УДК: 616–006.6:617–7: 611.621 DOI:10.33920/med-15-2601-01

# Сравнительный анализ эффективности использования ультразвуковой кавитации при лапароскопической резекции почки

А. М. Васильченко Акционерное общество «Группа компаний "МЕДСИ"», e-mail: vasilchenko.am@medsigroup.ru, https://orcid.org/0009-0003-1033-0548
И. В. Семенякин Акционерное общество «Группа компаний "МЕДСИ"», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет медицины» Министерства здравоохранения Российской Федерации, https://orcid.org/0000-0003-3246-7337
Н. К. Гаджиев Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», https://orcid.org/0000-0002-6255-0193
С. П. Деревянко Акционерное общество «Группа компаний "МЕДСИ"», https://orcid.org/0009-0006-2555-4714
Б. А. Бонецкий Акционерное общество «Группа компаний "МЕДСИ"», https://orcid.org/0000-0003-4352-3461
И. М. Родин Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский биотехнологический университет (РОСБИОТЕХ)», https://orcid.org/0009-0000-9947-8941
Ключевые слова: опухоль почки, нефрон-сберегающая операция, резекция почки, ультразвуковая кавитация
Журнал: Хирург, №1, 2026

Цель исследования — сравнительный анализ эффективности использования ультразвуковой кавитации при злокачественных образованиях почки. Материалы и методы. В исследование включено 42 пациентов в возрасте 32–80 лет с образованиями почек стадии T1a-T1b с целью сравнительного анализа эффективности различных способов рассечения тканей почки: у 22 пациентов выполнена лапароскопическая резекция с использованием общепринятого моно- и биполярного электрохирургического инструментария, у 20 пациентов лапароскопическая резекция почки выполнена с использованием ультразвукового кавитатора («Фотек», модель «Actiton B»). Обе группы были статистически сопоставимы по полу, возрасту, стадирования заболевания. Во всех случаях в обеих группах при гистологическом исследовании был верифицирован светлоклеточный вариант рака паренхимы почки (100 %). Результаты и заключение. Способ резекции почки с использованием ультразвуковой кавитации для рассечения паренхимы почки более эффективен с точки зрения нефрон-сбережения по сравнению с использованием общепринятого электрохирургического инструментария. Также отмечен меньший объем кровопотери в случае использования ультразвуковой кавитации. Продолжительность и радикальность операции в обеих группах не отличались.

Литература:

1. Атдуев, В. А. Клинико-морфологические аспекты резекции печени с использованием ультразвукового деструктора-аспиратора (Экспериментально-клиническое исследование): специальность 14.00.27: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук / Атдуев Вагиф Ахмедович. — Нижний Новгород, 1997. — 23 с. — EDN ZJGFCH. [Atduev, V. A. Clinical and morphological aspects of liver resection using an ultrasound destructor aspirator (Experimental and clinical study): specialty 14.00.27: abstract of the dissertation for the degree of Candidate of medical Sciences / Vagif Akhmedovich Atduev. Nizhny Novgorod, 1997. 23 p. — EDN ZJGFCH.] (in Russ.).

2. Атдуев, В. А. Резекция почки при опухолях ее паренхимы / В. А. Атдуев, В. А. Овчинников // Российский онкологический журнал. — 2003. — № 1. — С. 10–14. — EDN MYXXCQ. [Atduev, V. A. Resection of the kidney in tumors of its parenchyma / V. A. Atduev, V. A. Ovchinnikov // Russian Journal of Oncology. — 2003. — No. 1. — pp. 10–14. — EDN MYXXCQ.] (in Russ.)

3. Газарян Михаил Араратович, Зингеренко Максим Борисович, Лахно Дмитрий Александрович Резекции почки малоинвазивным методом у пожилых пациентов // Клиническая геронтология. 2016. № 9–10. [Gazaryan Mikhail Araratovich, Zingerenko Maxim Borisovich, Lakhno Dmitry Aleksandrovich Minimally invasive kidney resection in elderly patients // Clinical Gerontology. 2016. No. 9–10.] (in Russ.).

4. Патент № 2254076 C2 Российская Федерация, МПК A61B 17/22, A61B 18/00, A61B 18/04. Ультразвуковой деструктор-аспиратор: № 2003126801/14: заявл. 01.09.2003: опубл. 20.06.2005 / Г. Ц. Дамбаев, С. В. Мельченко, Ю. А. Шибаев. — EDN JCTCID. [Patent No. 2254076 C2 Russian Federation, IPC A61B 17/22, A61B 18/00, A61B 18/04. Ultrasonic destructor-aspirator: No. 2003126801/14: application No. 01.09.2003: published on 06/20/2005 / G.Ts. Dambaev, S.V. Melchenko, Yu. A. Shibaev. — EDN JCTCID.] (in Russ.).

5. Погосян Р. Р., Малхасян В. А., Семенякин И. В., Прокопович М. А., Пушкарь Д. Ю. Робот-ассистированная резекция почки при опухолях T1b: результаты трифекты // Клиническая и экспериментальная хирургия. 2019. № 2. [Poghosyan R. R., Malkhasyan V. A., Semenyakin I.V., Prokopovich M. A., Pushkar D.Y. Robot-assisted kidney resection in T1b tumors: trifecta results // Clinical and experimental surgery. 2019. № 2.] (in Russ.).

6. Basting RF, Corvin S, Antwerpen C, Djakovic N, Schmidt D. Use of water jet resection in renal surgery: early clinical experiences. Eur Urol. 2000 Jul;38 (1):104–7. doi: 10.1159/000020261. PMID: 10859451.

7. Basting RF, Djakovic N, Widmann P. Use of water jet resection in organ-sparing kidney surgery. J Endourol. 2000 Aug;14 (6):501–5. doi: 10.1089/end.2000.14.501. PMID: 10954307.

8. Do TT, Pham TD, Do MT, Le VH, Nguyen DM, Nguyen HH, Nguyen DL, Thao Nguyen D, Nguyen DU. Retroperitoneal laparoscopic partial nephrectomy with selective renal artery clamping for renal cell carcinoma: initial outcomes. Ann Med Surg (Lond). 2024 Mar 12;86 (5):2437–2441. doi: 10.1097/MS9.0000000000001921. PMID: 38694288; PMCID: PMC11060310.

9. Izquierdo-Luna JS, Campos-Salcedo JG, Estrada-Carrasco CE, Torres-Gómez JJ, López-Silvestre JC, Zapata-Villalba MA. Robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy with hydrodissection. Actas Urol Esp. 2016 Jun;40 (5):333–6. English, Spanish. doi: 10.1016/j.acuro.2015.11.004. Epub 2016 Jan 8. PMID: 26778652.

10. Kamiyama Y, Yamashita S, Nakagawa A, Fujii S, Mitsuzuka K, Kaiho Y, Ito A, Abe T, Tominaga T, Arai Y. The Piezo Actuator-Driven Pulsed Water Jet System for Minimizing Renal Damage after Off-Clamp Laparoscopic Partial Nephrectomy. Tohoku J Exp Med. 2017 Sep;243 (1):57–65. doi: 10.1620/tjem.243.57. PMID: 28943598.

11. Karthikesh MS, Yang X. The effect of ultrasound cavitation on endothelial cells. Exp Biol Med (Maywood). 2021 Apr;246 (7):758–770. doi: 10.1177/1535370220982301. Epub 2021 Jan 18. PMID: 33461340; PMCID: PMC8719027.

12. Loertzer H, Strauß A, Ringert RH, Schneider P. Laser-supported partial laparoscopic nephrectomy for renal cell carcinoma without ischaemia time. BMC Urol. 2013 Jun 20;13:31. doi: 10.1186/1471-2490-13-31. PMID: 23786969; PMCID: PMC3706310.

# Введение

Ежегодно в мире диагностируется более 200 тыс. новых случаев почечно-клеточного рака, доля которого составляет, по данным разных авторов, от 2 до 5 % всех случаев злокачественных новообразований у взрослых и более 90 % всех новообразований почки [2]. Только 70 % больных доживают до 5-летнего рубежа, так как из-за скудности клинической картины на момент постановки диагноза у 1/3 пациентов уже имеются отдаленные метастазы, ухудшающие прогноз [5, 6]. Единственным методом лечения рака почки остается хирургический из-за его резистентности к традиционной химиотерапии и лучевой терапии. В хирургической практике широко используется метод лапароскопической резекции почки с помощью биполярной электроэнергии [7].

В хирургической практике существует метод рассечения мягких тканей с помощью ультразвуковой кавитации. Данный способ рассечения тканей используется в гнойной хирургии для обработки гнойных очагов, в торакоабдоминальной хирургии для резекции опухолей печени, гинекологами и другими специалистами [1].

Преимуществами данного метода являются сохранение целостности сосудистых стенок при резекции органа, сохранение капсулы образования при ее отсечении, возможность селективной биполярной коагуляции освободившихся сосудов из паренхимы органа. В мировой литературе представлены лишь единичные публикации о применении методики ультразвуковой кавитации при хирургических вмешательствах на органах мочеполовой системы, в частности на почке [1].

Мы представляем результаты лапароскопической резекции почки с применением ультразвуковой кавитации с тепловой ишемией и комбинированным лигированием сосудов паренхимы почки.

Цель исследования. Сравнительный анализ лапароскопической резекции почки с использованием электрокоагуляции и электрорезекции и лапароскопической резекции почки с использованием ультразвуковой кавитации у пациентов с злокачественными образованиями почки в части онкологических и функциональных исходов.

## Материалы и методы

За 2023–2025 гг. в отделении урологии Клинической больницы № 1 МЕДСИ в Отрадном (АО «ГК "МЕДСИ"») было выполнено 20 лапароскопических резекций почки с использованием ультразвуковой кавитации. Также ретроспективно была отобрана контрольная сравнительная группа из 22 пациентов, перенесших лапароскопическую резекцию почки с использованием стандартных техник электрокоагуляции и электрорезекции. Отбор происходил рандомизировано.

Обе группы были статистически сопоставимы по полу, возрасту пациентов, локализации и объему опухоли T1a-T1b, клинической картине, а также по исходной скорости клубочковой фильтрации, оценке по шкале RENAL nephrometry score.

Применение ультразвуковой кавитации заключается в использовании при рассечении тканей ультразвукового кавитатора «Фотек», модель «Actiton B» (рис. 1). Блок управления аппарата генерирует переменный электрический ток ультразвуковой частоты, который подается на пьезокерамические элементы акустического узла. Пьезокерамические элементы акустического узла преобразуют переменный электрический ток в возвратно-поступательные колебательные движения инструментов-волноводов. С помощью инструментов-волноводов и подачи в кавитатор стерильного физиологического раствора осуществляется контактное и бесконтактное воздействие на биологические ткани, создаётся направленная кавитированная струя жидкости.




Рис. 1. Блок управления и ультразвуковой кавитатор «Фотек», модель Actiton B. Fig. 1. Control unit and ultrasonic cavitator «Fotek», model Actiton B

С помощью биполярной и ультразвуковой энергии производится выделение почечных сосудов и паренхимы почки с опухолью. С помощью сосудистых зажимов «бульдог» осуществлялась тепловая ишемия почки. Холодными лапароскопическими ножницами рассекается капсула почки между опухолью и здоровой паренхимой,

отступя от образования 5 мм. Акустическим узлом производится кавитационная деструкция почечной паренхимы, сохраняя крупнокалиберные сосуды неповрежденными. Данная особенность позволяет прицельно коагулировать или накладывать клипсы почечных паренхиматозных сосудов, оставляя здоровую паренхиму неповрежденной. После удаления опухоль помещается в пластиковый контейнер, а зона резекции ушивается рассасывающимся полимерным шовным материалом.

Расчет скорости клубочковой фильтрации осуществлялся по формуле CKD-EPI.

Статистическая обработка результатов выполнена с помощью программного обеспечения SPSS 20.0 с применением параметрических и непараметрических критериев оценки статистической значимости. Различия считались значимыми при $p < 0,05$. Качественные параметры описаны в виде частот (абс, %), количественные — в виде медианы (Me), нижнего (25 %) и верхнего (75 %) квартилей, если параметр имел распределение, далекое от нормального. Для сравнения 2 независимых непараметрических выборок использовали критерий Манна — Уитни, для сравнения 2 связанных непараметрических выборок — критерий Уилкоксона. Качественные переменные сравнивались с помощью критерия $\chi^2$ Пирсона (анализа таблиц сопряженности). Корреляционный анализ выполнен по методу Пирсона и Спирмана.

# Результаты

Результаты сравнительного анализа представлены в табл. 1.

*Таблица 1*

**Сравнительные характеристики групп**

*Table 1*

**Comparative characteristics of the groups**

| Сравнительные характеристики групп | Группа 1, n = 20 | Группа 2, n = 22 | Статистическая значимость различий p |
|---|---|---|---|
| Значение R. E. N. A.L. | 5,95 ± 1,39 | 6,18 ± 1,27 | <0,05 |
| Продолжительность операции, мин | 98,5 ± 26,33 | 100,55 ± 24,5 | <0,05 |
| Время тепловой ишемии, мин | 18,15 ± 3,84 | 15,95 ± 4,46 | <0,05 |
| Объем кровопотери, мл | 148,45 ± 54,24 | 164,36 ± 78,9 | <0,05 |
| СКФ до операции, мл/мин/1,73 м$^2$ | 78,6 ± 16 | 79,4 ± 18,3 | <0,05 |
| СКФ через 3 суток после операции, мл/мин/1,73 м$^2$ | 67,8 ± 22,1 | 62,5 ± 20,2 | <0,05 |
| Положительный хирургический край | 0 | 0 | <0,05 |
| Койко-день | 4,82 | 4,9 | <0,05 |

Примечания: Значение R. E. N. A.L. = предоперационная нефрометрическая шкала, СКФ = скорость клубочковой фильтрации.

Продолжительность операции в 2 группах значительно не отличается.

Время тепловой ишемии при кавитации в среднем на 3 минуты дольше, чем при биполярной резекции. При послеоперационном наблюдении контрольных анализов на отрицательно на функцию почек это не влияло.

Объем кровопотери в первой группе в среднем незначительно меньше, вероятнее всего за счет лучшего контроля гемостаза при использовании ультразвуковой кавитации в виду возможности суперселективного гемостаза паренхиматозных сосудов.

Среднее значение СКФ до операции составило 78,6 ± 16 мл/мин/1,73 м$^2$, после операции: 67,8 ± 22,1 мл/мин/1,73 м$^2$. В сравнении значений с контрольной группой способ резекции почки с использованием ультразвуковой кавитации для рассечения паренхимы почки оказывается более эффективным с точки зрения нефрон-сбережения.

При гистологическом исследовании удаленных образований во всех случаях верифицирован светлоклеточный вариант почечно-клеточного рака, ни в одном случае не зафиксирован положительный хирургический край.

Средний койко-день в первой группе составил 4,82 суток, во второй группе 4,9 суток.

## Заключение

Таким образом, способ резекции почки с использованием ультразвуковой кавитации для рассечения паренхимы почки более эффективен с точки зрения нефрон-сбережения по сравнению с использованием общепринятого электрохирургического инструментария. Вероятнее всего это обусловлено отсутствием глубокого термического повреждения паренхимы почки в случае электрохирургии. Также отмечается меньший объем кровопотери, что обусловлено возможностью прицельного гемостаза ввиду особенностей ультразвуковой кавитационной деструкции паренхимы почки с сохранением целостности сосудов вплоть до мелкого калибра в процессе рассечения паренхимы. При этом сохраняется на прежнем уровне продолжительность и радикальность операции, использование ультразвуковой кавитации не нарушает принципы абластичности.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Источник финансирования: авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования и подготовке публикации.

Все авторы подтверждают соответствие своего авторства согласно международным критериям ICMJE.

Как цитировать: А. М. Васильченко, И. В. Семенякин, Н. К. Гаджиев, С. П. Деревянко, Б. А. Бонецкий, И. М. Родин, Сравнительный анализ эффективности использования ультразвуковой кавитации при лапароскопической резекции почки, Хирург 1-2 (211) 2026, Том 19; DOI: 10.33920/med-15-2601-01

Получена 18.12.2025

Принята в печать 28.12.2025

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Source of funding: the authors declare that they received no external funding for the research and publication.

Authors' contribution. The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

To cite this article: A. M. Vasilchenko, I. V. Semenyakin, N. K. Gadzhiev, S. P. Derevyanko, B. A. Bonetskiy, I. M. Rodin, Comparative analysis of ultrasound cavitation efficacy in laparoscopic kidney resection. Surgeon 1-2 (211) 2026, VOLUME 19; DOI: 10.33920/med-15-2601-01

Received 18.12.2025

Accepted 28.12.2025