

УДК: 616.61-089.163-072.1-089.87-006-073.7-005.4

[https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-7\(41\)-987-996](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-7(41)-987-996)

**Гончарук Олександр Олегович** аспірант кафедри хірургії №1 та урології Дніпровський державний медичний університет, вул. Володимира Вернадського, 9, м. Дніпро, 49044, <https://orcid.org/0000-0001-7144-5101>

**Молчанов Роберт Миколайович** доктор медичних наук, професор кафедри хірургії №1 та урології, Дніпровський державний медичний університет, вул. Володимира Вернадського, 9, м. Дніпро, 49044, <https://orcid.org/0000-0002-9589-8364>

## РОЛЬ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТОМОГРАФІЇ У ВИЗНАЧЕННІ ОПТИМАЛЬНОГО ТИПУ ІШЕМІЇ ПРИ ЛАПАРОСКОПІЧНІЙ РЕЗЕКЦІЇ НИРКИ

**Анотація. Вступ:** Стаття присвячена розробці алгоритму передопераційного обстеження та планування лапароскопічної резекції нирки у пацієнтів із солідними пухлинами нирки. Основою дослідження є використання комп'ютерної томографії (КТ) для оцінки ангіоархітекtonіки нирки та визначення оптимального типу ішемії під час хірургічного втручання. Визначення індексу RENAL зокрема ендofітності утворення та розміру пухлини є ключовими факторами, що впливають на можливість безпечного та ефективного застосування інтраопераційної ішемії. Відсутність стандартизації у питанні вибору методу ішемії в хірургії пухлин нирок, стала основою для даного дослідження.

**Методи:** Дослідження проводилося з 2018 по 2023 рік і включало 101 пацієнта віком від 25 до 74 років, яким виконувалася лапароскопічна резекція нирки з приводу солідних пухлин. На передопераційному етапі проводилася контрастна мультиспіральна комп'ютерна томографія (МСКТ) для визначення стадії захворювання, класифікації за TNM, вивчення характеристик пухлини, анатомії основних та сегментарних артерій нирки, а також оцінки складності пухлин за шкалою RENAL. Інтерпретація зображень здійснювалася за допомогою програмного забезпечення RadiAnt DICOM Viewer.

**Результати:** Алгоритм дозволив з 101 пацієнтів у 56 планувати застосування сегментарної ішемії, з яких у 50 (89%) пацієнтів було успішно застосовано цей метод. У 4-х пацієнтів було технічно неможливо повноцінно мобілізувати ниркову ніжку, а у двох пацієнтів затискач додатково був накладений на загальну ниркову артерію у зв'язку із масивною кровотечею під час процедури резекції. У 39 пацієнтів проводилася тотальна теплова ішемія, а у 12 випадках ішемія не застосовувалася.

**Висновки:** Запропонований алгоритм планування лапароскопічної резекції нирки сприяє оптимізації вибору типу ішемії, мінімізації ішемічних ушкоджень нирки та забезпеченню оптимального відновлення ниркової функції в післяопераційному періоді.

**Ключові слова:** резекція нирки, ниркова артерія, пухлина нирки, сегментарна ішемія

**Honcharuk Oleksandr Olegovich** postgraduate student of the Department of Surgery No. 1 and Urology, Dnipro State Medical University, str. Volodymyra Vernadskyi, 9, Dnipro, 49044, <https://orcid.org/0000-0001-7144-5101>

**Molchanov Robert Mykolayovych** Doctor of Medical Sciences, Professor of the Department of Surgery No. 1 and Urology, Dnipro State Medical University, Volodymyra Vernadskyi St., 9, Dnipro, 49044, <https://orcid.org/0000-0002-9589-8364>

## THE ROLE OF COMPUTED TOMOGRAPHY IN DETERMINING THE OPTIMAL TYPE OF ISCHEMIA DURING LAPAROSCOPIC PARTIAL NEPHRECTOMY

**Abstract. Introduction:** The article is dedicated to the development of a preoperative assessment and planning algorithm for laparoscopic partial nephrectomy in patients with solid renal tumors. The core of the study is the utilization of computed tomography (CT) to evaluate the renal angiostructure and determine the optimal type of ischemia during the surgical procedure. Determining the RENAL score, the endophytic nature of the lesion, and the tumor size are key factors influencing the possibility of safe and effective application of intraoperative ischemia. The absence of standardized protocols for choosing ischemia methods in kidney tumor surgery prompted the initiation of this study.

**Methods:** The study was conducted from 2018 to 2023 and included 101 patients aged 25 to 74 years who underwent laparoscopic partial nephrectomy for solid tumors. At the preoperative stage, contrast-enhanced multislice computed tomography (CT) was performed to determine the stage of the disease, TNM classification, tumor characteristics, anatomy of the main and segmental renal arteries, and the complexity of the tumors using the RENAL score. Image interpretation was carried out using RadiAnt DICOM Viewer software.

**Results:** The algorithm allowed the planning of segmental ischemia in 56 out of 101 patients, of which 50 (89%) patients successfully underwent this method. For four patients, it was technically impossible to fully mobilize the renal pedicle, and for two patients, a clamp was additionally applied to the main renal artery due to massive bleeding during the procedure.

Total warm ischemia was performed in 39 patients, and ischemia was not applied in 12 cases.

**Conclusions:** The proposed algorithm for planning laparoscopic partial nephrectomy contributes to the optimization of ischemia type selection, minimization of ischemic damage to the kidney, and ensuring optimal recovery of renal function in the postoperative period.

**Keywords:** partial nephrectomy, renal artery, renal tumor, segmental ischemia

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день єдиним ефективним методом лікування локалізованого раку нирки є хірургічне лікування. Для пухлин стадії T1-T2, «золотим стандартом» лікування є резекція нирки, яка направлена на збереження максимального об'єму функціонуючої паренхіми нирки та профілактику хронічної ниркової недостатності [1].

Традиційно, під час резекції нирки перетискають загальну ниркову артерію для забезпечення «безкровного» операційного поля та безпечного з точки зору крововтрати видалення пухлини нирки [2]. Однак разом з цим подовжена ішемія нирки може призвести до ішемічно-реперфузійного ураження оперованого органу, та сприятиме розвитку ниркової недостатності [3].

Вибіркове затискання сегментарної артерії, при якому таргетна гілка ниркової артерії, що постачає кров до ділянки з пухлиною, є одним із модифікованих хірургічних підходів резекції нирки, яка запропонована для уникнення непотрібної ішемічної травми нормальної паренхіми [4].

Для ретельно відібраних пацієнтів розроблений метод "off-clamp", як альтернативний хірургічний підхід, який дозволяє уникнути ішемії паренхіми шляхом відсутності перетискання ниркової артерії [5].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Новітнє програмне забезпечення дозволяє при оцінці результатів комп'ютерної томографії провести 3-D моделювання зображень та візуалізувати пухлину, визначити характеристики пухлинного процесу, оцінити стан здорової паренхіми, проаналізувати анатомію артерій, вен нирки та стану вивідної системи нирки і її відношення до новоутворення [6]. В сучасних дослідженнях представлено, що існує велика кількість варіантів кровопостачання нирки, та майже в половині з них можливе планування сегментарної ішемії [7]. Не зважаючи на це, на сьогоднішній день використання сегментарної ішемії нирки при лапароскопічній резекції є вибором окремих хірургів, які покладаються на власні можливості та судження [8]. Саме це дало підґрунтя для даного дослідження та розробки алгоритму планування інтраопераційної ішемії нирки під час лапароскопічної резекції.

**Мета статті.** Метою дослідження є розробка алгоритму передопераційного обстеження, планування та хірургічного лікування пацієнтів із солідними пухлинами нирки, що ґрунтується на детальному передопераційному обстеженні, аналізі результатів комп'ютерної томографії, моделювання ангіоархітекtonіки нирки та визначення характеру та типу пухлинного процесу для оптимізації вибору обсягу інтраопераційної ішемії під час проведення лапароскопічної резекції нирки.

**Матеріали і методи дослідження.** З 2018 по 2023 рік було проведено дослідження, в якому взяли участь 101 пацієнтів, віком від 25 до 74 р ( $63,4 \pm 6,2$  ( $M \pm m$ )), яким проводилась лапароскопічна резекція нирки з приводу солідних ниркових пухлин. На передопераційному етапі після проведення стандартного обстеження, виконувалась контрастна мультиспіральна комп'ютерна томографія (МСКТ) для встановлення стадії захворювання, класифікації за TNM, вивчення характеристик пухлини, анатомії основних та сегментарних артерій нирки та оцінку складності пухлин за шкалою RENAL. Інтерпретацію зображень проводили за допомогою програмного забезпечення RadiAnt DICOM Viewer.

### **Виклад основного матеріалу.**

Найважливішим етапом була оцінка ангіоархітекτονіки нирки: кількість та структура головних ниркових артерій, наявність додаткових полюсних артерій, особливості ділення головних артерій на сегментарні та визначення цільової сегментарної або додаткової артерії, що безпосередньо живить пухлину. Прогнозувалась можливість доступу до «цільової» артерії під час хірургічного втручання. Ці заходи дозволяли планувати обсяг хірургічного втручання, інтраопераційний доступ до пухлини та артерій судинної ніжки нирки, а також метод ішемії в залежності від структурних особливостей ангіоархітекτονіки та технічних можливостей під час операції. Проводилось прогнозування можливих інтра- та післяопераційних ускладнень, можливості конверсії, нефректомії та зміна методу ішемії в режимі реального часу під час проведення втручання. Усі заходи по плануванню та прогнозуванню були виконані індивідуально для кожного пацієнта, враховуючи вищеописані параметри.

Детальна оцінка анатомічних особливостей нирки, пухлини та ангіоархітекτονіки дозволяє застосовувати декілька різновидів інтраопераційної ішемії нирки під час проведення лапароскопічної резекції. Такі види включали в себе: тотальну теплову ішемію, яка забезпечувалась перетисненням загальної ниркової артерії; сегментарну ішемію, коли кровообіг у нирці припинявся частково та безішемічну техніку, коли артеріальні судини не перетискались. У свою чергу саме сегментарна ішемія мала декілька варіантів, які були оптимальними при різному розподіленні артерій нирки. Часткова ішемія нирки забезпечувалась перетисканням гілки загальної ниркової артерії, однієї, або декількох сегментарних артерій нирки, або додаткових полярних артерій.

На Рис 1. представлено зображення 3D-моделі комп'ютерної томограми, у варіанті якої загальна ниркова артерія поділяється на 4 сегментарні артерії, а до області пухлини нижнього полюсу передньої поверхні правої нирки впадає 3 додаткові артеріальні судини які відходять від правої загальної клубової артерії. Оцінка томографічних зображень, привела до розуміння того, що область нирки з пухлиною та пухлина живиться переважно за рахунок додаткових артерій та дозволила планувати ішемію нирки шляхом перетискання додаткових артерій.

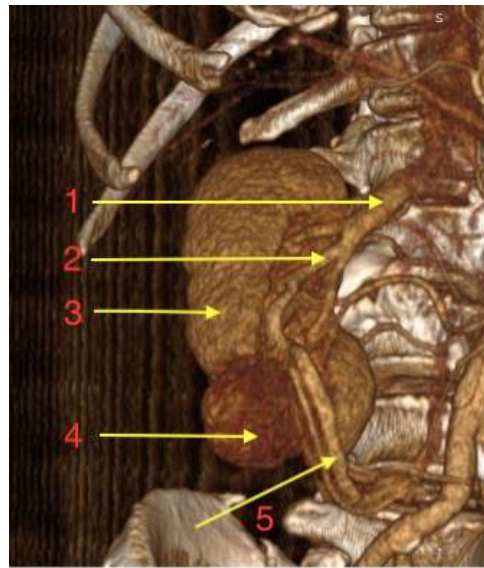
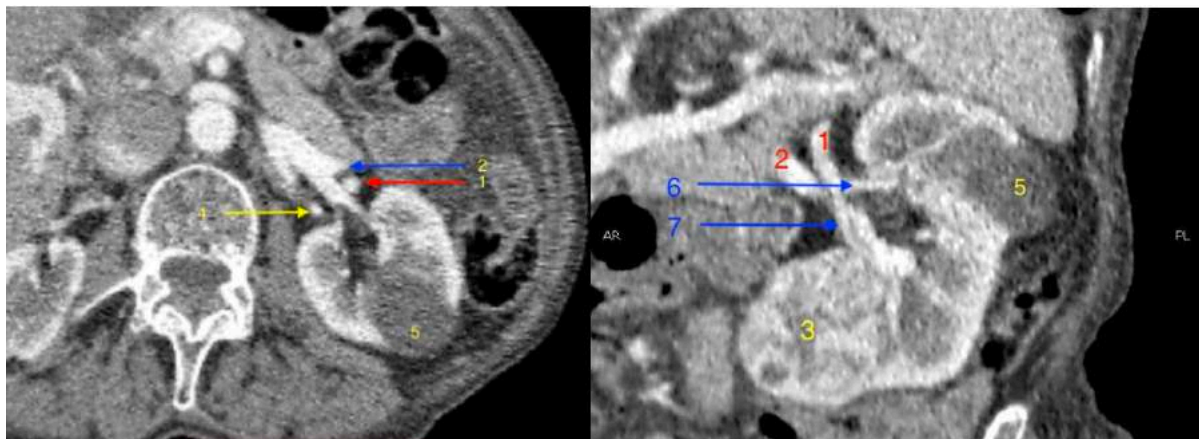


Рис 1. Комп'ютерна томограма пацієнта Т., 48 р. з пухлиною правої нирки. Структура пухлинного процесу та ангиоархітектоніка нирки: 1- ниркова артерія; 2 – сегментарна ниркова артерія; 3 – паренхіма нирки; 4 – пухлина нирки; 5 – додаткові артерії правої нирки, що відходять від а. іліаса сот. dex., безпосередньо до ложа пухлини.



А.

Б.

Рис 2. Комп'ютерна томограма пацієнтки С., 74 р. з раком нижнього полюсу передньої поверхні та простою кістою лівої нирки : А – аксіальна проекція; Б – косо-коронарна проекція.

1 – передня гілка ниркової артерії; 2 – передня гілка ниркової вени; 3 – пухлина лівої нирки; 4 – задня гілка ниркової артерії; 5 – кіста нирки; 6 – верхня сегментарна артерія; 7 – нижня сегментарна артерія.

У випадку, відображеному на Рис 2. загальна ниркова артерія розгалужується на передню та задню гілки, після чого передня гілка на межі з передньою гілкою ниркової вени ділиться на верхню сегментарну та нижню сегментарну артерію. Остання живить сегмент нирки який заміщений пухлиноподібним утворенням. Важливо зазначити що, в даному випадку

відгалуження сегментарної артерії відбувається екстраренально, тому лапароскопічний доступ до цієї артерії прогнозується як вірогідний. Цей варіант кровопостачання дає можливість планувати перетиснення сегментарної артерії під час хірургічного втручання та спрогнозувати додаткові накладення затискача на інші артеріальні стовбури при незадовільному гемостазі під час процедури резекції нирки.

Наявність та різноманітність сегментарних розгалужень ниркової артерії у деяких випадках не являється вирішальними для вибору типу ішемії нирки при плануванні операції. Детально оцінюється розташування пухлини, та відношення її до критичних структур нирки (артеріальні та венозні судини, чашково-мискова система нирки). Так на Рис. 3. відображено томограми пацієнтки з пухлиною, що має центральне розташування у нирці, впритул розташовується до крупних артеріальних судин та ЧМС. При плануванні хірургічного втручання даного випадку слід оцінювати ризики пошкодження критичних структур при резекції нирки, масивної кровотечі, ризику нефректомії під час операції та конверсії, що може привести до більшої травматизації, необхідності гемотрансфузії, погіршення функціональних показників за рахунок втрати функціонуючої паренхіми та збільшення тривалості госпіталізації. Близьке розташування пухлини до ЧМС в поєднанні з незадовільним гемостазом може призвести до порушення цілісності видільної системи нирки, що в свою чергу підвищує ризики додаткових маніпуляцій та повторних хірургічних втручань. Також центральне положення пухлини у нирці не дозволяє достовірно оцінити яка саме сегментарна судина живить пухлину. Враховуючи складність даного варіанту пухлинного процесу, та імовірні ризики інтра- та післяопераційних ускладнень, слід надати перевагу тотальній тепловій ішемії під час лапароскопічної резекції нирки.



Рис 3. Томограма пацієнтки Л., 47 р. з пухлиною воріт лівої нирки: А – аксіальна проекція; Б – коронарна проекція. 1 – передня гілка ниркової артерії; 2 – задня гілка ниркової артерії; 3 – пухлина в області воріт нирки; 4 – чашечка нирки (червоною лінією позначено розмежування пухлини та ЧМС)

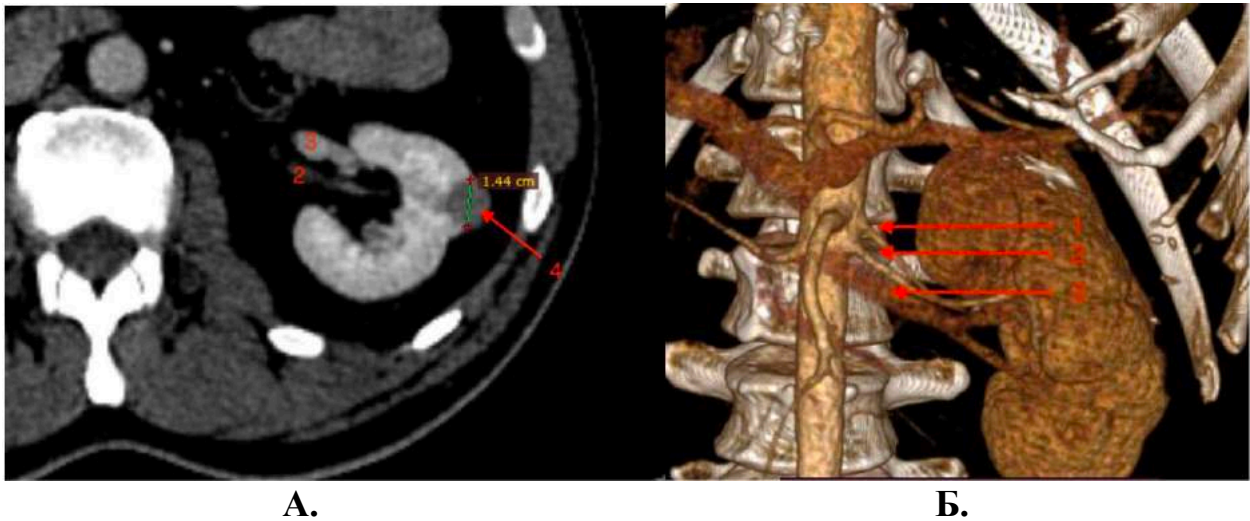


Рис 4. Комп'ютерна томограма пацієнта М., 57 р. з новоутворенням лівої нирки. А – аксіальна проекція; Б – 3D-модель. 1 – додаткова ниркова артерія; 2 – основна ниркова артерія; 3 – ниркова вена; 4 – пухлина нирки.

Безішемічна техніка лапароскопічної резекції нирки є корисною альтернативою тепловим методам ішемії у ретельно підібраних пацієнтів з індивідуальними особливостями кровопостачання нирки. Важливим також є врахування стадії та розташування онкологічного процесу, а також досвіду хірурга та хірургічної бригади. На Рис 4. представлені зображення томографії пацієнта з пухлиною 14 мм по латеральному краю лівої нирки. Утворення не має ознак інвазивного росту та розміщено переважно екстраренально. Кровопостачання нирки забезпечується за рахунок основної та додаткової ниркових артерій, які входять в склад ниркової ніжки разом з нирковою веною. Розгалуження артерій починається інтрасенально, та не відображають чітко розуміння сегментарного кровообігу. Сукупність вищевказаних факторів спонукають до відмови від проведення будь-якого методу теплової ішемії при проведенні хірургічного втручання.

Таким чином алгоритм дій при плануванні інтраопераційної ішемії для пацієнтів з пухлинами нирки починається з первинної оцінки пацієнта, у якого підтверджено пухлину нирки за даними комп'ютерної томографії органів черевної порожнини з внутрішньовенним контрастуванням для оцінки зображень та 3D моделювання. На цьому етапі визначається резектабельність пухлини. У випадку, коли пухлина резектабельна, оцінюється наявність або відсутність цільової сегментарної артерії та прямі ознаки кровопостачання нею пухлини. У разі наявності сегментарної артерії і ознак кровопостачання пухлини, виконується лапароскопічна резекція нирки з сегментарною ішемією. При відсутності цільової сегментарної артерії розглядаються наступні варіанти. Враховуються два або три фактори (розмір пухлини, екстраренальне або інтрасенальне розташування, оцінка за шкалою RENAL)

Журнал «Перспективи та інновації науки»  
(Серія «Педагогіка», Серія «Психологія», Серія «Медицина»)  
№ 7(41) 2024

для планування оптимального типу ішемії (тотальна теплова або «без затискача»). Якщо розмір пухлини менше 30 мм, пухлина розташована переважно екстраренально, і оцінка за шкалою RENAL менше 6 балів, планується лапароскопічна резекція нирки без ішемії. Якщо розмір пухлини більше 30 мм, розташування переважно інtrarенальне, і оцінка за шкалою RENAL більше 6 балів, оптимальним є використання тотальної теплової ішемії.



Рис 5. Алгоритм планування інтраопераційної ішемії при лапароскопічній резекції нирки.

Таким чином, розроблений алгоритм представлений на Рис 5., дозволив з 101 пацієнта у 56 планувати застосування сегментарної ішемії та у 89% (50 пацієнтів) її застосувати: у 4-х пацієнтів було технічно неможливо повноцінно



мобілізувати ниркову ніжку, а у двох пацієнтів затискач додатково був накладений на загальну ниркову артерію у зв'язку із масивною кровотечею під час процедури резекції. У 39 пацієнтів проведена тотальна теплова ішемія, тоді як у 12 випадках інтраопераційна ішемія не застосовувалась.

**Висновки.** Запропонований алгоритм планування лапароскопічної резекції нирок ґрунтується на визначенні за допомогою комп'ютерної томографії можливості контролю сегментарної артерії нирки. Індекс RENAL, ендофітність утворення та розмір пухлини виступають як ключові фактори, що впливають на можливість безпечного та ефективного застосування ішемії нирки при відсутності сегментарної артерії. Використання цього алгоритму дозволило обрати індивідуальну стратегію сегментарної ішемії як найкращу для 50 (89%) з 56 пацієнтів, у яких було ідентифіковано сегментарну артерію. Ефективність запропонованого алгоритму планування лапароскопічної резекції нирки полягає в оптимізації вибору типу ішемії, мінімізації ішемічних ушкоджень нирки та забезпечення оптимального відновлення ниркової функції.

#### **Конфлікт інтересів.**

Автори заявляють, що не мають конфлікту інтересів.

#### **Література:**

1. Ljungberg B, Albiges L, Abu-Ghanem Y, Bedke J, Capitanio U, et al. European Association of Urology Guidelines on Renal Cell Carcinoma: The 2022 Update. *Eur Urol.* 2022; 82: 399–410. doi:10.1016/j.eururo.2022.03.006.
2. Mattevi D, Luciani LG, Mantovani W, Cai T, Chiodini S, Vattovani V, Puglisi M, Malossini G. Fluorescence-guided selective arterial clamping during RAPN provides better early functional outcomes based on renal scan compared to standard clamping. *J Robot Surg.* 2019 Jun;13(3):391-396. doi: 10.1007/s11701-018-0862-x. Epub 2018 Aug 9. PMID: 30094595.
3. Simmons MN, Hillyer SP, Lee BH, Fergany AF, Kaouk J, Campbell SC. Functional recovery after partial nephrectomy: effects of volume loss and ischemic injury. *J Urol.* 2012 May;187(5):1667-73. doi: 10.1016/j.juro.2011.12.068. Epub 2012 Mar 15. PMID: 22425124.
4. Nohara T, Fujita H, Yamamoto K, Kitagawa Y, Gabata T, Namiki M. Modified anatomic partial nephrectomy with selective renal segmental artery clamping to preserve renal function: a preliminary report. *Int J Urol.* 2008 Oct;15(11):961-6. doi: 10.1111/j.1442-2042.2008.02141.x. Epub 2008 Sep 19. PMID: 18808428.
5. Trehan A. Comparison of off-clamp partial nephrectomy and on-clamp partial nephrectomy: a systematic review and meta-analysis. *Urol Int.* 2014;93(2):125-34
6. Isotani S, Shimoyama H, Yokota I, China T, Hisasue S, Ide H, Muto S, Yamaguchi R, Ukimura O, Horie S. Feasibility and accuracy of computational robot-assisted partial nephrectomy planning by virtual partial nephrectomy analysis. *Int J Urol.* 2015 May;22(5):439-46. doi: 10.1111/iju.12714. Epub 2015 Mar 17. PMID: 25783817.
7. Yoshida K, Takamatsu A, Nohara T, Yoneda N, Inoue D, Koda W, Kobayashi S, Gabata T. Renal artery-based kidney segmentation on CT for patients with renal cell carcinoma: Feasibility of segmental artery clamping simulation. *Eur J Radiol Open.* 2022 Dec 13;10:100463. doi: 10.1016/j.ejro.2022.100463. PMID: 36536878; PMCID: PMC9758403.
8. Xu J, Xu S, Yao B, Xu R, Xu Y, Sun F, Qiu Q, Shi H. Segmental artery clamping versus main renal artery clamping in nephron-sparing surgery: updated meta-analysis. *World J Surg Oncol.* 2020 Aug 16;18(1):210. doi: 10.1186/s12957-020-01990-w. PMID: 32799867; PMCID: PMC7429898.

**References:**

1. Ljungberg B, Albiges L, Abu-Ghanem Y, Bedke J, Capitanio U, et al. European Association of Urology Guidelines on Renal Cell Carcinoma: The 2022 Update. *Eur Urol.* 2022; 82: 399–410. doi:10.1016/j.eururo.2022.03.006.
2. Mattevi D, Luciani LG, Mantovani W, Cai T, Chiodini S, Vattovani V, Puglisi M, Malossini G. Fluorescence-guided selective arterial clamping during RAPN provides better early functional outcomes based on renal scan compared to standard clamping. *J Robot Surg.* 2019 Jun;13(3):391-396. doi: 10.1007/s11701-018-0862-x. Epub 2018 Aug 9. PMID: 30094595.
3. Simmons MN, Hillyer SP, Lee BH, Fergany AF, Kaouk J, Campbell SC. Functional recovery after partial nephrectomy: effects of volume loss and ischemic injury. *J Urol.* 2012 May;187(5):1667-73. doi: 10.1016/j.juro.2011.12.068. Epub 2012 Mar 15. PMID: 22425124.
4. Nohara T, Fujita H, Yamamoto K, Kitagawa Y, Gabata T, Namiki M. Modified anatomic partial nephrectomy with selective renal segmental artery clamping to preserve renal function: a preliminary report. *Int J Urol.* 2008 Oct;15(11):961-6. doi: 10.1111/j.1442-2042.2008.02141.x. Epub 2008 Sep 19. PMID: 18808428.
5. Trehan A. Comparison of off-clamp partial nephrectomy and on-clamp partial nephrectomy: a systematic review and meta-analysis. *Urol Int.* 2014;93(2):125-34
6. Isotani S, Shimoyama H, Yokota I, China T, Hisasue S, Ide H, Muto S, Yamaguchi R, Ukimura O, Horie S. Feasibility and accuracy of computational robot-assisted partial nephrectomy planning by virtual partial nephrectomy analysis. *Int J Urol.* 2015 May;22(5):439-46. doi: 10.1111/iju.12714. Epub 2015 Mar 17. PMID: 25783817.
7. Yoshida K, Takamatsu A, Nohara T, Yoneda N, Inoue D, Koda W, Kobayashi S, Gabata T. Renal artery-based kidney segmentation on CT for patients with renal cell carcinoma: Feasibility of segmental artery clamping simulation. *Eur J Radiol Open.* 2022 Dec 13;10:100463. doi: 10.1016/j.ejro.2022.100463. PMID: 36536878; PMCID: PMC9758403.
8. Xu J, Xu S, Yao B, Xu R, Xu Y, Sun F, Qiu Q, Shi H. Segmental artery clamping versus main renal artery clamping in nephron-sparing surgery: updated meta-analysis. *World J Surg Oncol.* 2020 Aug 16;18(1):210. doi: 10.1186/s12957-020-01990-w. PMID: 32799867; PMCID: PMC7429898.