



СПОСОБЫ ПРОТОВОИШЕМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ПОЧКИ ПРИ ОРГАНОСОХРАНЯЮЩЕМ ХИРУРГИЧЕСКОМ ЛЕЧЕНИИ БОЛЬНЫХ ПОЧЕЧНО-КЛЕТОЧНЫМ РАКОМ

© И.С. Шорманов¹, М.С. Лось²

¹ ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России, Ярославль;

² ГБУЗ Ярославской области «Областная клиническая больница», Ярославль

Для цитирования: Шорманов И.С., Лось М.С. Способы противоишемической защиты почки при органосохраняющем хирургическом лечении больных почечно-клеточным раком // Урологические ведомости. – 2019. – Т. 9. – № 3. – С. 39–47. <https://doi.org/10.17816/uroved9339-47>

Поступила: 03.07.2019

Одобрена: 12.08.2019

Принята к печати: 20.09.2019

Преимущества органосохраняющих операций на почках заключаются в улучшении функциональных результатов, уменьшении числа пациентов с терминальной хронической почечной недостаточностью в отдаленном послеоперационном периоде и связанных с ней сердечно-сосудистых осложнений и, как следствие, в повышении качества жизни больных. С одной стороны, сухое операционное поле необходимо для визуализации края резекции, а с другой — его создание запускает процесс острого ишемического повреждения ткани оперируемой почки. Каждая минута ишемии пропорционально повышает риск развития почечной недостаточности в отдаленном послеоперационном периоде. Особенно важно учитывать продолжительность ишемии при операциях на единственной почке, при двустороннем опухолевом поражении почек, а также при наличии хронической почечной недостаточности. После резекции почки ее остаточная функция зависит от предоперационного уровня клубочковой фильтрации, количества сохраненной в ходе операции паренхимы и длительности ишемии почки. Прогнозируемая функциональная недостаточность «здоровой» контралатеральной почки в послеоперационном периоде составляет 18 %. Возможность развития или усугубления уже имеющейся хронической почечной недостаточности вследствие прогрессирования нефросклероза достигает почти 80 %. Риск развития хронической почечной недостаточности III стадии и выше в отдаленные сроки после резекции почки составляет более 30 %. Таким образом, развитие прецизионной хирургии, а также поиск средств противоишемической защиты почки представляют важную задачу, направленную на сохранение максимального объема функционирующей почечной паренхимы.

Ключевые слова: почечно-клеточный рак; резекция почки; противоишемическая защита; нарушение функции почек.

APPROACHES TO KIDNEY ANTI-ISCHEMIC PROTECTION IN ORGAN-PRESERVING SURGICAL TREATMENT OF PATIENTS WITH RENAL CELL CANCER

© I.S. Shormanov¹, M.S. Los²

¹ Yaroslavl State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Yaroslavl, Russia;

² Regional Clinical Hospital, Yaroslavl, Russia

For citation: Shormanov IS, Los MS. Approaches to kidney anti-ischemic protection in organ-preserving surgical treatment of patients with renal cell cancer. *Urologicheskie vedomosti*. 2019;9(3):39-47. <https://doi.org/10.17816/uroved9339-47>

Received: 03.07.2019

Revised: 12.08.2019

Accepted: 20.09.2019

The advantages of organ-preserving kidney operations are the improvement of functional results, the reduction in the number of patients with end-stage chronic renal failure in long-term follow up and related cardiovascular complications along with overall patients' quality of life improvement. On the one hand, a dry surgical field is necessary for visualizing the resection margin and on the other hand, its creation starts the process of acute ischemic damage to the tissue of the operated kidney. Each minute of kidney ischemia proportionally increases the risk of developing renal failure in the long-term postoperative period. It is especially important to consider the duration of ischemia during operations on a single kidney, with bilateral tumor lesions of the kidneys, as well as in the presence of chronic renal failure. After resection of the kidney, its residual function depends on the preoperative level of glomerular filtration, the amount of parenchyma retained during surgery, and the duration of renal ischemia. The predicted functional insufficiency of the "healthy" contralateral kidney in

the postoperative period is 18%. The possibility of the chronic renal failure onset or worsening of the existing one due to the progression of nephrosclerosis reaches almost 80%. The development of chronic renal failure stage III and above in the long term after renal resection is more than 30%. Thus, there is a need for the development of precision surgery, as well as the search for anti-ischemic kidney protection, aimed at maintaining the maximum volume of functioning renal parenchyma.

⊗ **Keywords:** renal cell cancer; kidney resection; anti-ischemic protection; impaired renal function.

Любое органосохраняющее оперативное пособие по поводу заболевания почки сопровождается ее ишемическим повреждением и может приводить к острому или хроническому нарушению функции органа. Даже среди пациентов с elective показаниями к резекции почки, по данным литературы, частота развития послеоперационных урологических осложнений (острой почечной недостаточности, мочевых свищей, гнойно-воспалительных процессов, инфаркта почки) в зависимости от нозологии и объема оперативного вмешательства достигает 9 % [1, 2]. Прогнозируемая функциональная недостаточность «здоровой» контралатеральной почки в послеоперационном периоде составляет 18 % [3], а вероятность развития хронической почечной недостаточности вследствие прогрессирования нефросклероза — почти 80 % [4]. Развитие хронической почечной недостаточности III стадии и выше в отдаленные сроки после резекции почки составляет более 30 % [5]. Потеря почечной функции снижает продолжительность жизни, повышая риск развития сердечно-сосудистых заболеваний и их летальных осложнений [6–9].

После резекции остаточная функция почек зависит от предоперационного уровня клубочковой фильтрации, количества сохраненной в ходе операции паренхимы, длительности ишемии почки во время резекции [10].

Так называемая тепловая ишемия почки (временное пережатие почечных сосудов) является основным фактором, запускающим процесс острого ишемического повреждения почки во время органосохраняющей операции [11]. Особенно актуальна продолжительность гемостаза при операциях на единственной почке, при двустороннем опухолевом поражении почек, а также при наличии хронической почечной недостаточности [10]. В 2007 г. R.H. Thompson et al. [12], проанализировав результаты масштабного многоцентрового исследования, посвященного влиянию тепловой ишемии на функцию единственной почки после открытой органосохраняющей операции по поводу опухоли, сделали вывод, что к более частому

развитию нарушений функции почки приводит тепловая ишемия, продолжающаяся более 20 мин. Исследования M.C. Мосояна и др. (2014) показали, что даже при среднем времени тепловой ишемии, равном 14,4 мин, снижение почечной функции наблюдается уже через 24 ч и продолжается не менее 1 года [13]. F. Porpiglia et al. (2012) выявили стойкое снижение скорости клубочковой фильтрации через 3 мес. после тепловой ишемии почки без тенденции к дальнейшему ухудшению [14]. R.H. Thompson et al. (2010) отметили значительное повышение вероятности развития острой почечной недостаточности при проведении резекции почки в условиях тепловой ишемии, чем без нее [15]. Установлено, что на отдаленные функциональные результаты резекции почки влияет каждая минута ишемии [16, 17]. Исследования J.D. Choi et al. (2012) показали, что тепловая ишемия более 28 мин через 3 мес. после операции снижает скорость клубочковой фильтрации на 22,4 %, а через 12 мес. — на 30,6 %, в то время как при продолжительности тепловой ишемии менее 28 мин скорость клубочковой фильтрации значительно не меняется [17]. В исследовании С.Б. Петрова и др. (2009) время тепловой ишемии более 15 мин приводило к ультраструктурному повреждению нефронов и снижению клубочковой фильтрации на 20–30 % [18].

Обратимость возникающих во время тепловой ишемии изменений зависит от выраженности нарушения кровообращения в органе (гипоксия, неполная или тотальная ишемия). Снижение функции оперированной почки после длительного ишемического воздействия нивелируется при наличии функции контралатеральной почки [19].

Факторы, влияющие на продолжительность тепловой ишемии и вероятность развития осложнений, оценивали в исследованиях с использованием шкал R.E.N.A.L. и PADUA, которые включали такие характеристики опухоли почки, как диаметр, близость к полостной системе, локализация (передняя/задняя, медиальная/латеральная) и вовлечение чашечно-лоханочной системы. Используя при подготовке к органосохраняющей операции эти шкалы, можно спрогнозировать время тепловой ишемии,

интраоперационное нарушение целостности чашечно-лоханочной системы почки, объем кровопотери и спланировать ход резекции. Независимыми предикторами времени тепловой ишемии более 20 мин и осложнений в целом являются не только анатомические характеристики опухоли, но и опыт хирурга [20, 21].

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ХОЛОДОВОЙ ИШЕМИИ

Холодовая ишемия почки на сегодняшний день наиболее известный и широко применяемый метод длительной защиты почки и сохранения ее функции. Защитное действие метода заключается в снижении интенсивности энергетических процессов путем охлаждения резецируемой почки. Противоишемическую защиту осуществляют либо перфузией стерильными охлажденными растворами через почечную артерию, либо при помощи замороженных компонентов (льда), которые располагают вокруг органа. Холодовая ишемия — достаточно трудоемкий процесс, приводящий к общей гипотермии организма, вследствие этого она не получила достаточного признания при интракорпоральной резекции почки. Ее используют при экстракорпоральной резекции почки с последующей ее аутотрансплантацией у пациентов с большими, центрально расположенными новообразованиями, когда органосохраняющая операция *in situ* предполагает длительную ишемию и в связи с этим зачастую становится технически невыполнимой. Методика экстракорпоральной операции является сложной, трудоемкой и травматичной с высоким риском развития сосудистых осложнений, кровотечения и некроза мочеточника [22–25]. Б.К. Комяков и др. (2012) представили способ интракорпоральной консервации — холодной ишемии при резекции почки *in situ* в условиях ее полного интракорпорального отключения от кровотока и постоянной селективной перфузии охлажденным раствором Кустодиола [26]. В клинической практике метод позволяет продлить время ишемии до 95 мин с хорошими послеоперационными результатами. Интракорпоральная консервация способствует радикальности резекции любой сложности с минимальным риском волевых, метаболических и гипотермических осложнений (потеря почечной функции); устраняет необходимость в аутотрансплантации органа, снижая травматизм и длительность оперативного вмешательства [26].

СОКРАЩЕНИЕ ВРЕМЕНИ ТЕПЛОВОЙ ИШЕМИИ

По данным ряда исследований, среднее время тепловой ишемии в ходе открытой резекции почки составляет 14–21 мин, а при опухолях единственной почки или опухолях большого размера — 38 мин. При лапароскопической резекции почки время ишемии колеблется от 27 до 35 мин, а при робот-ассистированной — от 19,7 до 32,1 мин. Таким образом, продолжительность тепловой ишемии почки по различным причинам не всегда остается в рамках «безопасной» [27]. Поиск путей сокращения времени ишемизации органа ведут многие авторы.

Сократить общее время тепловой ишемии можно путем применения методик, сокращающих время, необходимое для ушивания дефекта почки. Например, техника «скользящей клипсы» может сократить тепловую ишемию до 7 мин за счет отсутствия дополнительных швов. На операционный дефект накладывают клипсы Hem-o-lok, размещенные на обоих концах нити, которые сдвигают манипуляторами, повышая натяжение при ушивании паренхимы почки, для достижения надежного гемостаза и позиционирования паренхимы [28].

С.Н. Димитриади и др. (2014) предложили метод сокращения времени тепловой ишемии при лапароскопической резекции почки, суть которого состоит в исключении отдельного ушивания вскрытой полостной системы: наложение гемостатических швов происходит с использованием техники «скользящих клипс» без применения дополнительных гемостатических материалов. Авторы отмечают, что данная методика не повышает риска образования мочевых свищей [29].

С целью сокращения времени тепловой ишемии почки можно прибегать к раннему удалению зажима: кровоток по почечной артерии восстанавливается после наложения первого ряда швов на паренхиму почки с поврежденными сосудами и элементами собирательной системы почки. Этот метод вдвое сокращает время тепловой ишемии и может использоваться при любых малоинвазивных оперативных вмешательствах [30].

Уменьшение времени тепловой ишемии может быть достигнуто также при помощи специальных шовных материалов, например нити V-Loc — монофиламентного рассасывающегося шовного материала с насечками для самофиксации с целью профилактики прорезывания ткани паренхимы почки при осуществлении окончательного гемостаза [31].

СОКРАЩЕНИЕ ПЛОЩАДИ ИШЕМИИ

Ишемизация почечной паренхимы в зависимости от распространенности может носить глобальный (включать весь орган — при пережатии сосудистой ножки) или регионарный (парциальный) характер. Таким образом, осуществляя временный гемостаз при органосохраняющей операции на почке, можно корректировать объем ишемического повреждения органа путем:

- одновременного пережатия артерии и вены (пережатие en bloc);
- наложения зажима только на артерию, питающую опухоль или сегмент почки с опухолью (селективное — selective — пережатие сегментарного сосуда);
- наложения сосудистого зажима по мере необходимости (on demand);
- нулевая ишемия (zero ischemia) — способы выполнения вмешательства, не вызывающие ишемического повреждения даже части органа.

Пережатие всей почечной ножки служит причиной бóльших патологических изменений, нежели пережатие только почечной артерии [32]. Возможно, из-за несоответствия реального и безопасного времени в последние годы разрабатывается концепция так называемой нулевой ишемии. Этим термином обозначают способы выполнения вмешательства, не приводящие к ишемическому повреждению даже части органа.

К ним относятся:

- беззажимная (no-clamping) техника;
- техника селективной микродиссекции третичных и четвертичных артерий почки;
- метод контролируемой гипотензии.

Беззажимная техника подразумевает резекцию опухоли без пережатия почечной ножки и при нормальном уровне артериального давления. Данная операция может сопровождаться значительным, зачастую неконтролируемым, объемом кровопотери из ложа удаленной опухоли, но позволяет максимально сохранить количество функционирующих нефронов. Из-за опасности развития кровотечения технику no-clamping применяют ограниченно — только при резекции опухолей небольшого размера с преимущественно экстраренальным ростом [13, 33].

Селективная диссекция и клипирование питающих опухоль артерий третьего или четвертого порядка является наиболее технически сложным способом защиты почки от ишемического по-

вреждения органа при резекции. Анатомической предпосылкой служит радиальный тип кровоснабжения почки и, соответственно, сегментарная структура. В почке принято выделять пять сегментов, каждый из которых кровоснабжается отдельной веткой почечной артерии: верхний, нижний, передневерхний, передненижний и задний. Это позволяет удалить патологически измененную часть почки без нарушения функции органа в целом с сохранением оставшейся функционирующей паренхимы. I.S. Gill et al. (2012) описали 15 случаев роботической и 43 случая лапароскопической резекции почки в условиях нулевой ишемии без пережатия почечной ножки путем микродиссекции почечных артерий, питающих опухоль, 3-го и более порядка и наложения на них зажимов типа «бульдог» с положительными послеоперационными результатами [34].

Суперселективная эмболизация почечных артерий, питающих опухоль, выполняемая до резекции почки, позволяет отказаться от интраоперационного пережатия почечных сосудов и повысить безопасность лапароскопического вмешательства. G. Simone et al. (2011) описали 7-летний опыт выполнения лапароскопической резекции почки в условиях нулевой ишемии путем трансартериальной эмболизации опухоли с положительными результатами. Авторы предложили использовать данную методику при опухолях со средними значениями нефрометрии [31]. По мнению Ю.Г. Аляева и др. (2016), данная методика имеет ряд преимуществ: предотвращает тепловую ишемию нормальной паренхимы почки, которая в последующем могла бы негативно сказаться на ее функции; делает возможным проведение резекции в случаях сложной сосудистой анатомии, когда мобилизация почечной артерии, а тем более сегментарных сосудов технически сложна или невозможна; ведет к снижению интраоперационной кровопотери, что положительно сказывается на общем течении послеоперационного периода; способствует расширению показаний к использованию суперселективной эмболизации при лапароскопических операциях. В качестве недостатка метода авторы отмечают ухудшение визуальной дифференцировки между опухолевой и здоровой тканью в ходе резекции по линии демаркации [32].

Метод контролируемой гипотензии, при котором системное артериальное давление снижается до 65 мм рт. ст., позволяет выполнить резекцию

почки без пережатия почечных сосудов с минимально возможной геморрагией. I.S. Gill et al. (2012) описали хорошие результаты 12 случаев лапароскопической и 3 случая робот-ассистированной резекции почки по поводу маленьких опухолей (1–4 см в диаметре) без наложения зажима на сосудистую ножку с фармакологической гипотонией до 60 мм рт. ст. в течение 1–5 мин. Однако при таких низких цифрах артериального давления, особенно в условиях пневмоперитонеума, резко нарушается фильтрация в почечных клубочках и могут страдать жизненно важные кислород-зависимые органы (сердце, головной мозг). С учетом этого многие авторы не считают этот метод достаточно безопасным.

G.L. Martin et al. (2012) сравнивали тотальную, селективную и неартериальную техники наложения зажима в ходе лапароскопической и робот-ассистированной резекции почки и получили сопоставимые среднесрочные результаты применения техники селективного пережатия артерий почки и выполнения процедуры без ишемии [35].

Еще одну возможность для создания «сухого» операционного поля при органосохраняющем оперативном вмешательстве на почке без пережатия почечных сосудов предоставляет метод локального сдавления паренхимы почки в месте резекции. При открытых операциях это может быть пальцевое сдавление или же наложение зажима на паренхиму почки. В литературе описаны различные модификации зажимов, применяемых для селективного пережатия почечной паренхимы как при открытых (Reniclamp, DeVakey), так и при лапароскопических (Simon, Aescular) и роботических (Семенова – Мосояна, Аль-Шукри – Мосояна и Короста – Мосояна) операциях [13, 36–39]. Показаниями для компрессии паренхимы во время резекции почки являются небольшие (до 3 см) опухоли верхнего или нижнего полюса в стадии T 1 или большие опухоли, но расположенные экстраренально, а также высокий риск развития послеоперационной острой почечной недостаточности. Исследования показали, что резекция почки в условиях селективной ишемии с наложением зажима на паренхиму составляет альтернативу пережатию почечной ножки и позволяет избежать интраоперационного кровотечения. Недостаток метода заключается в возможности его полноценного использования только при резекциях полюсов почки.

К механическим инструментам интраоперационной компрессии паренхимы почки относятся

также и гибкие конструкции. В 1995 г. I.S. Gill et al. предложили использовать специальный турникет, представляющий собой двойную петлю, которую надевают на паренхиму почки, обеспечивая компрессию и обескровливание полюса органа. О.Б. Лоран и др. (2013) предложили накладывать вокруг опухоли по всему ее диаметру, отступя около 1 см от ее края, превентивные швы, которые затем завязываются над паренхимой [40]. После наложения швов выполняют резекцию почки с опухолью в пределах намеченной окружности. После достижения гемостаза ложе опухоли ушивают, чаще всего с применением какой-либо прокладки. Наложённые ранее провизорные швы используют при ушивании паренхимы почки в области ложа опухоли. Эти швы захватывают в шов, предотвращая прорезывание нитей. Методика позволяет уменьшить интенсивность кровотечения во время выполнения резекции; снизить риск прорезывания тканей при ушивании ложа опухоли; уменьшить длительность операции во время гемостаза; снизить вероятность пережатия почечной артерии [40]. При полярном расположении опухолей для компрессии паренхимы почки также может быть использована эндопетля Endoloop [41].

Для улучшения отдаленных функциональных результатов в ходе резекции почки можно сочетать различные методики. Например, некоторые авторы предлагают выполнять селективную микродиссекцию и пережатие артерии, питающей опухоль, в сочетании с фармакологической гипотонией [42]. А.К. Носов и др. (2016) произвели лапароскопическую резекцию почки в условиях нулевой ишемии и без наложения гемостатического шва 70 пациентам с положительными послеоперационными результатами: объем функционирующей паренхимы резецированной почки уменьшился лишь на объем удаленной опухоли [43]. По мнению авторов, для профилактики кровотечения и герметизации чашечно-лоханочного комплекса достаточно только электрогемостаза с дополнением местными клеящими композициями [43].

КОНТРОЛЬ ЗА КРАЕМ РЕЗЕКЦИИ

Радикальность удаления опухоли почки при органосохраняющей операции определяется отсутствием положительного края в зоне резекции. Контроль за краем зоны резекции, с одной стороны, обеспечивает длительное безрецидивное течение болезни, а с другой — позволяет максимально

сохранить неповрежденную онкологическим процессом паренхиму и, соответственно, почечную функцию. Для онкологического контроля применяют экспресс-биопсию из резецируемого участка ложа удаленной опухоли. Однако данный критерий оценки нельзя назвать точным, так как иногда нет возможности четко визуализировать опухолевую ткань в крае резекции, то есть материал для биопсии из различных участков области резекции берут не прицельно, а случайным методом. Как следствие, существует вероятность ложноотрицательного результата. Кроме того, морфологическое исследование занимает много времени, что увеличивает период ишемии и может привести к серьезному нарушению почечной функции [44]. Применение УЗИ интраоперационно, в том числе с маркировкой края резекции соноконтрастными иглами, позволяет более точно определить границы опухоли. Это дает возможность максимально сохранить здоровую паренхиму почки, не влияя на количество ранних осложнений и на специфическую и безрецидивную выживаемость. Благодаря данному варианту контроля края резекции были расширены показания к органосохраняющему лечению больных почечно-клеточным раком с опухолями размером более 7 см, а также с опухолями «неудобных» локализаций [45].

К современным методам контроля за краем резекции относится также флуоресцентная диагностика (первичная и вторичная) злокачественных новообразований. Метод основан на применении фотосенсибилизаторов (разнообразных производных порфирина и родственных макроциклов), которые при воздействии на них светом определенной длины волны переходят в возбужденное состояние и инициируют физико-химические процессы, сопровождающиеся люминесценцией и деструкцией опухоли. Аутофлуоресцентная диагностика (первичная) подразумевает определение различий в интенсивности и спектральном составе собственной флуоресценции здоровой и опухолевой ткани без применения фотосенсибилизаторов, так как ткани с повышенной пролиферативной способностью (неопластическая, эмбриональная и регенеративная) больше накапливают порфирины, соответственно, интенсивность их свечения будет больше. Вторичная флуоресцентная диагностика состоит в применении фотосенсибилизаторов, тропных к раковым клеткам, с возможностью их обнаружения по характерной флуоресценции экзогенных

или эндогенных флуорохромов. Яркая флуоресценция флуорохромов, избирательно накапливающихся в ткани злокачественного новообразования, позволяет отличать объекты, достигающие размеров долей миллиметра. Флуоресцентная диагностика является неинвазивной и не воздействует на динамику различных биологических процессов в тканях. Вследствие моментальной обработки данных оптического анализа можно быстро скорректировать объем резекции в соответствии с полученной информацией, оценить хирургическое ложе после операции, а в случае выявления остаточной опухоли — выполнить срочную биопсию из конкретного участка. Метод позволяет выявить биохимические изменения тканей при трансформации нормальных клеток в диспластические и злокачественные (которые происходят раньше структурных перестроек), микроочаги новообразований и микрометастазы (в том числе множественные), невидимые при обычном освещении. Исследования показывают, что флуоресцентная диагностика представляет высокоэффективный метод оценки радикальности оперативного вмешательства, использование которого снижает риск местного рецидива заболевания и повышает продолжительность безрецидивного течения [46, 47].

Важным этапом подготовки к органосохраняющему оперативному вмешательству является предоперационное виртуальное планирование, которое дает возможность прогнозировать особенности операции, ее трудные и опасные этапы, предвидеть возможные осложнения. Технология дополненной реальности для интраоперационной навигации на основе предоперационного 3D-моделирования зоны хирургического интереса путем совмещения компьютерной модели и изображения реального органа во время видеоэндоскопической операции позволяет получить важную информацию о пространственной структуре органа, локализации патологического процесса, выбрать сегментарный сосуд для осуществления тепловой ишемии [48].

ВЫВОД

В результате выполнения органосохраняющей операции на почке удастся улучшить функциональные результаты, сократить число пациентов с терминальной стадией хронической болезни почек и связанных с ней сердечно-сосудистых осложнений. Это особенно важно для пациентов с анатомически или функционально единственной

почкой, так как в значительной мере может повысить качество их жизни. В настоящее время существует необходимость развития прецизионной хирургии, а также дальнейшего совершенствования средств противоишемической защиты почки, направленной на сохранение максимального объема функционирующей почечной паренхимы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красюкова Е.И., Шкодкин С.В. Взгляды на закрытие раны почки // Материалы XIV Конгресса Российского общества урологов; 10–12 сентября 2014. – Саратов; 2014. – С. 296–297. [Krasuykova EI, Shkodkin SV. Views on the closure of wounds of the kidney. Proceedings of the XIV Congress of the Russian Society of Urology; date 2014 September 10-12. Saratov; 2014. P. 296-297. (In Russ.)]
2. Оношко В.Ф., Леявин К.Б., Сысин С.А. Органосохраняющие операции на почке: пути профилактики послеоперационных осложнений // Клиническая онкология. – 2012. – № 1 (спец. выпуск). – С. 16–17. [Onoshko VF, Lelyavin KB, Sysin SA. Nephron-sparing kidney surgery: ways to prevent postoperative complications. *Clinical oncology*. 2012;(1):16-17. Special release. (In Russ.)]
3. Marbergre M, Pugh RC, Auvert J, et al. Conservative surgery of renal carcinoma: the EIRSS experience. *Brit J Urol*. 1981;53(6):528-532. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410x.1981.tb03254.x>.
4. Аляев Ю.Г., Крапивин А.А. Выбор диагностической и лечебной тактики при опухоли почки. – М.: Триада; 2005. – 221 с. [Alyayev YuG, Krapivin AA. The choice of diagnostic and therapeutic tactics for kidney tumors. Moscow: Triada; 2005. 221 p. (In Russ.)]
5. Волкова М.И., Скворцов И.Я., Климов А.В., и др. Влияние объема хирургического вмешательства на функциональные результаты и кардиоспецифическую выживаемость у больных клинически локализованным раком почки // Онкоурология. – 2014. – № 3. – С. 22–30. [Volkova MI, Skvortsov IYa, Klimov AV, et al. Impact of surgical volume on functional results and cardio-specific survival rates in patients with clinically localized renal cancer. *Onkourologia*. 2014;(3):22-30. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2014-10-3-22-30>.
6. Арутюнов Г.П., Оганезова Л.Г. Проблема гиперфильтрации в клинической практике // Клиническая нефрология. – 2009. – № 1. – С. 29–40. [Arutyunov GP, Oganezova LG. Hyperfiltration in clinical practice. *Klinicheskaja nefrologija*. 2009;(1):29-40. (In Russ.)]
7. Шорманов И.С., Лось М.С. Патопфизиология кортико-симпатико-адреналовой системы в послеоперационном периоде парциальной нефрэктомии // Урологические ведомости. – 2018. – Т. 8. – № 2. – С. 11–17. [Shormanov IS, Los MS. Pathophysiology of the cortico-sympathoadrenal system in the postoperative period of partial nephrectomy. *Urologicheskie vedomosti*. 2018;8(2):11-17. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17816/uroved8211-17>.
8. Шаповалов В.В., Кычаков А.А., Яблонский В.А., и др. Отдаленные результаты органосохраняющего лечения рака почки // Материалы XIII Конгресса Российского общества урологов; 6–8 ноября 2013. – М.; 2013. – С. 381. [Shapovalov VV, Kichakov AA, Yablonsky VA, et al. Long-term results of organ-preserving treatment of kidney cancer. Proceedings of the XIII Congress of the Russian Society of Urology; date 2013 November 6-8. Moscow; 2013. P. 381. (In Russ.)]
9. Chen CY, Lin KP, Lu SH, et al. Adjuvant hyperbaric oxygen therapy in the treatment of hemodialysis patients with chronic osteomyelitis. *Ren Fail*. 2008;30(2):233-237. <https://doi.org/10.1080/08860220701813384>.
10. Евсеев С.В., Гусев А.А. Значение оценки почечной функции при почечно-клеточном раке // Вестник урологии. – 2013. – № 3. – С. 39–53. [Evseev SV, Gusev AA. Value assessment of renal function in renal cell carcinoma. *Vestnik urologii*. 2013;(3):39-53. (In Russ.)]
11. Попов С.В., Гусейнов Р.Г., Горшков А.Н., и др. Изменения ультраструктурной организации почки в условиях экспериментально смоделированной тепловой ишемии при оперативном вмешательстве // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия: Медицина. – 2016. – № 1. – С. 104–119. [Popov SV, Guseinov RG, Gorshkov AN, et al. Changes in the ultrastructural organization of the kidney under conditions of experimentally modeled thermal ischemia during surgical intervention. *Vestnik of Saint Petersburg university. Ser.: Medicine*. 2016;(1):104-119. (In Russ.)]
12. Thompson RH, Frank I, Lohse CM, et al. The impact of ischemia time during open nephron sparing surgery on solitary kidneys: a multi-institutional study. *J Urol*. 2007;177(2):471-476. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2006.09.036>.
13. Мосоян М.С., Аль-Шукри С.Х., Семенов Д.Ю., и др. Селективная ишемия почечной паренхимы как альтернатива традиционно-му пережатию сосудистой ножки при резекции почки // Вестник урологии. – 2014. – № 3. – С. 3–11. [Mosoyan MS, Al-Shukri SKh, Semenov DYu, et al. Selective parenchyma clamping technique as an alternative to traditional vascular clamping during partial nephrectomy. *Vestnik urologii*. 2014;(3):3-11. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21886/2308-6424-2014-0-3-3-11>.
14. Porpiglia F, Fiori C, Bertolo R, et al. Long-term functional evaluation of the treated kidney in a prospective series of patients who underwent laparoscopic partial nephrectomy for small renal tumors. *Eur Urol*. 2012;62(1):130-135. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2012.02.001>.
15. Thompson RH, Lane BR, Lohse CM, et al. Comparison of warm ischemia versus no ischemia during partial nephrectomy on a solitary kidney. *Eur Urol*. 2010;58(3):331-336. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2010.05.048>.

16. Patel AR, Eggener SE. Warm ischemia less than 30 minutes is not necessarily safe during partial nephrectomy: every minute matters. *Urol Oncol*. 2011;29(6):826-828. <https://doi.org/10.1016/j.urolonc.2011.02.015>.
17. Choi JD, Park JW, Lee SY, et al. Does prolonged warm ischemia after partial nephrectomy under pneumoperitoneum cause irreversible damage to the affected kidney? *J Urol*. 2012;187(3):802-806. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2011.10.140>.
18. Петров С.Б., Шпилея Е.С., Шкарупа Д.Д. Функциональные результаты резекции почки при новообразованиях // Вестник хирургии им. И.И. Грекова. – 2009. – Т. 168. – № 4. – С. 85–87. [Petrov SB, Shpilena ES, Shkarupa DD. Functional results of partial nephrectomy for kidney tumors. *Vestnik khirurgii im. I.I. Grekova*. 2009;168(4):85-87. (In Russ.)]
19. Биленко М.В. Ишемические и реперфузионные повреждения органов (молекулярные механизмы, пути предупреждения и лечения). – М.: Медицина; 1989. – 367 с. [Bilenko MV. Ischemic and reperfusion organ damage (molecular mechanisms, prevention and treatment). Moscow: Medicine; 1989. 367 p. (In Russ.)]
20. Mayer WA, Godoy G, Choi JM, et al. Higher renal nephrometry score is predictive of longer warm ischemia time and collecting system entry during laparoscopic and robotic-assisted partial nephrectomy. *Urology*. 2012;79(5):1052-1056. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2012.01.048>.
21. Porpiglia F, Renard J, Billia M, et al. Is renal warm ischemia over 30 minutes during laparoscopic partial nephrectomy possible? One-year results of a prospective study. *Eur Urol*. 2007;52(4):1170-8. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2007.04.024>.
22. MacLennan S, Imamura M, Lapitan MC, et al. Systematic review of oncological outcomes following surgical management of localised renal cancer. *Eur Urol*. 2012;61(5):972-993. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2012.02.039>.
23. Назарова О.Р., Перлин Д.В., Волкова М.И., и др. Повторные резекции почек спустя 5 лет после экстракорпоральных резекций // Онкоурология. – 2014. – № 4. – С. 23–26. [Nazarova OR, Perlin DV, Volkova MI, et al. Kidney re-resections 5 years after extracorporeal resections. *Onkourologia*. 2014;(4):23-26 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2014-10-4-23-26>.
24. Грицкевич А.А., Пьяникин С.С., Адырхаев З.А., и др. Резекция почки ex vivo в условиях фармако-холодовой ишемии с последующей ортотопической аутотрансплантацией // Трансплантология. – 2016. – № 3. – С. 27–36. [Gritskevich AA, P'yanyikin SS, Adyrkhaev ZA, et al. Ex vivo kidney resection in pharmacological cold ischemia followed by orthotopic autotransplantation. *Transplantologija*. 2016;(3):27-36. (In Russ.)]
25. Теплов А.А., Зотиков А.Е., Пьяникин С.С., и др. Экстракорпоральная резекция почки при раке почки // Материалы XIII Конгресса Российского общества урологов; 6–8 ноября 2013. – М.; 2013. – С. 374–375. [Teplov AA, Zotikov AE, P'yanyikin SS, et al. Extracorporeal resection of the kidney for kidney cancer. Proceedings of the XIII Congress of the Russian Society of Urology; date: 2013 November 6-8. Moscow; 2013. P. 374-375. (In Russ.)]
26. Комяков Б.К., Замятин С.А., Шломин В.В., и др. Резекция единственно функционирующей левой почки в условиях ее длительной интракорпоральной холодовой ишемии // Медицинский вестник Башкортостана. – 2015. – Т. 10. – № 3. – С. 256–259. [Komyakov BK, Zamyatin SA, Shlomin VV, et al. Resection of the only functioning left kidney under long intracorporeal cold ischemia. *Bashkortostan medical journal*. 2015;10(3):256-259. (In Russ.)]
27. Aboumarzouk OM, Stein RJ, Haber GP, et al. Laparoscopic partial nephrectomy in obese patients: a systematic review and meta-analysis. *BJU Int*. 2012;110(9):1244-1250. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2012>.
28. Cabello JM, Benway BM, Bhayani SB. Robotic-assisted partial nephrectomy: surgical technique using a 3-arm approach and sliding-clip renorrhaphy. *Int Braz J Urol*. 2009;35(2):199-203. <https://doi.org/10.1590/s1677-55382009000200010>.
29. Димитриади С.Н., Кит О.И., Медведев В.Л. Технические особенности выполнения лапароскопической резекции почки при почечно-клеточном раке // Онкоурология. – 2014. – № 2. – С. 16–21. [Dimitriadi SN, Kit OI, Medvedev VL. Technical characteristics of laparoscopic partial nephrectomy in case of renal cell carcinoma. *Onkourologia*. 2014;(2):16-21. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17650/1726-9776-2014-10-2-16-21>.
30. San Francisco IF, Sweeney MC, Wagner AA. Robot-assisted partial nephrectomy: early unclamping technique. *J Endourol*. 2011;25(2):305-308. <https://doi.org/10.1089/end.2010.0436>.
31. Simone G, Papalia R, Guaglianone S, et al. Zero ischemia laparoscopic partial nephrectomy after superselective transarterial tumor embolization for tumors with moderate nephrometry score: long-term results of a single-center experience. *Journal of Endourology*. 2011;25(9):1443-1446. <https://doi.org/10.1089/end.2010.0684>.
32. Аляев Ю.Г., Сорокин Н.И., Кондрашин С.А., и др. Суперселективная эмболизация сосудов, питающих опухоль перед резекцией почки // Вестник урологии. – 2016. – № 2. – С. 13–28. [Alyayev YG, Sorokin NI, Kondrashin SA, et al. Superselective embolization of the vessels feeding the tumor before partial nephrectomy. *Vestnik urologii*. 2016;(2):13-28. (In Russ.)]. <https://doi.org/10.21886/2308-6424-2016-0-2-13-28>.
33. Novak R, Mulligan D, Abaza R. Robotic partial nephrectomy without renal ischemia. *Urology*. 2012;79(6):1296-1301. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2012.01.065>.
34. Gill IS, Patil MB, Abreu AL, et al. Zero ischemia anatomical partial nephrectomy: a novel approach. *J Urol*. 2012;187(3):807-814. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2011.10.146>.
35. Martin GL, Warner JN, Nateras RN, et al. Comparison of total, selective, and nonarterial clamping techniques during lapa-

- roscopic and robot-assisted partial nephrectomy. *J Endourol.* 2012;26(2):152-156. <https://doi.org/10.1089/end.2011.0304>.
36. Rodríguez-Covarrubias F, Gabilondo B, Borgen JL, Gabilondo F. Partial nephrectomy for renal tumors using selective parenchymal clamping. *Int Urol Nephrol.* 2007;39(1):43-46. <https://doi.org/10.1007/s11255-006-9069-6>.
37. Мосоян М.С., Аль-Шукри С.Х., Семенов Д.Ю., Ильин Д.М. Опыт робот-ассистированной и лапароскопической резекции почки в условиях регионарной ишемии // Урологические ведомости. – 2013. – Т. 3. – № 2. – С. 16–19. [Mosoyan MS, Al-Shukri SKh, Semenov DYu, Ilin DM. The experience of robot-assisted and laparoscopic resection of kidney in condition of regional ischemia. *Urologicheskie ведомosti.* 2013;3(2):16-19. (In Russ.)]
38. Whiting B, Su L-M, Yamamoto A. Off clamp robotic heminephrectomy: the Simon laparoscopic renal pole clamp. *J Urol.* 2011;185(4):414-415. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2011.02.1064>.
39. Simon J, Bartsch G Jr, Finter F, et al. Laparoscopic partial nephrectomy with selective control of the renal parenchyma: initial experience with a novel laparoscopic clamp. *BJU Int.* 2009;103(6):805-808. <https://doi.org/10.1111/j.1464-410X.2008.08112.x>.
40. Лоран О.Б., Серегин А.В., Шустицкий Н.А. Технические особенности при выполнении органосохраняющих операций по поводу рака почки // Медицинский вестник Башкортостана. – 2013. – Т. 8. – № 2. – С. 197–201. [Loran OB, Seregin AV, Shustitskiy NA. Technical peculiarities during organ-preserving surgery for kidney cancer. *Bashkortostan medical journal.* 2013;8(2):197-201. (In Russ.)]
41. Saitz TR, Dorsey PJ, Colli J, Lee BR. Induction of cold ischemia in patients with solitary kidney using retrograde intrarenal cooling: 2-year functional outcomes. *Int Urol Nephrol.* 2013;45(2):313-320. <https://doi.org/10.1007/s11255-013-0391-5>.
42. Gill IS, Eisenberg MS, Aron M, et al. “Zeroischemia” partial nephrectomy: Novel laparoscopic and robotic technique. *Eur Urol.* 2011;59(1):128-134. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2010.10.002>.
43. Носов А.К., Лушина П.А., Петров С.Б. Лапароскопическая резекция почки без ишемии и без наложения гемостатического шва на зону резекции у пациентов с раком почки // Урологические ведомости. – 2016. – Т. 6(спец. выпуск). – С. 76–77. [Nosov AK, Lushina PA, Petrov SB. Laparoskopicheskaja rezekcija pochki bez ishemii i bez nalozhenija gemostaticheskogo shva na zonu rezekcii u pacientov s rakom pochki. *Urologicheskie vedomosti.* 2016;6(Suppl.):76-77. (In Russ.)]
44. Чернышев И.В., Алтуни Д.В., Самсонов Ю.В., Каллаев К.К. Новые возможности фотодинамической диагностики и лечения рака предстательной железы и почки // Экспериментальная и клиническая урология. – 2011. – № 2–3. – С. 92–94. [Chernyshev IV, Altunin DV, Samsonov YuV, Kallaev KK. Photodynamic methods of diagnostics and treatment of prostate and kidney cancer: new possibilities. *Experimental and clinical urology.* 2011;(2-3):92-94. (In Russ.)]
45. Ивахно К.Ю., Карнаух П.А. Совершенствование открытой резекции почки с использованием интраоперационного УЗИ // Медицинская наука и образование Урала. – 2012. – Т. 13. – № 2. – С. 102–103. [Ivakhno KYu, Karnaukh PA. Improvement of the results in open nephron sparing surgery by intraoperation USI. *Meditsinskaja nauka i obrazovanie Urala.* 2012;13(2):102-103. (In Russ.)]
46. Hoda MR, Popken G. Surgical outcomes of fluorescence-guided laparoscopic partial nephrectomy using 5-aminolevulinic acid-induced protoporphyrin IX. *J Surg Res.* 2009;154(2):220-225. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2008.12.027>.
47. Чернышев И.В., Ханакаев Р.А. Анализ собственной и индуцированной флуоресценции злокачественных новообразований и интактных тканей почек // Экспериментальная и клиническая урология. – 2014. – № 4. – С. 32–37. [Chernishev IV, Chanakaev RA. Analysis of own and induced fluorescence of the malignant kidney tumors and healthy tissue. *Experimental and clinical urology.* 2014;(4):32-37. (In Russ.)]
48. Дубровин В.Н., Егошин А.В., Фурман Я.А., и др. Первый опыт применения технологии дополненной реальности на основе 3D-моделирования для интраоперационной навигации при лапароскопической резекции почки // Медицинский альманах. – 2015. – № 2. – С. 45–47. [Dubrovin VN, Egoshin AV, Furman YaA, et al. First experience of applying the technology of added reality on the basis of 3D simulation for intraoperative navigation during laparoscopic renal resection. *Medicinskij al'manah.* 2015;(2):45-47. (In Russ.)]

Сведения об авторах:

Игорь Сергеевич Шорманов — д-р мед. наук, профессор, заведующий кафедрой урологии с нефрологией. ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России, Ярославль. E-mail: i-s-shormanov@yandex.ru.

Марина Сергеевна Лось — канд. мед. наук, врач-уролог. ГБУЗ Ярославской области «Областная клиническая больница», Ярославль. E-mail: 922099@mail.ru.

Information about the authors:

Igor S. Shormanov — Doctor of Medical Sciences, Professor, Head, Department of Urology with Nephrology. Yaroslavl State Medical University of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Yaroslavl, Russia. E-mail: i-s-shormanov@yandex.ru.

Marina S. Los — Candidate of Medical Sciences, Urologist, Regional Clinical Hospital, Yaroslavl, Russia. E-mail: 922099@mail.ru.