

УДК: 616.61-006-072.1-089.873-06-005.4:616.611-008.6]-089.168

[https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-3\(37\)-1388-1402](https://doi.org/10.52058/2786-4952-2024-3(37)-1388-1402)

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>

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>

ICG НАВІГАЦІЯ ПРИ ЛАПАРОСКОПІЧНІЙ РЕЗЕКЦІЇ НИРКИ: РЕЗУЛЬТАТИ ХІРУРГІЧНОГО ЛІКУВАННЯ ТА ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ШВИДКІСТЬ КЛУБОЧКОВОЇ ФІЛЬТРАЦІЇ

Анотація. Вступ: резекція нирки (РН) стала золотим стандартом лікування невеликих утворень нирок, що у порівнянні із радикальною нефректомією дозволяє зберігати функцію нирок при відповідності онкологічних результатів. Проте РН є технічно складною процедурою, і ішемія, викликана перетисканням ниркової артерії, може призвести до пошкодження функції нирок. Індоціанін зелений (ICG) став інтраопераційним інструментом для покращення візуалізації ниркових судин і країв пухлини під час РН.

Мета: Метою цього дослідження було оцінити вплив інтраопераційного застосування ICG на результати РН, його вплив на зміну швидкості клубочкової фільтрації (ШКФ) в післяопераційному періоді на 4-ту добу, через 1 місяць та 3 місяці, а також визначити фактори, які суттєво впливають на зміни ШКФ після операції.

Матеріали і методи. Загалом 101 пацієнт із діагностованою пухлиною нирки, які перенесли РН, були класифіковані на три групи на основі застосованої техніки теплової ішемії. Використання ICG було оцінено на предмет його потенційних переваг у підвищенні точності РН, сприяттні збереженню ниркової тканини та мінімізації ускладнень, пов'язаних з ішемією.

Результати: дослідження продемонструвало покращення післяопераційних результатів і зменшення ускладнень із застосуванням ICG під час РН. Крім того, ICG полегшив ідентифікацію судин нирки та країв пухлини, що призвело до кращої хірургічної точності та збереження ниркової тканини. Факторами, які суттєво впливають на зміни ШКФ через 4 дні після операції, були базова розрахункова ШКФ (рШКФ), тип ішемії, використання

флуорисцентної навігації та складність пухлини згідно зі шкалою оцінки RENAL, тоді як через 1 та 3 місяці після операції значущим фактором був вік пацієнта.

Висновок. Використання ICG як інтраопераційного інструменту навігації при РН дозволило покращити хірургічні результати, мінімізувати ускладнення, пов'язані з ішемією, і сприяти збереженню ниркової тканини. Ідентифікація факторів, які суттєво впливають на зміни ШКФ після операції, таких як базова рШКФ, тип ішемії, використання ICG, складність пухлини та вік пацієнта, може допомогти оптимізувати процедури РН та покращити результати пацієнтів. Необхідні подальші дослідження для визначення довгострокового впливу ICG на збереження функції нирок у пацієнтів, які перенесли РН з приводу пухлин нирок..

Ключові слова: резекція нирки, індоціанін зелений, теплова ішемія, пухлини нирок, розрахункова швидкість клубочкової фільтрації, зміни рШКФ, фактори впливу

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>

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

ICG GUIDANCE IN LAPAROSCOPIC PARTIAL NEPHRECTOMY: SURGICAL OUTCOMES AND eGFR INFLUENCING FACTORS

Abstract. Introduction: Partial nephrectomy (PN) has become the gold standard treatment for small renal masses, preserving renal function while maintaining oncologic control. However, PN is a technically demanding procedure, and ischemia caused by renal artery clamping may result in renal damage. Indocyanine green (ICG) has emerged as an intraoperative guidance tool for enhancing visualization of renal vasculature and tumor margins during PN.

Aim: This study aimed to evaluate the impact of intraoperative use ICG on the outcomes of PN, its influence on estimated glomerular filtration rate (eGFR) changes in the early and late postoperative period, and to identify factors that significantly affect eGFR changes after surgery.

Patients and Methods: A total of 101 patients diagnosed with renal tumors who underwent PN were classified into three groups based on the warm ischemia technique employed. The use of ICG was evaluated for its potential benefits in enhancing the precision of PN, facilitating renal tissue preservation, and minimizing ischemia-related complications.

Results: The study demonstrated improved postoperative outcomes and reduced complications with the use of ICG during PN. Moreover, ICG facilitated the identification of renal vasculature and tumor margins, leading to better surgical precision and renal tissue preservation. Factors significantly influencing eGFR changes at 4 days post-surgery were baseline eGFR, type of ischemia, the use of fluorescent navigation, and tumor complexity according to the R.E.N.A.L. score system, while at 1 and 3 months post-surgery, patient age was a significant factor.

Conclusion: Incorporating ICG as an intraoperative guidance tool in PN allowed for improved surgical outcomes, minimized ischemia-related complications, and facilitated renal tissue preservation. The identification of factors significantly affecting eGFR changes after surgery, such as baseline eGFR, ischemia type, tumor complexity, and patient age, can help optimize PN procedures and improve patient outcomes. Further research is warranted to determine the long-term impact of ICG on renal function preservation in patients undergoing PN for renal tumors.

Keywords: partial nephrectomy, indocyanine green, warm ischemia, renal tumors, estimated glomerular filtration rate, eGFR changes, influencing factors.

Постановка проблеми. Резекція нирки (РН) стала золотим стандартом лікування невеликих утворень нирки (T1a, ≤ 4 см) завдяки своїй здатності зберігати функцію нирок при збереженні онкологічного контролю [1,2]. Перевагою нефронзберігаючої хірургії є зниження ризику розвитку ниркової недостатності, а згодом серцево-судинних та метаболічних захворювань. Цей підхід знижує загальну смертність і довгостроково покращує функцію нирок порівняно з радикальною нефректомією [3,4]. Проте, РН є технічно складною процедурою, особливо коли використовується перетискання ниркової артерії для мінімізації крововтрати, що потенційно може призвести до ішемії та пошкодження нирок [5,6]. Було розроблено різні хірургічні методи для пом'якшення впливу ішемії, такі як мінімізація часу теплової ішемії та використання селективного перетискання сегментарних ниркових артерій [7]. Ці методи передбачають дисекцію та затискання ниркової артерії, яка безпосередньо постачає саму пухлину або сегмент нирки, що містить пухлину. Оскільки нормальна циркуляція крові в решті паренхіми збережена, сегментарне перетискання ниркової артерії не викликає значних відхилень у загальній функції нирок [8,9]. Альтернативний хірургічний підхід, метод «off-clamp», дозволяє уникнути ішемії паренхіми, не перетискаючи ниркову артерію. Цей метод призводить до меншого відхилення рШКФ, ніж тотальна теплова ішемія нирки [10].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основною проблемою перетискання сегментарної ниркової артерії при резекції є необхідність дисекції сегментарної гілки ниркової артерії, яка залежить від індивідуальних анатомічних особливостей. Наявність додаткових ниркових артерій або ранній

поділ головної ниркової артерії значно спрощує проведення сегментарної ішемії. Однак більш глибокі рівні розгалуження ниркової артерії ускладнюють процес реалізації сегментарної ішемії. У таких випадках необхідно використовувати методи, які покращують ідентифікацію та точне відділення сегментарних гілок ниркової артерії, такі як дводжерельна комп'ютерна ангіографія з під час лапароскопічної хірургії [17].

Нещодавно індоціанін зелений (ICG) був представлений як інструмент інтраопераційного контролю для покращення візуалізації ниркових судин та країв пухлини, що потенційно покращує точність РН та сприяє збереженню ниркової тканини [11,12]. Дослідження показали переваги ICG у зменшенні ускладнень і покращенні післяопераційних результатів, але вплив ICG на збереження функції нирок ще належить повністю з'ясувати [15,16].

Мета статті. Порівняння результатів РН, виконаної з використанням ICG та без нього, а також оцінка впливу різних факторів, зокрема типу ішемії, на очікувані зміни швидкості клубочкової фільтрації (рШКФ) в післяопераційному періоді на 4-ту добу, через 1 місяць та 3 місяці. Включивши ICG як інтраопераційний інструмент, ми прагнули оцінити його потенційні переваги у підвищенні точності РН, що сприяє збереженню ниркової тканини та мінімізації ускладнень, пов'язаних з ішемією [11,12].

Матеріали і методи дослідження. У період з 2018 по 2023 рік було проведено проспективне дослідження за участю 101 пацієнта із діагностованою пухлиною нирки, що підтверджено комп'ютерною томографією (КТ) з контрастним підсиленням. Усі пацієнти пройшли резекцію нирки та були розділені на три групи на основі використаної техніки інтраопераційної ішемії. I група (n=39) де використовувалась повна ішемія з перетисканням основної ниркової артерії; Група II (n=50) перенесла сегментарну ішемію з перетисканням сегментарної ниркової артерії та була поділена на підгрупи ІА (n=32) та ІБ (n=18), з використанням або без навігації ICG відповідно; у III групі (n=12) РН виконано без ішемії. Розподілення базувалось на особливостях ниркового кровообігу, що дозволило застосувати сегментарну ішемію. У двох пацієнтів застосовано перехід від сегментарної до повної теплової ішемії внаслідок інтенсивної кровотечі з ложа пухлини.

Усім хворим виконано трансперитонеальну (лапароскопічну) резекцію нирки під загальним наркозом. Пацієнтів розташовували під кутом 45° залежно від боку пухлини. Розміщення троакарів відбувалося за стандартним протоколом лапароскопічної резекції нирки. Після мобілізації ниркових судин проводилась дисекція сегменту нирки, що містить пухлину. Для досягнення технології ICG/NIR використовувався Verdye (25 мг) Indocyanine Green (Diagnostic Green) разом із обладнанням IMAGE1 S™ 4K Rubina™ KARL STORZ.

Для пухлин із внутрішньопаренхіматозним типом росту використовували інтраабдомінальний лінійний ультразвуковий зонд (7 МГц) через

нижній порт для визначення розташування пухлини. Після розрізу капсули нирки в зоні межі пухлини виконували перетискання загальної або сегментарної ниркової артерії затискачем типу «Бульдог» за стандартною методикою. У групі ПА внутрішньовенно вводили 12,5 мг індоціаніне зеленого (ICG), що дозволяло ідентифікувати ішемічну зону з пухлиною через 2-3 хвилини.

Енуклеорезекцію проводили в зоні капсули пухлини, зберігаючи край нормальної паренхіматозної тканини 1-2 мм. Для точної візуалізації хірургічних країв використовували «холодні» ножиці. Інтраопераційне лігування внутрішньопаренхіматозних судин досягалося за допомогою кліпс (Absolock, Ethicon або Hem-o-lok®). Нитку полігліколід 3-0 накладали на область ложа пухлини та фіксували кліпсами Hem-o-lok®. Після накладання безперервного шва на паренхіму в ділянці ложа пухлини знімали артеріальний затискач. Другу лінію шва накладали за допомогою шовної нитки полігліколід 0 і фіксували кліпсами Hem-o-lok, щоб закрити дефект паренхіми. У групі ПА кровотік у зоні резекції контролювали шляхом повторного внутрішньовенного введення 12,5 мг ICG.

Для всіх пацієнтів були зібрані демографічні дані, проведено оцінку за шкалою коморбідності Чарлсона та оцінку за ASA. Для визначення розміру та локалізації пухлини проводили передопераційну комп'ютерну томографію з внутрішньовенним контрастуванням. Складність пухлини оцінювали за системою класифікації RENAL [13]. Розрахункову швидкість клубочкової фільтрації (рШКФ) розраховували за допомогою формули MDRD на основі рівня креатиніну в крові на перед операцією, на 4-й день після операції, через 1 місяць та 3 місяці [14]. Характеристики пухлини оцінювали за допомогою рутинного післяопераційного гістопатологічного дослідження.

Для всіх клінічних характеристик використовували описову статистику. Безперервні змінні були представлені як медіани (міжквартильний діапазон, IQR), а категоріальні змінні як відсотки. Множинна лінійна регресія була використана для моделювання впливу характеристик на зміну рШКФ. Через обмежений розмір вибірки відносно кількості доступних клінічних ознак модель асоціації зі зміною рШКФ з мінімальною кількістю ознак була визначена на попередньому етапі на основі інформаційного критерію Akaike. Для всіх статистичних тестів вказувались двосторонні значення p . Статистичний аналіз проводився за допомогою R версії 3.5.1.

Виклад основного матеріалу. Результати аналізу демографічних, фізіологічних та періопераційних даних представлені в таблиці 1.

Таблиця 1.

Дані пацієнтів

Індекс	I група (повна ішемія) (n =39)	II група (сегментарна ішемія) (n=50)	Група III (без ішемії) (n=12)	p G1 проти G2 G1 проти G3 G2 проти G3
Вік на момент встановлення діагнозу, медіана (IQR)	58,5 [46,3;65,8]	59 [51;67]	58 [45,5;67]	0,903 0,858 0,173
Стать, %: Жіноча Чоловіча	18 (46%) 21 (54%)	19 (38%) 31 (62%)	5 (42%) 7 (58%)	0,77 1 1
ІМТ, медіана (IQR)	27,9 [25,5;31,3]	27,4 [24,9;29,2]	28,1 [26,3;29,6]	0,795 1 1
Оцінка ASA , медіана (IQR)	2 [2;3]	2 [2;3]	2 [2;3]	1 1 1
Індекс коморбідності Чарльсона	2,5 [2;4]	4 [3;5]	2 [0;3]	0,115 0,128 0,011
Найбільший розмір пухлини, мм	43,5 [36;56]	35 [25;49]	28 [25,5;66]	0,072 0,75 1
Ступінь складності пухлини Легкий Середній Складний	9 (23%) 22 (56%) 8 (21%)	17 (34%) 27 (54%) 6 (12%)	7 (59%) 4 (33 %) 1 (8%)	0,8 0,34 0,85
Локалізація пухлини, % Внутрішньониркова Позаниркова	26 (67%) 13 (33%)	33 (66%) 17 (34%)	10 (83%) 2 (17%)	1 0,74 0,44
Передня поверхня нирки Задня поверхня нирки Бічна	21 (54%) 11 (28%) 7 (18%)	17 (34%) 16 (32%) 17 (34%)	6 (50%) 4 (33%) 2 (17%)	0,276 1 0,876
Базова рШКФ (мл/хв/1,73 м ²), медіана (IQR)	72,3 [63;89]	78,9 [65,3;89]	83,1[78,2;91,5]	1 0,211 1
Тривалість операції, хв.	155 [140;180]	180 [132,5;200]	140 [127,5;172,5]	1 0,705 0,417
Тривалість перебування в лікарні (дні), медіана (IQR)	5 [5;6]	5 [4,5;6]	5 [5-5]	1 1 1
Гістологія Доброякісна Злоякісна	6 (15%) 33 (85%)	14 (28%) 36 (72%)	6 (50%) 6 (50%)	0,535 0,047 0,515
Об'єм крововтрати, мл., медіана (IQR)	250 [150;500]	190 [100;450]	160 [55;400]	1 0,888 1
Тривалість теплової ішемії, хв, медіана (IQR)	20 [16;23,5]	20 [18,5;23,5]	0	0,681 <0,001 <0,001

Середній вік пацієнтів у дослідженні становив 58,5 [46,3;65,8] років у I групі, 59 [51;67] у II групі та 58 [45,5;67] у III групі з віком від 25 до 74 років. Значення ІМТ та індексу коморбідності Чарльсона становили 27,9 [25,5;31,3], 27,4 [24,9;29,2] і 28,1 [26,3;29,6] і 2,5 [2;4], 4 [3;5] і 2 [0;3], відповідно у кожній

групі. Оцінка ASA була однаковою для всіх трьох груп на рівні 2 [2;3]. Максимальний діаметр пухлини за даними КТ становив у I групі 43,5 [36;56] мм, у II групі — 35 [25;49] мм, у III групі — 28 [25,5;66] мм.

Складність пухлини класифікували за індексом RENAL, причому пухлини середньої складності були найбільш поширеними в групах I і II, а пухлини легкої складності були найбільш поширеними в групі III. В усіх трьох групах переважала внутрішньониркова та передня локалізація пухлини. Початковий показник рШКФ становив 72,3 [63;89] мл/хв/1,73 м² у I групі, 78,9 [65,3;89] мл/хв/1,73 м² у II групі та 83,1 [78,2;91,5] мл/хв/1,73 м² у групі III.

Тривалість операції та обсяг крововтрати відрізнялися між групами, у групі I ці показники були найвищими (155[140; 180] хв. і 250 [150;500] мл.), а в III групі – найменшими 140 [127,5;172,5] хв і 140 [127,5;172,5] мл відповідно. Середній час теплової ішемії в I групі становив 19 [16;23,75] хв, у II групі – 20 [18,5;23,5] хв, у III групі пацієнти оперувалися без ішемії. Злоякісні пухлини були більш поширені в групах I та II, 33 (85%) та 36 (72 %) відповідно, тоді як показники злоякісності пухлин були однакові у групі III.

Незважаючи на ці відмінності, групи суттєво не відрізнялися за віком на момент встановлення діагнозу, розподілом за статтю, ІМТ, балом ASA. Крім того, тривалість перебування в стаціонарі, локалізація пухлини (внутрішньониркова або позаниркова) і локалізація пухлини (передня, латеральна або задня) були подібними в групах. Достовірних відмінностей у розподілі легкої, середньої та складної локалізації пухлини за класифікацією RENAL не виявлено. Тривалість операції, передбачувана крововтрата та показники доброякісної гістології істотно не відрізнялися між групами. У групі I відзначався достовірно вищий показник злоякісної гістології порівняно з групою 3 ($p=0,047$), але це не вплинуло на перебіг хірургічного лікування.

Таким чином, усі три групи пацієнтів, які перенесли РН, не мають істотних відмінностей за кількома ключовими демографічними та клінічними характеристиками пацієнтів.

Основною метою застосування селективної ішемії нирок є запобігання зниженню функції нирок внаслідок ішемії паренхіми. У дослідженні використовували множинну лінійну регресію для моделювання впливу різних характеристик на зміну оціненої швидкості клубочкової фільтрації (рШКФ) на 4 -й день після операції, через 1 і 3 місяці спостереження.

Результати аналізу представлені в таблиці 2 таким чином: Вік на момент постановки діагнозу не був істотно пов'язаний зі зміною рШКФ ($p=0,16$). Пацієнти чоловічої статі зазнали більшого зниження рШКФ порівняно з пацієнтами жіночої статі зі статистично значущою різницею ($p=0,009$). Шкала ASA, показник фізичного здоров'я пацієнта, не була істотно пов'язана зі зміною рШКФ ($p=0,092$). Пацієнти з вищим базовим рівнем рШКФ зазнали більш значного зниження рШКФ ($p=0,02$). Більш тривале перебування в лікарні асоціювалося з більшим зниженням рШКФ ($p=0,031$).

Таблиця 2.

Аналіз зміни рШКФ (n=101) на 4 добу після операції у 3 груп хворих.

	Оцінка	станд. помилка	Pr (> z)	95% ДІ
Вік на момент встановлення діагнозу	-0,003	0,002	0,16	-0. 007 до 0,001
Чоловік / жінка	-0,121	0,045	0,009	-0. 212 до -0,031
Оцінка ASA	-0,09	0,053	0,092	-0. 194 до 0,015
Базовий рівень рШКФ	-0,003	0,001	0,02	-0. 006 до -0,001
Тривалість перебування в лікарні	-0,041	0,019	0,031	-0. 078 до -0,004
Тривалість ішемії				
Часткова/повна	0,131	0,046	0,005	0,04 до 0,222
Без ішемії / повна	-0,008	0,068	0,905	-0. 143 до 0,127
Внутрішньониркова/ позаниркова	-0,099	0,051	0,056	-0. 2 до 0,003
Локалізація пухлини				
Бічна/передня	0,051	0,053	0,345	-0. 056 до 0,157
Задня / передня	-0,064	0,05	0,203	-0. 163 до 0,035
Складність пухлини				
Легкий/складний	0,166	0,075	0,03	0,017 до 0,315
Середній /складний	0,124	0,068	0,072	-0. 011 до 0,259

Щодо типів ішемії, пацієнти, які перенесли часткову ішемію, мали значно вищу рШКФ порівняно з тими, хто мав повну ішемію ($p=0,005$). Не було суттєвої різниці в зміні рШКФ між пацієнтами без ішемії та тими, хто мав повну ішемію ($p=0,905$).

Що стосується локалізації пухлини, то внутрішньониркова локалізація пухлини не мала значного зв'язку зі зміною рШКФ порівняно з екстраренальною локалізацією ($p=0,056$). Латеральна та задня локалізації пухлини суттєво не відрізнялися від передньої локалізації щодо зміни ШКФ ($p=0,345$ та $p=0,203$ відповідно). Внутрішньониркова локалізація пухлини не мала значного зв'язку зі зміною рШКФ порівняно з екстраренальною локалізацією ($p=0,056$). Латеральна та задня локалізації пухлини суттєво не відрізнялися від передньої локалізації щодо зміни ШКФ ($p=0,345$ та $p=0,203$ відповідно).

Що стосується складності пухлини згідно з показником нефрометрії RENAL, пацієнти з легкою складністю пухлини мали значно більше збільшення рШКФ порівняно з пацієнтами зі складними пухлинами ($p=0,03$). Пацієнти із середньою складністю пухлини не мали суттєвої різниці в зміні рШКФ порівняно з пацієнтами зі складним ступенем ($p=0,072$).

Таким чином, дослідження показало, що пацієнти чоловічої статі, пацієнти з вищою базовою рШКФ та ті, хто довше перебував у лікарні, зазнали більшого зниження рШКФ. Використання часткової ішемії призвело до кращих результатів рШКФ порівняно з повною ішемією, тоді як не було

істотної різниці між групами без ішемії та повної ішемії. Пацієнти з легкою складністю пухлини мали кращі результати рШКФ порівняно з пацієнтами зі складним ступенем.

Щоб зрозуміти вплив використання ICG при частковій ішемії на зміну рШКФ, ми розділили групу 2 на дві підгрупи для моделі множинної лінійної регресії. Це дає групу 1 з повною ішемією (n=39), групу 2А з частковою ішемією з використанням ICG (n=32), групу 2В з частковою ішемією без ICG (n=18) і групу 3 без ішемії (n=12).

Результати аналізу, наведені в таблиці 3, показують, що вік на момент постановки діагнозу, вихідна ШКФ і тривалість перебування в стаціонарі були негативно пов'язані зі зміною рШКФ, але лише базова рШКФ і тривалість перебування в стаціонарі мали статистично значущі зв'язки (p=0,02 і p=0,03 відповідно). У чоловіків була значно нижча зміна рШКФ порівняно з жінками (p=0,009).

Таблиця 3.

Аналіз зміни ШКФ (n=101) на 4 доби п/о у 4 групах пацієнтів.

	Оцінка	станд. помилка	Pr (> z)	95% ДІ
Вік на момент встановлення діагнозу	-0,003	0,002	0,156	-0. 007 до 0,001
Чоловік / жінка	-0,125	0,046	0,009	-0. 217 до -0,032
Оцінка ASA	-0,093	0,053	0,087	-0. 199 до 0,014
Базовий рівень рШКФ	-0,003	0,001	0,02	-0. 006 до -0,001
Тривалість перебування в лікарні	-0,042	0,019	0,03	-0. 081 до -0,004
Тривалість ішемії				
Часткова з ICG / повна	0,125	0,048	0,011	0,03 до 0,221
Часткова без ICG / повна	0,158	0,085	0,068	-0. 012 до 0,328
Без ішемії / повна	-0,009	0,068	0,894	-0. 145 до 0,126
Локалізація пухлини				
Внутрішньониркова/ позаниркова	-0,097	0,051	0,063	-0. 199 до 0,005
Бічна/передня	0,053	0,054	0,329	-0. 055 до 0,161
Задня / передня	-0,065	0,05	0,195	-0. 165 до 0,034
Складність пухлини				
Легкий/складний	0,166	0,075	0,031	0,015 до 0,316
Середній /складний	0,123	0,068	0,076	-0. 013 до 0,259

Що стосується методу ішемії, час сегментарної ішемії з використанням ICG (група 2А) мав значний позитивний вплив на зміну рШКФ порівняно з часом повної ішемії (група 1), з оцінкою 0,125 і p=0,011. Час сегментарної ішемії без ICG (група 2В) мав позитивний, але не статистично значущий зв'язок зі зміною рШКФ порівняно з часом повної ішемії (p=0,068). Відсутність ішемії (група 3) не виявила суттєвої різниці в зміні рШКФ порівняно з часом повної ішемії (p=0,894).

Не було статистично значущого зв'язку між локалізацією пухлини та зміною рШКФ. Хоча складність пухлини показала, що пухлини легкого ступеню мали значно вищу зміну рШКФ порівняно з пухлинами складного ($p=0,031$), тоді як пухлини середньої складності мали позитивний, але не статистично значущий зв'язок зі зміною рШКФ порівняно з пухлинами складного ступеню ($p=0,076$).

Таким чином, застосування ICG при сегментарній ішемії (група ІА) продемонструвало значний позитивний вплив на зміну рШКФ порівняно з повною ішемією (група І). Інші фактори, такі як базова рШКФ, стать і тривалість перебування в лікарні, також показали значний зв'язок зі зміною рШКФ. Однак деякі інші фактори, такі як локалізація та складність пухлини, не виявили суттєвих зв'язків або мали неоднозначні результати.

Розділивши Групу ІІ на дві підгрупи, дослідження показує, що використання ICG під час часткової ішемії з перетисканням сегментарної ниркової артерії має значний позитивний вплив на зміну рШКФ. Це відкриття свідчить про те, що ICG може відігравати вирішальну роль у збереженні функції нирок під час хірургічного втручання в обсязі резекції нирки.

На основі даних, наведених у табл. 4 та 5, ми можемо інтерпретувати та порівняти зміни рШКФ через місяць та три місяці після операції у пацієнтів досліджуваних груп. Аналіз було проведено для 48 пацієнтів протягом одного місяця через вибуття пацієнтів з подальшого спостереження. Серед них І група ($n=23$), ІІ група ($n=21$) і ІІІ група ($n=4$) (табл. 4). Через три місяці результати отримано лише у 17 пацієнтів І групи ($n=7$), ІІ групи ($n=10$) (табл. 5).

Через 1 місяць після операції. У цьому аналізі вік на момент постановки діагнозу та базова рШКФ є значущими предикторами зміни рШКФ, причому обидва мають негативний вплив (як вказують негативні оцінки). Часткова ішемія (група ІІ) демонструє позитивну оцінку порівняно з повною ішемією (група І), але ефект не є статистично значущим ($p=0,077$). Різниця між відсутністю ішемії (група ІІІ) і повною ішемією (група І) також не є статистично значущою ($p=0,269$).

Таблиця 4.

Аналіз зміни ШКФ ($n=48$) через 1 місяць після операції.

	Оцінка	станд. Помилка	Pr ($> z $)	95% ДІ
Вік на момент встановлення діагнозу	-0,012	0,002	<0,001	-0. 016 до -0,007
Базовий рівень рШКФ	-0,01	0,002	<0,001	-0. 013 до -0,006
Тривалість ішемії				
Часткова / повна	0,107	0,059	0,077	-0. 012 до 0,227
Без ішемії / повна ішемія	0,13	0,116	0,269	-0. 105 до 0,364

Таблиця 5.

Аналіз зміни ШКФ (n=17) через 3 місяці після операції.

	Оцінка	станд . Помилка	Pr (> z)	95% ДІ
Вік на момент встановлення діагнозу	-0,011	0,004	0,037	-0. 02 до -0,001
Базовий рівень рШКФ	-0,005	0,003	0,117	-0. 011 до 0,002
Тривалість перебування в лікарні	0,084	0,039	0,076	-0. 012 до 0,179
Тривалість ішемії				
Часткова / повна	0,114	0,117	0,365	-0. 171 до 0,4
Локалізація пухлини				
Бічна/передня	-0,374	0,196	0,104	-0. 854 до 0,105
Задня / передня	0,106	0,111	0,378	-0. 166 до 0,377
Складність пухлини				
Легкий/складний	0,404	0,188	0,075	-0. 055 до 0,863
Середній /складний	0,189	0,184	0,344	-0. 261 до 0,639

Через три місяці після операції. На цьому етапі вік на момент постановки діагнозу є єдиним значущим прогностичним фактором, що негативно впливає на зміну рШКФ. Початкова рШКФ і тривалість перебування в лікарні не мають статистично значущого зв'язку зі зміною рШКФ. Порівнюючи час теплової ішемії, немає істотних відмінностей між частковою ішемією (група II) і повною ішемією (група I) або між локалізаціями пухлини (латеральною, задньою та передньою). Рівень складності пухлини (легкий, середній і важкий) також не демонструє суттєвих відмінностей у зміні рШКФ.

Найбільш помітною різницею між даними, отриманими через 1 і 3 місяці після операції, є зміна значущості вихідної рШКФ. Це важливий провісник через місяць після операції, але не через три місяці після операції. Вплив віку на момент встановлення діагнозу залишається значним в обидва моменти часу.

Таким чином, вік на момент постановки діагнозу відіграє значну роль у зміні рШКФ, причому збільшення віку призводить до зменшення зміни рШКФ. Однак інші фактори, такі як тип ішемії та характеристики пухлини, не виявляють значного впливу на зміну рШКФ як через місяць, так і через три місяці після операції.

У нашому дослідженні було виявлено, що використання ICG у групі ПА значно покращило результати порівняно з групою ПВ, де ICG не використовувався. Це узгоджується з попередніми дослідженнями, які продемонстрували потенційні переваги використання ICG під час резекції нирки [11,15]. Було показано, що ICG покращує інтраопераційну візуалізацію ниркових судин і покращує ідентифікацію краю пухлини, що може призвести до кращого збереження здорової ниркової тканини [11,12].

Thompson та ін. [6] також підкреслили важливість мінімізації часу теплової ішемії під час часткової нефректомії, оскільки кожна хвилина затискання ниркової артерії може негативно вплинути на функцію нирок.

Satasivav та ін. [18] підкреслили роль ішемічно-реперфузійного ураження у розвитку хронічної хвороби нирок. У нашому дослідженні у пацієнтів II групи з частковою ішемією спостерігалось нижче зниження рШКФ порівняно з групою I з повною ішемією, що свідчить про те, що обмеження ішемії під час резекції нирки може сприяти кращому збереженню функції нирок.

Крім того, наші результати свідчать про те, що використання ICG під час часткової нефректомії може сприяти більш точному та менш інвазивному хірургічному підходу, який може бути пов'язаний зі зниженим ризиком ускладнень та покращенням одужання [12,16]. У нашому дослідженні у пацієнтів групи ІА спостерігалось значно нижче зниження рШКФ порівняно з групою ІВ, що вказує на те, що використання ICG могло сприяти кращому збереженню функціональному стану нирки.

Використання ICG як інтраопераційного інструменту наведення також досліджувалося в інших урологічних онкологічних операціях, таких як виявлення сторожових лімфатичних вузлів під час мінімально інвазивних роботичних процедур [15]. Позитивні результати, які спостерігались в цих дослідженнях, додатково підтверджують потенційні переваги включення ICG у процедуру лапароскопічної резекції нирки.

Це дослідження підкреслює потенційні переваги використання індоціаніну зеленого під час резекції нирки для кращого інтраопераційного контролю та покращення збереження функції нирок. Наші висновки узгоджуються з попередніми дослідженнями, які продемонстрували переваги ICG при резекції нирки [11,12,15,16] і підкреслюють важливість мінімізації часу ішемії для збереження функції нирок [6,17,18]. Потрібні подальші дослідження для визначення оптимального часу, дозування та методу введення ICG, а також для вивчення його довгострокового впливу на функцію нирок та онкологічні результати.

Висновки. Використання ICG як інтраопераційного інструменту навігації при РН дозволило покращити хірургічні результати, мінімізувати ускладнення, пов'язані з ішемією, і сприяти збереженню ниркової тканини. Ідентифікація факторів, які суттєво впливають на зміни ШКФ після операції, таких як базова рШКФ, тип ішемії, використання ICG, складність пухлини та вік пацієнта, може допомогти оптимізувати процедури РН та покращити результати пацієнтів. Необхідні подальші дослідження для визначення довгострокового впливу ICG на збереження функції нирок у пацієнтів, які перенесли РН з приводу пухлин нирок..

Конфлікт інтересів.

Автори заявляють, що не мають конфлікту інтересів.

Література:

1. Campbell, S. C., Novick, A. C., Beldegrun, A., Blute, M. L., Chow, G. K., Derweesh, I. H., ... & Leibovich, B. C. (2009). Guideline for management of the clinical T1 renal mass. *The Journal of Urology*, 182(4), 1271-1279.
2. Ljungberg, B., Bensalah, K., Canfield, S., Dabestani, S., Hofmann, F., Hora, M., ... & Volpe, A. (2015). EAU guidelines on renal cell carcinoma: 2014 update. *European Urology*, 67(5), 913-924.
3. Weight CJ, Larson BT, Fergany AF, Gao T, Lane BR, Campbell SC, et al. Nephrectomy induced chronic renal insufficiency is associated with increased risk of cardiovascular death and death from any cause in patients with localized cT1b renal masses. *J Urol*. 2010;183(4):1317-23.
4. Daugherty M, Bratslavsky G. Compared with radical nephrectomy, nephron-sparing surgery offers a long-term survival advantage in patients between the ages of 20 and 44 years with renal cell carcinomas (≤ 4 cm): an analysis of the SEER database. *Urol Oncol*. 2014;
5. Gill, I. S., Kavoussi, L. R., Lane, B. R., Blute, M. L., Babineau, D., Colombo Jr, J. R., ... & Ukimura, O. (2007). Comparison of 1,800 laparoscopic and open partial nephrectomies for single renal tumors. *Journal of Urology*, 178(1), 41-46.
6. Thompson, R. H., Lane, B. R., Lohse, C. M., Leibovich, B. C., Fergany, A., Frank, I., ... & Campbell, S. C. (2010). Every minute counts when the renal hilum is clamped during partial nephrectomy. *European Urology*, 58(3), 340-345.
7. Porpiglia, F., Bertolo, R., Amparore, D., Fiori, C., & Checcucci, E. (2017). Selective clamping during laparoscopic partial nephrectomy: The use of near-infrared fluorescence imaging. *Minerva Urologica e Nefrologica*, 69(4), 376-383.
8. Gill IS, Eisenberg MS, Aron M, Berger A, Ukimura O, Patil MB, et al. "Zero ischemia" partial nephrectomy: novel laparoscopic and robotic technique. *European urology*. 2011; 59(1):128-34.
9. Li P, Qin C, Cao Q, Li J, Lv Q, Meng X, et al. A retrospective analysis of laparoscopic partial nephrectomy with segmental renal artery clamping and factors that predict postoperative renal function. *BJU Int*. 2016;118(4):610-7.
10. 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.
11. Tobis, S., Knopf, J.K., Silvers, C.R., et al. (2011). Near-infrared fluorescence imaging with intraoperative administration of indocyanine green for robotic-assisted partial nephrectomy. *Journal of Endourology*, 25(4), 529-534.
12. Furrer, M.A., Martini, A., Rouprêt, M., et al. (2020). Indocyanine green for intraoperative guidance in partial nephrectomy: A systematic review and meta-analysis. *World Journal of Urology*, 38(9), 2083-2093.
13. Kutikov A, Uzzo RG. The R.E.N.A.L. nephrometry score: a comprehensive standardized system for quantitating renal tumor size, location and depth. *J Urol*. 2009 Sep; 182(3):844-53. doi: 10.1016/j.juro.2009.05.035. Epub 2009 Jul 17. PMID: 19616235.
14. Borrego Utiel FJ, Ramírez Navarro AM, Esteban de la Rosa R, Bravo Soto JA. Comparison of MDRD and the old CKD-EPI equations with the new CKD-EPI equations in kidney transplant patients when glomerular filtration rate is measured with ^{51}Cr -EDTA. *Nefrologia (Engl Ed)*. 2020 Jan-Feb;40(1):53-64. English, Spanish. doi: 10.1016/j.nefro.2019.07.006. Epub 2019 Dec 13. PMID: 31843209.
15. Campi, R., Tellini, R., Sessa, F., et al. (2018). Intraoperative indocyanine green fluorescence-guided sentinel lymph node mapping in robot-assisted minimally invasive urologic oncology. *International Journal of Urology*, 25(7), 675-683. DOI: 10.1111/iju.13728
16. Ribal, M.J., Mengual, L., Marin-Aguilera, M., et al. (2019). Indocyanine green guided partial nephrectomy: surgical outcomes of a case-control-matched series. *European Urology Supplements*, 18(1), e1445. DOI: 10.1016/S1569-9056(19)30457-2

17. Mir, M. C., Derweesh, I., Porpiglia, F., Zargar, H., Mottrie, A., & Autorino, R. (2015). Partial Nephrectomy Versus Radical Nephrectomy for Clinical T1b and T2 Renal Tumors: A Systematic Review and Meta-analysis of Comparative Studies. *European Urology*, 67(4), 661-671.

18. Satasivam, P., Sengupta, S., & Rajarubendra, N. (2012). Renal ischaemia reperfusion injury: a major protagonist in the theatre of kidney disease. *Nephrology*, 17(7), 631-639.

References:

1. Campbell, S. C., Novick, A. C., Beldegrun, A., Blute, M. L., Chow, G. K., Derweesh, I. H., ... & Leibovich, B. C. (2009). Guideline for management of the clinical T1 renal mass. *The Journal of Urology*, 182(4), 1271-1279.

2. Ljungberg, B., Bensalah, K., Canfield, S., Dabestani, S., Hofmann, F., Hora, M., ... & Volpe, A. (2015). EAU guidelines on renal cell carcinoma: 2014 update. *European Urology*, 67(5), 913-924.

3. Weight CJ, Larson BT, Fergany AF, Gao T, Lane BR, Campbell SC, et al. Nephrectomy induced chronic renal insufficiency is associated with increased risk of cardiovascular death and death from any cause in patients with localized cT1b renal masses. *J Urol*. 2010;183(4):1317-23.

4. Daugherty M, Bratslavsky G. Compared with radical nephrectomy, nephron-sparing surgery offers a long-term survival advantage in patients between the ages of 20 and 44 years with renal cell carcinomas (≤ 4 cm): an analysis of the SEER database. *Urol Oncol*. 2014;

5. Gill, I. S., Kavoussi, L. R., Lane, B. R., Blute, M. L., Babineau, D., Colombo Jr, J. R., ... & Ukimura, O. (2007). Comparison of 1,800 laparoscopic and open partial nephrectomies for single renal tumors. *Journal of Urology*, 178(1), 41-46.

6. Thompson, R. H., Lane, B. R., Lohse, C. M., Leibovich, B. C., Fergany, A., Frank, I., ... & Campbell, S. C. (2010). Every minute counts when the renal hilum is clamped during partial nephrectomy. *European Urology*, 58(3), 340-345.

7. Porpiglia, F., Bertolo, R., Amparore, D., Fiori, C., & Checcucci, E. (2017). Selective clamping during laparoscopic partial nephrectomy: The use of near-infrared fluorescence imaging. *Minerva Urologica e Nefrologica*, 69(4), 376-383.

8. Gill IS, Eisenberg MS, Aron M, Berger A, Ukimura O, Patil MB, et al. "Zero ischemia" partial nephrectomy: novel laparoscopic and robotic technique. *European urology*. 2011;59(1): 128-34.

9. Li P, Qin C, Cao Q, Li J, Lv Q, Meng X, et al. A retrospective analysis of laparoscopic partial nephrectomy with segmental renal artery clamping and factors that predict postoperative renal function. *BJU Int*. 2016;118(4):610-7.

10. 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.

11. Tobis, S., Knopf, J.K., Silvers, C.R., et al. (2011). Near-infrared fluorescence imaging with intraoperative administration of indocyanine green for robotic-assisted partial nephrectomy. *Journal of Endourology*, 25(4), 529-534.

12. Furrer, M.A., Martini, A., Rouprêt, M., et al. (2020). Indocyanine green for intraoperative guidance in partial nephrectomy: A systematic review and meta-analysis. *World Journal of Urology*, 38(9), 2083-2093.

13. Kutikov A, Uzzo RG. The R.E.N.A.L. nephrometry score: a comprehensive standardized system for quantitating renal tumor size, location and depth. *J Urol*. 2009 Sep; 182(3):844-53. doi: 10.1016/j.juro.2009.05.035. Epub 2009 Jul 17. PMID: 19616235.

14. Borrego Utiel FJ, Ramírez Navarro AM, Esteban de la Rosa R, Bravo Soto JA. Comparison of MDRD and the old CKD-EPI equations with the new CKD-EPI equations in kidney transplant patients when glomerular filtration rate is measured with ⁵¹Cr-EDTA. *Nefrologia (Engl Ed)*. 2020 Jan-Feb;40(1):53-64. English, Spanish. doi: 10.1016/j.nefro.2019.07.006. Epub 2019 Dec 13. PMID: 31843209.

15. Campi, R., Tellini, R., Sessa, F., et al. (2018). Intraoperative indocyanine green fluorescence-guided sentinel lymph node mapping in robot-assisted minimally invasive urologic oncology. *International Journal of Urology*, 25(7), 675-683. DOI: 10.1111/iju.13728
16. Ribal, M.J., Mengual, L., Marin-Aguilera, M., et al. (2019). Indocyanine green guided partial nephrectomy: surgical outcomes of a case-control-matched series. *European Urology Supplements*, 18(1), e1445. DOI: 10.1016/S1569-9056(19)30457-2
17. Mir, M. C., Derweesh, I., Porpiglia, F., Zargar, H., Mottrie, A., & Autorino, R. (2015). Partial Nephrectomy Versus Radical Nephrectomy for Clinical T1b and T2 Renal Tumors: A Systematic Review and Meta-analysis of Comparative Studies. *European Urology*, 67(4), 661-671.
18. Satasivam, P., Sengupta, S., & Rajarubendra, N. (2012). Renal ischaemia reperfusion injury: a major protagonist in the theatre of kidney disease. *Nephrology*, 17(7), 631-639.