



Эффективность оригинального способа ренорафии в эксперименте

© Сергей В. Шкодкин^{1, 2}, Мохаммедейн З. А. А. Зубайди¹,
Вячеслав П. Бондарев³, Микаэл Б. Чибичян⁴, Евгений Г. Пономарев¹,
Владислав Ю. Нечипоренко¹, Кирилл С. Шкодкин¹

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет [Белгород, Россия]

² Белгородская областная клиническая больница Святителя Иоасафа [Белгород, Россия]

³ Областное патологоанатомическое бюро [Курск, Россия]

⁴ Ростовский государственный медицинский университет [Ростов-на-Дону, Россия]

Аннотация

Введение. Нефронсберегающая хирургия при локализованном раке почки прочно вошла в рекомендательную базу всех урологических ассоциаций. Одним из важных аспектов данной хирургии является обработка почечной раны после резекции. Обилие способов гемостаза является не только следствием неустанных поисков, но и реального отсутствия универсальных и эффективных технологий.

Цель исследования. Оценить эффективность различных способов закрытия почечной раны.

Материалы и методы. Эффективность изучаемых швов исследована на лабораторных половозрелых крысах самцах массой 280 – 350 г при билатеральной резекции почек. В группах регистрировали время наложение швов и относительную частоту прорезывания, как отношение числа прорезавшихся к общему числу наложенных лигатур и морфологическую картину линии резекции на 7-е и 28-е сутки.

Результаты. В группах с непрерывным и оригинальным швами время наложения и время тепловой ишемии было сопоставимо ($p = 0,068$). В группе горизонтального узлового шва данный показатель достоверно был выше ($p < 0,01$). Оптимизация методики ренорафии с использованием оригинального шва позволила сократить на 19,7% частоту прорезывания и геморрагических осложнений по сравнению с обвивным швом ($p < 0,05$), на 38,5% ускорить время наложения шва, и на 58% снизить риски острого почечного повреждения по сравнению с классическими вариантами наложения шва на почечную паренхиму. В этой группе отмечены минимальные воспалительные и некротические изменения по линии шва с резорбцией последних к четвертой неделе наблюдения.

Заключение. Таким образом, оригинальный непрерывно-узловой горизонтальный матрацный шов позволил не только преодолеть проблему недостаточной механической прочности, свойственную вертикальным швам, снизить риск прорезывания нитей, тангенциальных деформаций и ишемии, но и обеспечить приемлемое время тепловой ишемии. Это способствовало минимальным ишемическим и воспалительным изменениям почки в зоне резекции среди трёх исследуемых групп.

Ключевые слова: резекция почки; почечно-клеточный рак; нефронсберегающая хирургия; шов почки; ренорафия

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки. **Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. **Этическое одобрение.** Исследование одобрено Локальным независимым этическим комитетом ОГБУЗ «Белгородская областная клиническая больница Святителя Иоасафа» (Протокол № 12 от 16 декабря 2018 года). **Этическое заявление.** Все исследования проводились в соответствии с «Европейской конвенцией по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей» (Страсбург, 18 марта 1986 года), в соответствии с этическими нормами Федерации европейских ассоциаций по науке о лабораторных животных (FELASA), Международным советом по науке о лабораторных животных (ICLAS).

Вклад авторов: С.В. Шкодкин — научное руководство, концепция исследования, разработка эксперимента и дизайна исследования, анализ данных, научное редактирование; М.З. Зубайди — сбор данных, анализ данных, написание текста рукописи; В.П. Бондарев — проведение и интерпретация гистологических исследований; статистическая обработка данных; М.Б. Чибичян — разработка дизайна исследования, анализ данных, научное редактирование; Е.Г. Пономарев, В.Ю. Нечипоренко, К.С. Шкодкин — разработка и проведение эксперимента, работа с биологическим материалом.

✉ **Корреспондирующий автор:** Сергей Валентинович Шкодкин; shkodkin-s@mail.ru

Поступила в редакцию: 10.07.2023. **Принята к публикации:** 10.10.2023. **Опубликована:** 26.12.2023.

Для цитирования: Шкодкин С.В., Зубайди М.З., Бондарев В.П., Чибичян М.Б., Пономарев Е.Г., Нечипоренко В.Ю., Шкодкин К.С. Эффективность оригинального способа ренорафии в эксперименте. *Вестник урологии*. 2023;11(4):108-119. DOI: 10.21886/2308-6424-2023-11-4-108-119.

Novel original suture technique in partial nephrectomy: experimental evaluation of efficacy

© Sergey V. Shkodkin^{1,2}, Mohammedain Z. A. A. Zubaidi¹, Vyacheslav P. Bondarev³, Mikael B. Chibichyan⁴, Evgeny G. Ponomarev¹, Vladislav Yu. Nechiporenko¹, Kirill S. Shkodkin¹

¹ Belgorod State National Research University [Belgorod, Russian Federation]

² St. Joasaph Belgorod Regional Clinical Hospital [Belgorod, Russian Federation]

³ Kursk Regional Pathology Bureau [Kursk, Russian Federation]

⁴ Rostov State Medical University [Rostov-on-Don, Russian Federation]

Abstract

Introduction. Nephron-sparing surgery for localised renal cell carcinoma has firmly entered the guideline base of all urological associations. One important aspect of this surgery is the management of the renal wound after partial nephrectomy. The abundance of haemostasis methods is not only the result of relentless search, but also the real lack of universal and effective technologies.

Objective. To evaluate the effectiveness of various suture techniques in partial nephrectomy.

Materials & methods. The suture techniques were studied on laboratory mature male rats weighing 280 – 350 g with bilateral partial nephrectomy. The groups were assessed: suture time and relative suture eruption rate as the ratio of the number of eruptions to the total number of ligatures tied, morphological appearance of the resection line on days 7 and 28.

Results. In the continuous and novel suture groups, suture time and heat ischaemia time were comparable ($p = 0.068$). In the group of horizontal interrupted sutures, this indicator was significantly higher ($p < 0.01$). Optimization of the renorrhaphy technique using the novel original suture made it possible to reduce the incidence of eruption and hemorrhagic complications by 19.7% compared to the twist suture ($p < 0.05$). The use of a novel experimental suture made it possible to speed up the suturing time by 38.5%, and to reduce the risks of morphologically confirmed acute renal injury by 58.0% compared with the classic suturing technique of renal parenchyma. This group showed mild inflammatory and necrotic changes along the suture line with resorption by the fourth week of follow-up.

Conclusion. Thus, the novel surgical suture made it possible not only to overcome the problem of insufficient mechanical strength inherent in vertical sutures, to reduce the risk of thread eruption, tangential deformities, and ischemia, but also to provide an acceptable heat ischemia time. This contributed to minimal ischemic and inflammatory changes among the three study groups.

Keywords: partial nephrectomy; renal cell carcinoma; nephron-sparing surgery; renal suture; renorrhaphy

Financing. The study was not sponsored. **Conflict of interest.** The authors declare no conflicts of interest. **Ethical approval.** The study was approved by the Ethical Committee of St. Joasaph Belgorod Regional Clinical Hospital (Protocol No. 12 signed December 26, 2018). **Ethical Statement.** All studies were conducted following the "European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes" (Strasbourg, March 18, 1986), the Ethical Standards of the Federation of European Laboratory Animal Science Associations (FELASA) and the International Council for Laboratory Animal Science (ICLAS).

Authors' contribution: S.V. Shkodkin — supervision, research concept, research design development, data analysis, scientific editing; M.Z. Zubaidi — data acquisition, data analysis, drafting the manuscript; V.P. Bondarev — histological studies, histology data analysis, statistical data processing; M.B. Chibichyan — study design development, data analysis, scientific editing; E.G. Ponomarev, V.Yu. Nechiporenko, K.S. Shkodkin — experimental design development, experimental studies, biological material handling

✉ **Corresponding author:** Sergey V. Shkodkin; shkodkin-s@mail.ru

For citation: Shkodkin S.V., Zubaidi M.Z., Bondarev V.P., Chibichyan M.B., Ponomarev E.G., Nechiporenko V.Yu. Novel original suture technique in partial nephrectomy: experimental evaluation of efficacy. *Urology Herald*. 2023;11(4):108-119. (In Russ.). DOI: 10.21886/2308-6424-2023-11-4-108-119.

Введение

Нефронсберегающая хирургия (НСХ) при локализованном раке почки прочно вошла в рекомендательную базу всех урологических ассоциаций [1, 2]. Одним из важных аспектов данной хирургии является обработка почечной раны после резекции. Наиболее обоснованными современными тактическими принципами следует признать возможность дифференцированного

подхода к выбору способов гемостаза и их комбинирование. Так, гемостаз при сравнительно небольших новообразованиях периферической локализации может быть достигнут путём применения только коагуляции или сочетания электрокоагуляции с локальным химическим или биологическим гемостазом [3, 4], а резекция сравнительно больших или центрально расположенных новообразований предполагает,

как правило, сочетание вышеописанных методов реноррафии с фиксацией швов [3, 5]. Центральная или воротная локализация новообразования признается технически самой сложной, требуя иногда как комбинации различных техник диссекции ткани, так и различных способов гемостаза [4 – 6].

Достаточно много исследований в настоящее время посвящено созданию гемостатических материалов (губок, сеток, клея), нивелирующих недостатки хирургического шва, также они могут быть использованы самостоятельно для окончательного гемостаза [3, 5]. Однако наложение хирургического шва на рану почки многими признается наиболее оптимальным способом конечного гемостаза, однако нет единого мнения о методике выполнения шва, его рядности, используемого шовного материала и так далее [3, 7, 8].

Немаловажным фактором при закрытии раны почки является временной, так как в большинстве случаев ушивание производят при выключенном кровотоке [3, 7]. При этом время ишемии коррелирует с вероятностью острого почечного повреждения и хронической болезни почек. В случае «нулевой» ишемии этот же показатель будет определять объём кровопотери и, как следствие последней, тот же самый риск острого почечного повреждения [1, 2, 5, 7].

В аспекте вышесказанного трудно не согласиться с утверждением, что большое число различных способов гемостаза, применяемых в хирургии, представляется не только следствием неустанных поисков клиницистами новых возможностей, но и реального отсутствия универсальных технологий [7, 9].

Цель исследования. Оценить эффективность различных способов закрытия почечной раны.

Материалы и методы

Эффективность изучаемых швов исследована на лабораторных половозрелых крысах самцах массой 280 – 350 грамм. При работе с лабораторными животными соблюдали декларируемые правила гуманного обращения: «Конвенция по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей», принятая Советом Европы (Strasbourg, France; March 18, 1986), и директива Совета 86/609/ЕЕС от 24.11.1986 «По согласованию

законов, правил и административных распоряжений стран-участниц в отношении защиты животных, используемых в экспериментальных и научных целях».

Эффективность экспериментального непрерывно-узлового горизонтального матрацного шва изучена при билатеральной резекции почек у крыс в сравнении с непрерывным обвивным швом и горизонтальным матрацным швом, выполненными по стандартной методике. В каждую из групп включено по 10 животных и, соответственно, исследовано по 20 почек в каждой. Регистрировали время наложение швов и относительную частоту прорезывания как отношение числа прорезавшихся к общему числу наложенных лигатур.

Животных до начала эксперимента держивали на карантине на протяжении 2 недель в стандартных условиях вивария. Все хирургические манипуляции выполняли с соблюдением правил асептики. В качестве анестезии использовали внутрибрюшинное введение золетила в дозе 5 мг/кг и ксилазина в дозе 3 мг/кг. За весь период наблюдения среди экспериментальных животных не зафиксировано ни одного летального исхода, на основании чего можно сделать вывод об использовании приемлемых способов анестезии, хирургического доступа и техники резекции почки. При выведении из эксперимента для эвтаназии крыс применяли хлоралгидрат в дозе 3 г/кг.

Морфологическая картина (окраска гематоксин-эозин) линии резекции оценена на 7-е и 28-е сутки после операции, на этих сроках определены площади некротических зон и зон ишемии, выраженность и характер воспалительной инфильтрации, которые были рассчитаны количественно на единицу площади. Также изучено состояние канальцевого эпителия после резекции.

Статистический анализ. Статистическая обработка результатов проведена на основании базы данных, внесённых в электронные таблицы «Microsoft Office Excel 2010» («Microsoft Corp.», Redmond, WA, USA) и программного обеспечения «Statistica ver. 6.0» («StatSoft Inc.», Tulsa, OK, USA). При анализе данных выборки проводили оценку распределения на нормальность (тест Колмогорова-Смирнова и Lilliefors), рассчитывались средние показатели и показатели отклонений. Для установления статистической достоверности различий

в показателях основной и контрольной групп рассчитывали критерии Student t, Spearman и Fisher. При вероятности больше 95% различия считали статистически достоверными.

Результаты

В группах исследования с непрерывным обвивным швом и оригинальным непрерывно-узловым горизонтальным матрачным швом время наложения шва при двухсторонней резекции почек и, соответственно, время тепловой ишемии были сопоставимы и составили $7,8 \pm 1,1$ минуты и $8,3 \pm 0,9$ минуты ($p = 0,068$). Данный показатель в группе горизонтального узлового матрачного шва, выполненного по стандартной методике, достоверно превысил среднее время предыдущих групп и составил $13,5 \pm 1,6$ минут ($p < 0,01$).

В группах горизонтального матрачного шва, выполненного как по классической, так и по оригинальной методикам, частота прорезывания нити была невелика, составив 2,4% и 2,9% соответственно ($p = 0,15$). Данный показатель при наложении непрерывного обвивного шва был значительно выше, составив 22,6%, что достоверно различалось с группами сравнения ($p < 0,01$), причём в группе непрерывного шва медиана количества стежков при резекции одной почки составила 10, этот показатель в группах горизонтального шва был равен 4 ($p = 0,013$).

В группе непрерывного обвивного шва на 7-е сутки послеоперационного периода микроскопическая картина в зоне ренорафии характеризуется наличием организующихся гематом, окружённых воспалительным инфильтратом из гранулоцитарных лейкоцитов, как в паренхиме почки, так и в прилежащих тканях (рис. 1). Толщина почки, вовлечённой в шов, составляет $7,2 \pm 1,9$ мм. Последний не дифференцирован на слои некроза и ишемии, некротические зоны расположены очагово и имеют площадь $7,8 \pm 5,7$ мм² и составляют до $64 \pm 16\%$ от площади паренхимы, вовлечённой в шов. В области расположения нитей участки повреждения почки, содержащие гематомы, имеют площадь $3,78 \pm 2,15$ мм².

Вся линия шва густо инфильтрирована клетками лейкоцитарного происхождения. Инфильтрация имеет диффузно-очаговый характер, очаговые инфильтраты площадью $6,8 \pm 4,3$ мм² расположены вокруг некроти-

ческих участков, гематом и на границе с паренхимой, не вовлечённой в шов (рис. 1).

Воспалительные инфильтраты имеют преимущественно гранулоцитарный характер. Среднее содержание гранулоцитарных лейкоцитов в группе непрерывного обвивного шва, рассчитанное в 10 полях зрения площадью 0,1 мм², составляет 1184 ± 365 клеток. Число лимфоцитов, полученное аналогичным способом, не превышает 146 ± 28 клеток, макрофагов — 37 ± 12 клеток (рис. 1). Таким образом, в данной группе к 7-м суткам преобладает альтеративное и экссудативное воспаление, фибробластическая реакция отсутствует.

Морфологическая картина группы узлового горизонтального матрачного шва характеризуются отсутствием периренальных и интратренальных гематом, что, по-видимому, связано с отсутствием прорезывания нитей по линии шва в связи большим его пределом прочности. Толщина почки, вовлечённой в шов, достоверно меньше предшествующей группы наблюдения, составляя $4,8 \pm 1,1$ мм ($p = 0,023$), присутствует дифференциация на более дистальный некротический и более проксимальный ишемический слои шва (рис. 2А, 2В). Первый имеет ширину $2,1 \pm 1,8$ мм, второй составляет $1,4 \pm 0,7$ мм.

Площадь некротических участков по линии шва составляет до $43 \pm 11\%$, что достоверно меньше группы непрерывного шва ($p = 0,037$). Цитологический состав воспалительных инфильтратов в зоне ишемии представлен преимущественно гранулоцитарными лейкоцитами, их среднее количество на площади 0,1 мм² составляет 447 ± 173 клетки. Число лимфоцитов на данной площади 55 ± 32 клетки, макрофагов — 32 ± 24 клетки (рис. 2А, 2В).

У животных данной группы отмечены признаки острого канальцевого некроза, что клинически проявилось острым почечным повреждением. Имеет место достоверное увеличение передне-заднего размера почки животных этой группы $11,8 \pm 1,4$ мм, что несколько меньше первичной макроскопической оценки и может быть связано с фиксацией препарата. При этом в морфологической картине почечных канальцев, удалённых от линии шва, регистрирован интерстициальный отёк с компрессией канальцев, цитолизом, денуклеацией и десквамацией канальцевого эпителия (рис.

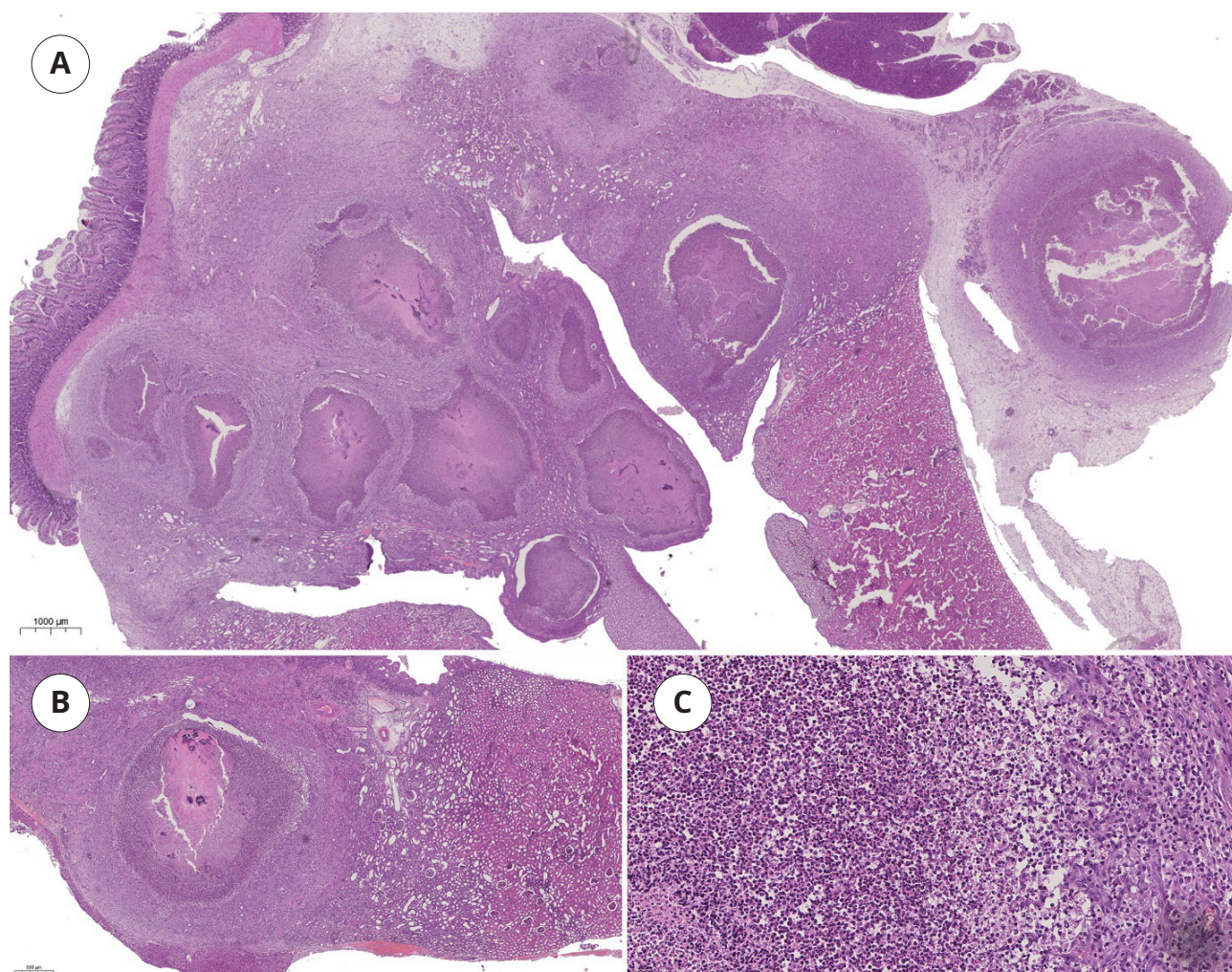


Рисунок 1. Непрерывный обвивной шов, 7 сутки послеоперационного периода: А — интрапаренхиматозные и околопочечные организующиеся гематомы в области шовного материала, очагово расположенные некротические участки и диффузно-очаговая гранулоцитарная инфильтрация, к линии шва припаяна стенка кишки и поясничная мышца; В — интрапаренхиматозная организующаяся гематома, комплемирующая почечную паренхиму, густо инфильтрирована гранулоцитами, просвет прилежащих канальцев облитерирован, удалённых канальцев — расширен до 55 – 78 мкм, канальцевый эпителий уплощён; С — диффузно-очаговый гранулоцитарный инфильтрат, прилежащий к участку некроза. (Окраска: гематоксилин и эозин. Увеличение: А — $\times 1$; В — $\times 2,5$; С — $\times 20$)

Figure 1. Continuous suture, 7 days post-op: A — intraparenchymal and perirenal organising haematoma in the area of the suture thread, focal necrotic areas and diffuse focal granulocytic infiltration, the intestinal wall and lumbar muscle are fused to the suture line; B — intraparenchymatous organising haematoma, complementing renal parenchyma, densely infiltrated with granulocytes, lumen of adjacent tubules obliterated, removed ones dilated up to 55-78 μm , tubule epithelium flattened; C - diffuse focal granulocytic infiltrate adjacent to the necrotic area. (H&E staining, magn. A — $\times 1$; B — $\times 2,5$; C — $\times 20$)

2С). В ряде наблюдений на фоне описанного отёка регистрируется канальцевая гипертензия со значительным расширением проксимальных почечных канальцев до 128 ± 34 мкм ($p = 0,011$) на фоне обструкции дистальных канальцев зернистыми цилиндрами (рис. 2D). Вдоль линии шва наблюдается незначительная фибробластическая реакция с суммарным количеством клеток коллагеногенеза 27 ± 11 в $0,1 \text{ мм}^2$.

Для данной группы наблюдения характерно развитие экссудативного воспаления как по линии шва, так и в паренхиме всей почки с морфологическими признаками острого канальцевого повреждения.

К 7-м суткам послеоперационного периода морфологическая картина оригинального непрерывно-узлового горизонтального матрачного шва была сопоставима с горизонтальным матрачным швом отсутствием

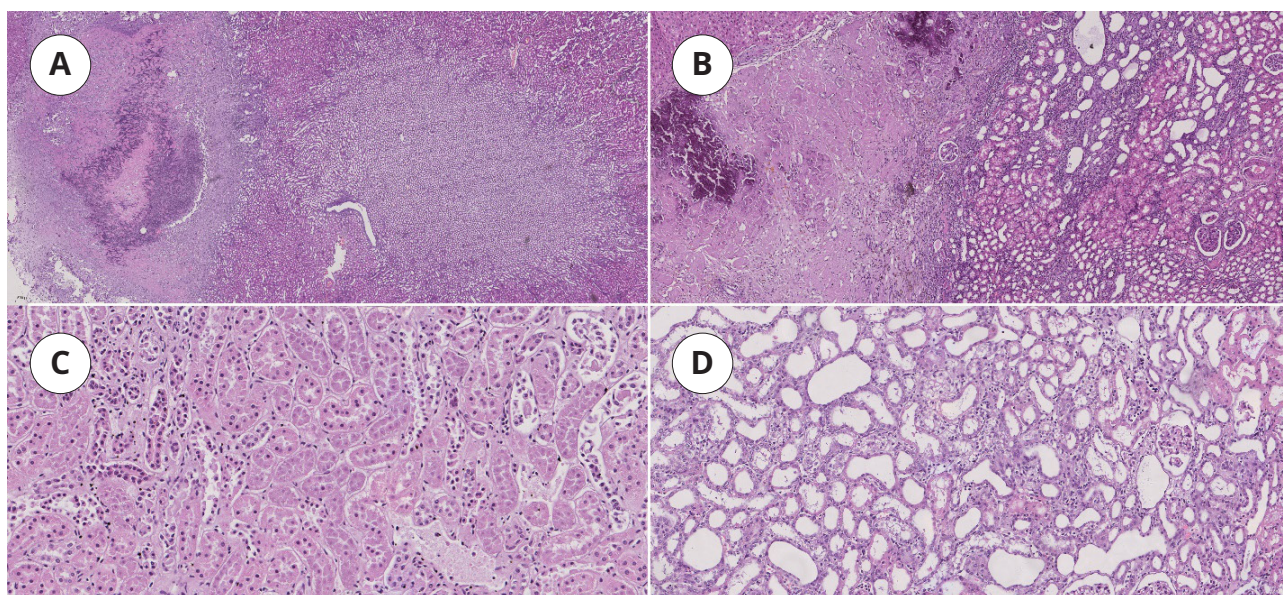


Рисунок 2. Узловой горизонтальный матрацный шов, 7 сутки послеоперационного периода: А — срез поперечно наложенному шву представлен от периферии к центру зонами некроза и ишемии, последняя диффузно инфильтрирована гранулоцитарными лейкоцитами; В — срез продольно наложенному шву представлен зонами некроза и ишемии, к первой припаяна печень, зона ишемии диффузно инфильтрирована гранулоцитарными лейкоцитами, имеет место дилатация канальцев, уплотнение и десквамация канальцевого эпителия; С — выраженный интерстициальный отёк, комплемированные канальцы, безъядерные клетки канальцевого эпителия, цитоллиз и десквамация эпителия; D — выраженный интерстициальный отёк, комплемированные и резко дилатированные до 182 мкм канальцы с уплотнёнными эпителиоцитами, безъядерные клетки канальцевого эпителия, цитоллиз и десквамация эпителия. (Окраска: гематоксилин и эозин. Увеличение: А — $\times 2$; В — $\times 5$; С — $\times 20$; D — $\times 10$)

Figure 2. Horizontal-knot mattress suture, 7 days post-op: A — slice transverse to the suture is represented from periphery to centre by areas of necrosis and ischemia, this area is diffusely infiltrated with granulocytic leukocytes; B — slice longitudinally to the suture is represented by areas of necrosis and ischaemia, and the liver is fused to the first one; the area of ischaemia is diffusely infiltrated with granulocytic leucocytes, dilatation of tubules, flattening and desquamation of tubular epithelium are also determined; C — pronounced interstitial oedema, complexed tubules, nuclear-free cells of tubule epithelium, cytolysis and desquamation of epithelium; D — pronounced interstitial oedema, complexed and sharply dilated up to 182 μm tubules with flattened epitheliocytes, nuclear-free cells of tubule epithelium, cytolysis and epithelial desquamation. (H&E staining, magn. A — $\times 2$; B — $\times 5$; C — $\times 20$; D — $\times 10$)

периренальных изменений и дифференциацией некротических и ишемических слоёв. Глубина шва в этой группе наблюдения составила $3,4 \pm 1,3$ мм, что достоверно не отличается от предыдущей группы ($p = 0,63$) и имеет преференции по сравнению с непрерывным обвивным швом ($p = 0,011$). Однако соотношение слоёв изменено за счёт снижения ширины некротических зон — $1,3 \pm 0,8$ мм и относительного увеличения зон ишемии $1,8 \pm 0,9$ мм (рис. 3), при этом площадь некротических участков по линии шва снижена до $28 \pm 13\%$, что достоверно меньше предшествующих групп наблюдения ($p < 0,05$).

Как указано выше, воспалительные инфильтраты имеют диффузный характер, среднее количество гранулоцитов на пло-

щади $0,1 \text{ мм}^2$ составляет 283 ± 157 клеток ($p = 0,041$). Агранулоцитарная инфильтрация представлена 52 ± 26 клетками ($p = 0,086$), а макрофагов — 34 ± 19 клетки ($p = 0,17$). Отёк, гидропическая дистрофия и десквамация канальцевого эпителия отсутствуют. Просвет проксимальных канальцев не увеличен и составляет 52 ± 19 мкм ($p = 0,0042$). По линии шва умеренная фибробластическая реакция, содержание фибробластов составляет 67 ± 25 клеток ($p = 0,032$), (рис. 3В).

В группе оригинального шва отсутствуют альтеративные изменения по линии шва, связанные с его наложением, и острое почечное повреждение.

Четвёртая неделя наблюдения характеризуется снижением выраженности воспалительных изменений по линии шва,

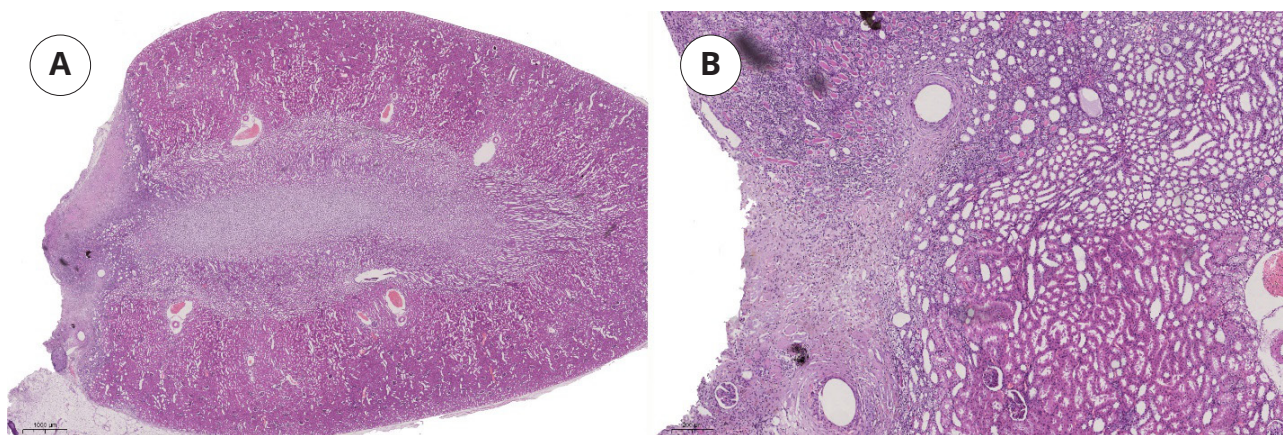


Рисунок 3. Оригинальный непрерывно-узловой горизонтальный матрацный шов, 7 суток послеоперационного периода: А — ширина некротических зон не превышает трети площади шва, зона ишемии содержит гиалиноз канальцев, гранулоцитарную воспалительную инфильтрацию, в тканях, прилежащих к линии шва, отсутствуют отёк и признаки канальцевого некроза, в местах прохождения нитей нет травматизации почечной паренхимы с формированием гематом и отсутствует воспалительная инфильтрация; В — поперечный срез, места имплантации шовного материала без признаков его прорезывания и воспалительной инфильтрации, диффузная гранулоцитарная воспалительная инфильтрация зоны ишемии прилежит к практически неизменной почечной паренхиме без признаков канальцевого некроза. (Окраска: гематоксилин и эозин. Увеличение: А — $\times 1$, В — $\times 5$)

Figure 3. Experimental novel continuous-knot horizontal mattress suture, 7 days post-op: A — the width of necrotic areas does not exceed one third of the suture area, the ischaemia area contains hyalinosis of tubules, granulocytic inflammatory infiltration; oedema and signs of tubular necrosis are absent in the tissues adjacent to the suture line; places of thread passage are free from traumatising of renal parenchyma with haematoma formation and no inflammatory infiltration; B — transverse section, suture thread implantation sites without signs of its piercing and inflammatory infiltration, diffuse granulocytic inflammatory infiltration of ischemia area adjoins practically unchanged renal parenchyma without signs of tubular necrosis. (H&E staining, magn. A — $\times 1$, B — $\times 5$)

стиханием экссудативной фазы воспаления и инициацией колагеногенеза, степень выраженности которых зависит от исходной морфологической картины.

На 28-е сутки послеоперационного периода в группе непрерывного обвивного шва сохраняются резорбируемые и организующиеся экстра- и интратубулярные гематомы. Густые воспалительные гранулоцитарные инфильтраты занимают всю их площадь, которая заметно уменьшилась, составив $1,32 \pm 0,19 \text{ мм}^2$ ($p = 0,032$). Глубина ренорафического шва составляет $4,1 \pm 1,3 \text{ мм}$ ($p = 0,041$). Продолжается резорбция очагово расположенных некротических зон, площадь которых сократилась как в абсолютных значениях до $3,7 \pm 2,1 \text{ мм}^2$, так и в относительных, составив $42 \pm 9\%$ ($p = 0,038$), (рис. 4).

Как уже было отмечено, изменился цитологический состав воспалительных инфильтратов, в особенности диффузно расположенных вне организованных гематом. Содержание гранулоцитарных лейкоцитов в группе непрерывного обвивного шва,

рассчитанное в 10 полях зрения площадью $0,1 \text{ мм}^2$ в среднем составило 576 ± 217 клеток. Возросла доля агранулоцитов как в абсолютном, так и в относительном исчислении. Число лимфоцитов достигло 26 ± 46 клеток, макрофагов — 87 ± 33 клеток ($p < 0,05$), (рис. 4).

Для морфологической картины группы узлового горизонтального матрацного шва характерны общие тенденции с резорбцией некротической ткани, снижения и изменения цитограммы воспалительной реакции и активизацией колагеногенеза. Глубина шва на этом сроке наблюдения уменьшилась и составила $2,7 \pm 1,3 \text{ мм}$, что достоверно меньше группы непрерывного шва ($p = 0,025$), (рис. 5), но внутригрупповая динамика на этом сроке не достоверна ($p = 0,067$), (рис. 2А, 5А). Регресс последнего главным образом связан с резорбцией некротических масс по линии шва, что способствовало снижению ширины некротического слоя $1,5 \pm 1,1 \text{ мм}$. Толщина ишемического слоя составила $1,1 \pm 0,6 \text{ мм}$. Площадь некроти-

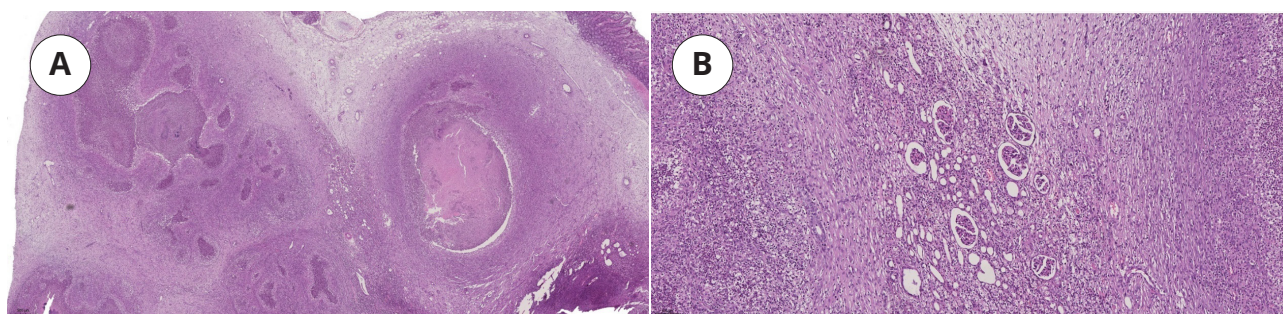


Рисунок 4. Непрерывный обвивной шов, 28 сутки послеоперационного периода: А — интрапаренхиматозные и околопочечные организующиеся и частично резорбированные гематомы, окружённые соединительнотканной капсулой, размеры очагово расположенных некротических участков уменьшились, окружены воспалительным валом с пролиферацией фибробластов и смешанной лейкоцитарной инфильтрацией; В — между организующихся интрапаренхиматозной гематомой (справа) и зоной некроза (слева), окружённых соединительнотканной капсулой, содержащей смешанный воспалительный инфильтрат, участок паренхимы (в центре) с гиалинозом и гидropической дистрофией эпителия канальцев, канальцевой гипертензией и склеротическими изменениями в клубочках почки, умеренная фибробластическая реакция в области отграничивающей капсулы. (Окраска: гематоксилин и эозин. Увеличение: А — $\times 2$, В — $\times 5$)

Figure 4. Continuous suture, 28 days post-op. A — intraparenchymatous and perirenal organising and partially resorbed haematomas surrounded by connective tissue capsule; the size of focal necrotic areas has decreased, surrounded by inflammatory wall with fibroblast proliferation and mixed leukocytic infiltration; B — between organising intraparenchymatous haematoma (right) and necrosis area (left), surrounded by connective tissue capsule containing mixed inflammatory infiltrate, parenchyma area (centre) with hyalinosis and hydropic dystrophy of tubular epithelium, tubular hypertension and sclerotic changes in renal tubules, moderate fibroblastic reaction in the area of delimiting capsule. (H&E staining, magn. A — $\times 2$, B — $\times 5$)

ческих участков по линии шва снизилась в абсолютных значениях, практически не изменившись в относительных соотношениях с зоной ишемии и составив $37 \pm 9\%$ ($p = 0,08$). Лейкоцитарные инфильтраты, регрессируя, приобрели очаговый характер и имели смешанный цитологический состав. Среднее количество гранулоцитов на площади $0,1 \text{ мм}^2$ снизилось до 271 ± 107 клетки, количество лимфоцитов на данной площади возросло до 206 ± 83 клеток, макрофагов — до 53 ± 14 клеток ($p < 0,05$), (рис. 5В).

Явления цитолиза и отёк паренхимы, включая передне-задний размер почки, как проявления острого канальцевого некроза, регрессируют. Последний показатель для животных этой группы составил $7,6 \pm 1,8 \text{ мм}$ ($p = 0,022$). Морфологическая картина почечной паренхимы, удалённой от линии шва, характеризуется явлениями гломерулосклероза, гидropической дистрофией с расширением проксимальных и дистальных почечных канальцев до $113 \pm 37 \text{ мкм}$, что, по-видимому, связано с восстановлением почечной функции на фоне обструкции собирательных трубочек сращенным канальцевым эпителием (рис. 5С). Вдоль линии шва регистрируется умеренная фибробластическая реакция с количеством

клеток коллагеногенеза 169 ± 58 в $0,1 \text{ мм}^2$.

Ко второй точке наблюдения морфологическая картина оригинального непрерывно-узловатого горизонтального матрацного шва характеризуется практически полной резорбцией некротических тканей, снижением выраженности лейкоцитарной инфильтрации, восстановлением структуры канальцевого эпителия, прилежащего к линии шва. Глубину шва в этой группе ввиду отсутствия некротических масс определить затруднительно, ориентируясь на ширину зоны ишемии, она составила $0,9 \pm 0,7 \text{ мм}$, что достоверно меньше других групп наблюдения ($p = 0,008$). Количество некротической ткани по линии шва незначительно, без образования сплошной зоны, а относительная площадь составила $5,4 \pm 2,7\%$ ($p = 0,002$), (рис. 6)

Выраженность воспалительной инфильтрации незначительна, последняя имеет очаговый агранулоцитарный характер, не занимая всей зоны ишемии. Средняя площадь инфильтратов составляет $0,085 \pm 0,071 \text{ мм}^2$, что достоверно меньше предшествующих групп наблюдения. Среднее количество гранулоцитов на площади $0,1 \text{ мм}^2$ составляет 47 ± 35 клеток ($p = 0,003$), агранулоцитарная инфильтрация представлена 172 ± 68 клетками ($p = 0,023$), а макрофагов — $22 \pm$

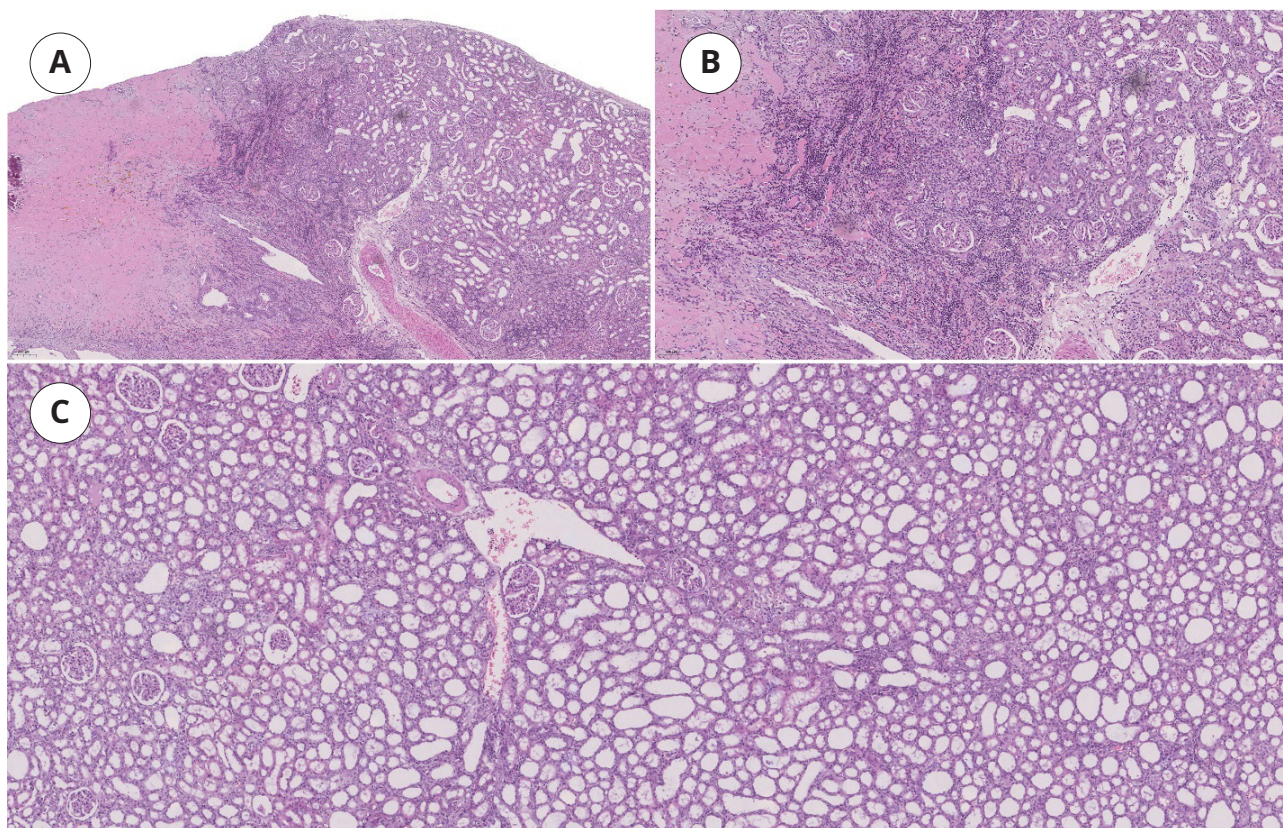


Рисунок 5. Узловой горизонтальный матрацный шов, 28 сутки послеоперационного периода: А — хорошо дифференцирована зона некроза, содержит гранулему инородных тел (шовный материал) и зону ишемии с очаговой смешанной воспалительной инфильтрацией, прилежащие почечные канальцы умеренно расширены, отмечается гломерулосклероз до 30% почечных клубочков; В — зона некроза чётко отграничена от зоны ишемии, последняя содержит смешанные очаговые воспалительные инфильтраты, эпителий расширенных канальцев с гидropической дистрофией, гломерулосклероз, умеренная фибробластическая реакция на границе с неизменённой паренхимой с образованием рыхлой соединительной ткани; С — выраженная дилатация проксимальных и дистальных почечных канальцев с гидropической дистрофией канальцевого эпителия, умеренным интерстициальным отёком стромы и незначительной преимущественно лимфоцитарной её инфильтрацией, гломерулосклероз до 40%. (Окраска: гематоксилин и эозин. Увеличение: А — $\times 5$, В — $\times 10$; С — $\times 5$)

Figure 5. Horizontal-knot mattress suture, 28 days post-op: A — well differentiated area of necrosis, contains granuloma of foreign bodies (suture thread) and ischaemia area with focal mixed inflammatory infiltration; adjacent renal tubules are moderately dilated, glomerulosclerosis up to 30% of renal tubules; B — necrosis area is clearly delimited from ischaemia area, the latter contains mixed focal inflammatory infiltrates; dilated tubule epithelium with hydropic dystrophy, glomerulosclerosis; moderate fibroblastic reaction on the border with unchanged parenchyma with formation of loose connective tissue; C — pronounced dilatation of proximal and distal renal tubules with hydropic dystrophy of tubular epithelium; moderate interstitial stromal oedema and insignificant predominantly lymphocytic infiltration; glomerulosclerosis up to 40%. (H&E staining, magn. A — $\times 5$, B — $\times 10$; C — $\times 5$)

13 клетки ($p = 0,092$). Отсутствуют отёк паренхимы, дистрофия канальцевого эпителия и канальцевая гипертензия. Просвет проксимальных канальцев достоверно меньше групп сравнения и составляет 43 ± 22 мкм ($p = 0,013$). По периферии шва незначительная фибробластическая реакция, содержание фибробластов составило 66 ± 32 клетки с образованием капсулы из 7 – 16 слоёв рыхлой соединительной ткани ($p = 0,011$), (рис. 6).

В группе оригинального шва преобладает невыраженная пролиферативная воспалительная реакция.

Обсуждение

Использованные в эксперименте техника резекции почки, хирургического доступа и способа анестезии были воспроизводимы и относительно нетравматичны, что позволило не получить ни одного летального

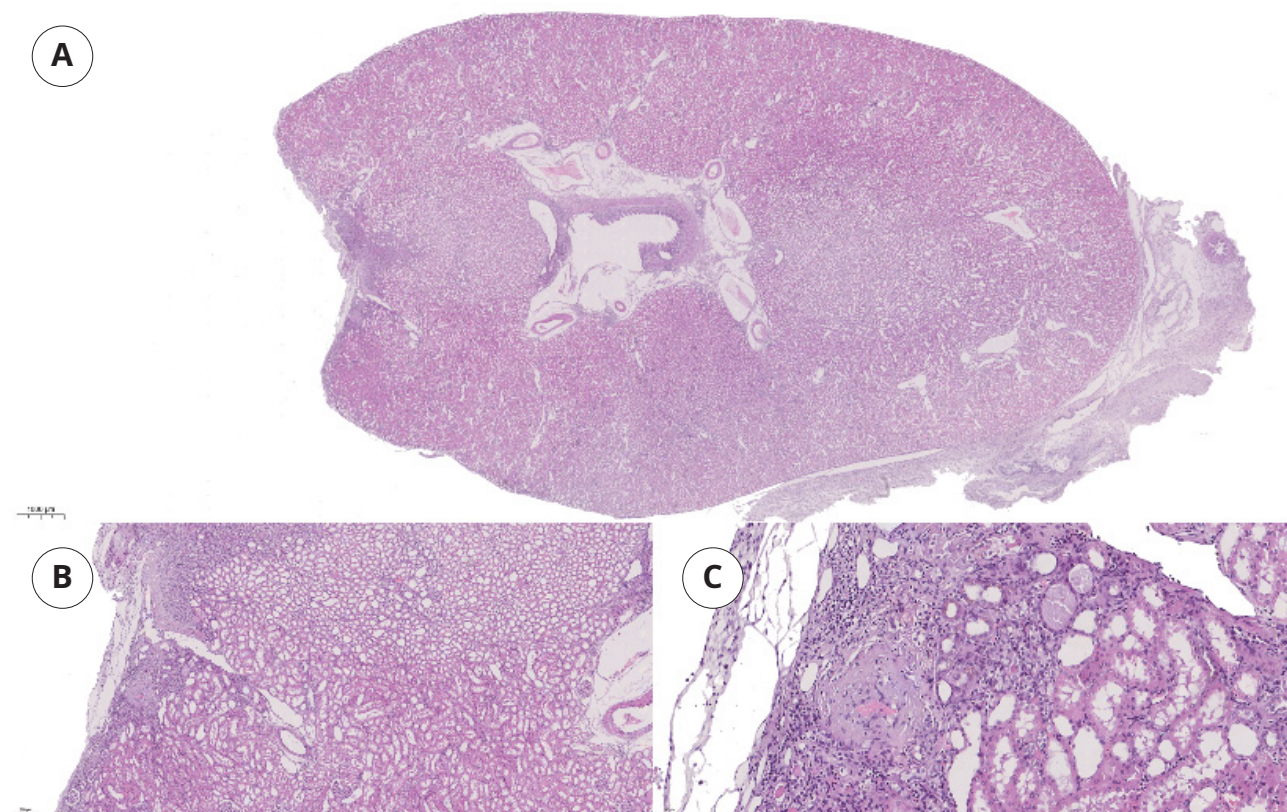


Рисунок 6. Оригинальный непрерывно-узловой горизонтальный матрацный шов, 28 суток послеоперационного периода: А, В, С — резорбция некротических зон, незначительная очаговая преимущественно агранулоцитарная инфильтрация, капсула из 8 – 13 слоёв рыхлой соединительной ткани. (Окраска: гематоксилин и эозин. Увеличение: А — $\times 1$, В — $\times 5$, С — $\times 20$)

Figure 6. Experimental novel continuous-knot horizontal mattress suture, 28 days post-op: A, B, C — resorption of necrotic areas, slight focal predominantly agranulocytic infiltration; capsule consisting of 8-13 layers of loose connective tissue. (H&E staining, magn. A — $\times 1$, B — $\times 5$, C — $\times 20$)

исхода среди лабораторных животных.

Мониторинг ренорафии, макроскопическая и микроскопическая оценки зоны хирургического вмешательства в группе непрерывного обвивного шва на всем периоде наблюдения выявили наличие интраренальных и паранефральных гематом как следствие прорезывания нитей, что коррелирует с механическими испытаниями почечной паренхимы, выполненными нами ранее [10]. Это (а также тангенциальные деформации) при таком способе закрытия почечной раны способствуют выраженным альтеративным изменениям по линии шва и, как следствие, массивному экссудативному воспалению в последующем на протяжении всего периода наблюдения.

Длительность наложения оригинального непрерывно-узловатого горизонтального матрацного шва при билатеральной резекции почек у крыс было сопоставимо с использованием для ренорафии непрерывного шва, что, как мы считаем, связано

с меньшей механической прочностью последнего. При наложении непрерывного шва было использовано более чем в 2 раза больше стежков (193 vs 85; $p = 0,018$), и это не исключило большей частоты его прорезывания (22,6% vs 2,9%; $p = 0,003$) и более выраженной тангенциальной деформацией линии шва. Более низкий предел прочности у непрерывного шва с большей частотой прорезывания нитей привели к перфузионным расстройствам, увеличению зон некроза и ишемии, а также выраженности лейкоцитарной инфильтрации по линии шва (рис. 1, 4).

В группе узловатого горизонтального матрацного шва не зарегистрировано выраженных альтеративных изменений при его наложении. Использование горизонтального матрацного узловатого шва было сопоставимо с оригинального по частоте прорезывания нитей (2,4% vs 2,9%; $p = 0,15$), но значительно уступало в скорости выполнения ренорафии, что выразилось в увеличении

времени тепловой ишемии ($13,5 \pm 1,6$ vs $8,3 \pm 0,9$; $p = 0,008$) и стало причиной острого почечного повреждения в данной группе наблюдения (рис. 2С, 2D) и пролонгированием воспалительных изменений как по линии шва, так и в остальной паренхиме резецированных почек (рис. 5).

Заключение

Оптимизация методики ренорафии с использованием оригинального непрерывно-узловатого горизонтального матрацного шва позволило сократить на 19,7% частоту прорезывания и геморрагических осложнений по сравнению с обвивным швом ($p < 0,05$), на 38,5% — время закрытия почечной раны и на 58,0% — риски морфологически подтвержденного острого почечного повреждения по сравнению с классическим вариантом наложения данного шва и из-

бежать отрицательных свойств предыдущих вариантов наложения шва почечной паренхимы. В этой группе отмечены минимальные воспалительные и некротические изменения по линии шва, с резорбцией последних ко второй контрольной точке наблюдения.

Таким образом, оригинальный непрерывно-узловатый горизонтальный матрацный шов позволил не только преодолеть проблему недостаточной механической прочности, свойственную вертикальным швам, снизить риск прорезывания нитей, тангенциальных деформаций и ишемии, но и обеспечить приемлемое время тепловой ишемии. Использование оригинального непрерывно-узловатого горизонтального матрацного шва сопровождается минимальными ишемическими и воспалительными изменениями среди трёх исследуемых групп.

Список литературы | References

1. Клинические рекомендации. *Рак паренхимы почки*. 2021. Klinicheskie rekomendacii. *Rak parenhimy pochki*. 2021. (In Russian). URL: <https://oncology-association.ru/wp-content/uploads/2021/02/rak-parenhimy-pochki-2021.pdf>
2. Ljungberg B, Albiges L, Abu-Ghanem Y, Bedke J, Capitanio U, Dabestani S, Fernández-Pello S, Giles RH, Hofmann F, Hora M, Klatte T, Kuusk T, Lam TB, Marconi L, Powles T, Tahbaz R, Volpe A, Bex A. European Association of Urology Guidelines on Renal Cell Carcinoma: The 2022 Update. *Eur Urol*. 2022;82(4):399-410. DOI: 10.1016/j.eururo.2022.03.006
3. Алборов С.В. *Органосохраняющее хирургическое лечение больных опухолями паренхимы единственно функционирующей почки*. Москва; 2018. Alborov S.V. *Organosohranyayushchee hirurgicheskoe lechenie bol'nyh opuholyami parenhimy edinstvenno funkcioniruyushchej pochki*. Moskva; 2018. (In Russian).
4. Волкова М.И., Скворцов И.Я., Климов А.В., Черняев В.А., Калинин С.А., Петерс М.В., Матвеев В.Б. Сравнительный анализ результатов радикальной нефрэктомии и резекции почки при клинически локализованном почечно-клеточном раке у больных с нормально функционирующей контралатеральной почкой. *Урология* 2014;(4):47-55. Volkova M.I., Skvortsov I.Ya., Klimov A.V., Chernyaev V.A., Kalinin S.A., Peters M.V., Matveev V.B. Comparative analysis of results of radical nephrectomy and partial nephrectomy for clinically localized renal cell carcinoma in patients with normal functioning contralateral kidney. *Urologiya*. 2014;(4):47-55. (In Russian). eLIBRARY ID: 22370347; EDN: SVNUPH
5. Guo Q, Lin Y, Zhang C, Guo Y, Long Y, Leng F, Gao J, Cheng Y, Yang L, Du L, Liao G, Huang J. Hemostatic Agent May Improve Perioperative Outcomes in Partial Nephrectomy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Urol Int*. 2022;106(4):352-359. DOI: 10.1159/000518125
6. Arora S, Rogers C. Partial Nephrectomy in Central Renal Tumors. *J Endourol*. 2018;32(S1):S63-S67. DOI: 10.1089/end.2018.0046
7. Шкодкин С.В., Идашкин Ю.Б., Фионов С.А., Фентисов В.В., Удовенко А.Н. Открытая резекция почки при почечно-клеточном раке. *Вестник урологии*. 2018;6(2):54-61. Shkodkin S.V., Idashkin Yu.B., Fironov S.A., Fentisov V.V., Udovenko A.N. Kidney open resection in renal cell carcinoma. *Urology Herald*. 2018;6(2):54-61. (In Russian). DOI: 10.21886/2308-6424-2018-6-2-54-61
8. Волкова М.И., Ридин В.А., Черняев В.А., Климов А.В., Фигурин К.М., Матвеев В.Б. Результаты резекции почки у больных опухолями почечной паренхимы с высоким нефрометрическим индексом. *Экспериментальная и клиническая урология*. 2019;(3):60-71. Volkova M.I., Ridin V.A., Chernyaev V.A., Klimov A.V., Figurin K.M., Matveev V.B. Results of kidney resection in patients with renal cell cancer with a high nephrometric index. *Experimental and clinical urology*. 2019;(3):60-71. (In Russian). DOI: 10.29188/2222-8543-2019-11-3-60-71
9. Пучков К.В., Иванов В.В. *Технология дозированного лигатурного электротермического воздействия на этапах лапароскопических операций*. Москва; 2005. Puchkov K.V., Ivanov V.V. *Tekhnologiya dozirovannogo ligiruyushchego elektrotermicheskogo vozdeystviya na etapah laparosokpicheskikh operacij*. Moskva; 2005. (In Russian).
10. Шкодкин С.В., Идашкин Ю.Б., Зубайди М.З., Кравец А.Д., Хусейнзода А.Ф., Аскари Ж.К., Пономарев Е.Г., Нечипоренко В.Ю., Шкодкин К.С. Экспериментальное обоснование нефрорафии. *Вестник урологии*. 2022;10(3):74-83. Shkodkin S.V., Idashkin Yu.B., Zubaidi M.Z., Kravets A.D., Khuseinzoda A.F., Askari Zh.K., Ponomarev E.G., Nechiporenko V.Y., Shkodkin K.S. Experimental substantiation of kidney sutures. *Urology Herald*. 2022;10(3):74-83. (In Russian). DOI: 10.21886/2308-6424-2022-10-3-74-83

Сведения об авторах

Сергей Валентинович Шкодкин — д-р мед. наук, доцент; профессор кафедры госпитальной хирургии Медицинского института ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»; врач-уролог урологического отделения ОГБУЗ «Белгородская областная клиническая больница Святителя Иоасафа»

Белгород, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-2495-5760>

shkodkin-s@mail.ru

Мохаммедейн Захран Абед Альфаттах Зубайди — аспирант кафедры госпитальной хирургии Медицинского института ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

Белгород, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-4048-3986>

zubaydi@mail.ru

Вячеслав Павлович Бондарев — начальник ОБУЗ «Областное патологоанатомическое бюро»

Курск, Россия

<https://orcid.org/0009-0002-3346-9967>

bondarev-opab@yandex.ru

Микаэл Бедросович Чибичян — д-р. мед. наук, доцент; профессор кафедры урологии и репродуктивного здоровья человека (с курсом детской урологии-андрологии) ФГБОУ ВО РостГМУ Минздрава России

Ростов-на-Дону, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-2765-7910>

michel_dept@mail.ru

Евгений Геннадьевич Пономарев — ординатор кафедры госпитальной хирургии Медицинского института ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

Белгород, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-0811-681X>

dr.ponomarev95@mail.ru

Владислав Юрьевич Нечипоренко — ординатор кафедры госпитальной хирургии Медицинского института ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

Белгород, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-5726-5945>

nechiporenko@bsu.edu.ru

Кирилл Сергеевич Шкодкин — ординатор кафедры госпитальной хирургии Медицинского института ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»

Белгород, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-4270-165X>

kirill_shkodkin@mail.ru

Information about the authors

Sergey V. Shkodkin — M.D., Dr.Sc.(Med), Assoc.Prof.(Docent); Prof., Dept. of Advanced Surgery, Medical Institute, Belgorod State National Research University; Urologist, St. Joasaph Belgorod Regional Clinical Hospital

Belgorod, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0003-2495-5760>

shkodkin-s@mail.ru

Mohammedain Z. A. A. Zubaydi — M.D.; Postgrad. student, Dept. of Advanced Surgery, Medical Institute, Belgorod State National Research University

Belgorod, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0003-4048-3986>

zubaydi@mail.ru

Vyacheslav P. Bondarev — M.D., Head, Kursk Regional Pathology Bureau

Kursk, Russian Federation

<https://orcid.org/0009-0002-3346-9967>

bondarev-opab@yandex.ru

Mikael B. Chibichyan — M.D., Dr.Sc.(Med), Assoc.Prof. (Docent); Prof., Dept. of Urology, Paediatric Urology and Reproductive Health, Rostov State Medical University

Rostov-on-Don, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0003-2765-7910>

michel_dept@mail.ru

Evgeniy G. Ponomarev — Resident, Dept. of Advanced Surgery, Medical Institute, Belgorod State National Research University

Belgorod, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0003-0811-681X>

dr.ponomarev95@mail.ru

Vladislav Y. Nechiporenko — Resident, Dept. of Advanced Surgery, Medical Institute, Belgorod State National Research University

Belgorod, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-5726-5945>

nechiporenko@bsu.edu.ru

Kirill S. Shkodkin — Resident, Dept. of Advanced Surgery, Medical Institute, Belgorod State National Research University

Belgorod, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0003-4270-165X>

kirill_shkodkin@mail.ru