hara, J., Hughes, D., & Adshead, J. Short-term Outcomes and Costs Following Partial Nephrectomy in England: A Population-based Study. *European urology focus*. 2018;4(4):579–585. (in Engl) <https://doi.org/10.1016/j.euf.2017.03.010>.
17. Crockett, M., Malki, M., Hussain, M., Mueller, G., Segaran, S., Tadtayev, S., & Barber, N. The impact of a fellow on a regional robotic-assisted partial nephrectomy service. *Annals of the Royal College of Surgeons of England*. 2022;104(1):28–34. (in Engl) <https://doi.org/10.1308/rcsann.2020.7103>.
18. Simone, G., Tuderti, G., Anceschi, U., Ferriero, M., Costantini, M., Minisola, F., Vallati, G., Pizzi, G., Guaglianone, S., Misuraca, L., & Gallucci, M. «Ride the Green Light»: Indocyanine Green-marked Off-clamp Robotic Partial Nephrectomy for Totally Endophytic Renal Masses. *European urology*. 2019;75(6):1008–1014. (in Engl) <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2018.09.015>.
19. Reva, S., Shaderkin, I., Zyatchin, I., Petrov, S., Saint-Petersburg, R., Moscow, R., & St. Petersburg, R. Artificial intelligence in cancer urology. *Experimental and Clinical Urology*. 2021;14(2):46–51. (in Russ) <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2021-14-2-46-51>.
20. Wessels, F., Kuntz, S., Kriehoff-Henning, E., Schmitt, M., Braun, V., Worst, T. S., Neuberger, M., Steeg, M., Gaiser, T., Fröhling, S., Michel, M. S., Nuhn, P., & Brinker, T. J. Artificial intelligence to predict oncological outcome directly from hematoxylin and eosin-stained slides in urology. *Minerva urology and nephrology*. 2022;74(5):538–550. (in Engl) <https://doi.org/10.23736/S2724-6051.22.04758-9>.

21. Brodie, A., Dai, N., Teoh, J., Decaestecker, K., Dasgupta, P., & Vasdev, N. Artificial intelligence in urological oncology: An update and future applications. *Urologic oncology*. 2021;39(7):379-399. (in Engl) <https://doi.org/10.1016/j.urolonc.2021.03.012>.
22. Khizir, L., Bhandari, V., Kaloth, S., Pfail, J., Lichtbroun, B., Yanamala, N., & Elsamra, S. E. From Diagnosis to Precision Surgery: The Transformative Role of Artificial Intelligence in Urologic Imaging. *Journal of endourology*. 2024;38(8):824-835. (in Engl) <https://doi.org/10.1089/end.2023.0695>.
23. Nguyen, T. T., Ngo, X. T., Duong, N. X., Dobbs, R. W., Vuong, H. G., Nguyen, D. D., et al. Single-Port vs Multiport Robot-Assisted Partial Nephrectomy: A Meta-Analysis. *Journal of endourology*. 2024;38(3):253-261. (in Engl) <https://doi.org/10.1089/end.2023.0505>.
24. Wang, L., & Lee, B. R. Robotic partial nephrectomy: current technique and outcomes. *International journal of urology: official journal of the Japanese Urological Association*. 2013;20(9):848-859. (in Engl) <https://doi.org/10.1111/iju.12177>.
25. Rundstedt, F. C., Scovell, J. M., Agrawal, S., Zaneveld, J., & Link, R. E. Utility of patient-specific silicone renal models for planning and rehearsal of complex tumour resections prior to robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy. *BJU international*. 2017;119(4):598-604. (in Engl) <https://doi.org/10.1111/bju.13712>.

УДК 616-092.11:616-006
© Коллектив авторов, 2025

В.А. Данилушкина¹, А.А. Федорцов¹, А.В. Макеева¹,
В.В. Шишкина¹, Н.В. Коротких^{1,2}, Д.А. Семенов²
**ПОСТЛУЧЕВЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СЛИЗИСТОЙ
ОБОЛОЧКИ ПОЛОСТИ РТА. ОРАЛЬНЫЙ МУКОЗИТ**

¹*ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет
им. Н.Н. Бурденко» Минздрава России, г. Воронеж*

²*БУЗ ВО «Воронежский областной научно-клинический
онкологический центр», г. Воронеж*

Авторами статьи проведен описательный синтез литературы для определения этиологии, патогенеза, порядка лечения и профилактики орального мукозита, а также оценка влияния постлучевого мукозита на качество жизни онкологического пациента. Поиск статей осуществлялся в трех основных российских и зарубежных базах данных в области здравоохранения и социальных наук: eLibrary, КиберЛенинка, PubMed.

Оральный мукозит – воспаление слизистой и подслизистой оболочек ротовой полости. Зачастую он является осложнением лучевой терапии. В настоящее время мукозит является актуальной проблемой, требующей комплексного подхода к своевременной диагностике и лечению. Это заболевание оказывает негативное влияние на состояние пациента, захватывая социальные, экономические, медицинские и психологические аспекты. Особый интерес представляет изучение гистологических факторов, которые имеют определенное значение в развитии орального мукозита: тучные клетки, VEGF-фактор, CD-68 и CD-163 макрофаги. В работе был искусственно воспроизведен оральный мукозит, представлены фотографии срезов слизистой оболочки ротовой полости контрольной группы крыс. Установлено, что тучные клетки (ТК) являются важным фактором запуска воспалительного процесса, а также оказывают влияние на процесс ангиогенеза. Проведена иммуногистохимическая идентификация VEGF слизистой оболочки ротовой полости у экспериментальных крыс с оральным мукозитом и показана значительная экспрессия VEGF в новообразованных сосудах микроциркуляторного русла. Выявлено, что число CD-68 и CD-163 позитивных макрофагов коррелирует с плохим исходом злокачественного заболевания у пациентов. Таким образом, клинические проявления зависят от факторов риска конкретного пациента, особенностей течения опухолевого заболевания и проведенного лучевого лечения. Подход к лечению вызывает определенные трудности у врачей, применяются симптоматическая терапия, лазерное излучение и экспериментальная терапия. Поэтому изучение гистологических факторов на биомодели радиационно-индуцированного орального мукозита расширит представления о патогенезе заболевания, что будет способствовать поиску новых препаратов для лечения и профилактики изучаемой патологии.

Ключевые слова: оральный мукозит, патогенез, онкология, лучевая терапия, тучные клетки.

V.A. Danilushkina, A.A. Fedortsov, A.V. Makeeva,
V.V. Shishkina, N.V. Korotkikh, D.A. Semyonov
**POSTRADIATION CHANGES
IN THE ORAL MUCOSA. ORAL MUCOSITIS**

The authors of the article conducted a descriptive synthesis of the literature to determine the etiology, pathogenesis, treatment and prevention of oral mucositis, as well as to assess the impact of post-radiation mucositis on the quality of life of an oncological patient. The search for articles was carried out in three main Russian and foreign databases in the field of health and social sciences: eLibrary, CyberLeninka, PubMed.

Oral mucositis is an inflammation of the mucosa and submucosa of the oral cavity, often a complication of radiation therapy. Mucositis is a pressing problem of the present time, requiring an integrated approach to timely diagnosis and treatment. The pathology has a negative impact on the patient's condition, capturing social, economic, medical and psychological aspects. Of particular interest is the study of histological factors that have a certain significance in the development of oral mucositis: mast cells (MC), VEGF factor, CD-68 and CD-163 macrophages. The work artificially reproduced oral mucositis, presented photos of sections of the oral mucosa of the control group of rats. It was found that MC are an important factor in triggering the inflammatory process, and also affect the angiogenesis process. Immunohistochemical identification of VEGF in the oral mucosa of experimental rats with oral mucositis was carried out and significant expression of VEGF in newly formed vessels of the microcirculatory bed was shown. It was revealed that the number of CD-68 and CD-163 positive macrophages correlates with a poor outcome of malignant disease in patients. Thus, clinical manifestations depend on the risk factors of a particular patient, the characteristics of the course of the tumor disease and radiation therapy. The approach to treatment causes certain difficulties for doctors, symptomatic therapy, laser radiation and experimental therapy are used. Therefore, the study of histological factors on a biomodel of radiation-induced oral mucositis will expand our understanding of the pathogenesis of the disease and contribute to the search for new drugs for the treatment and prevention of the pathology under study.

Key words: oral mucositis, pathogenesis, oncology, radiation therapy, mast cells.