

Аляев Ю.Г., Сирота Е.С., Безруков Е.А..

Виртуальное планирование органосохранных лапароскопических операций при лечении локализованного рака паренхимы почки

ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, НИИ уронефрологии и репродуктивного здоровья человека. Минздрава России, г. Москва

Alyayev Yu.G., Sirota E.S., Bezrukov E.A.

Virtual planning of laparoscopic partial nephrectomy in the treatment of localized renal cancer

Резюме

Цель исследования. Оценить эффективность и преимущества использования 3D компьютерных технологий при выполнении органосохранных операций у пациентов с локализованным раком паренхимы почки из лапароскопического доступа. Материалы и методы. Ретроспективно были проанализированы результаты хирургического лечения 558 пациентов с почечно-клеточным раком (ПКР) в клинике урологии Первого МГМУ им. И. М. Сеченова за период с января 2012 года по май 2017 года. Средний возраст больных составил $55,85 \pm 10,5$ (25-78) года. Мужчин было 307 (55%), женщин - 251 (45%). Органоуносящие операции были выполнены 244 (43,7%) пациентам из лапароскопического доступа. В 314 (56,3%) наблюдениях была проведена лапароскопическая резекция почки (ЛРП).

Кроме стандартных методов предоперационного обследования 248 (44,4%) больным на основании выполненной мульти-спиральной компьютерной томографии (МСКТ) было проведено 3D моделирование и многовариантное виртуальное осуществление операций при помощи программы 3D моделирования «Amira». Интраоперационно данные виртуальных построений использовались хирургами с целью навигации. Пособия были выполнены 7 урологами клиники с различным опытом проведения лапароскопических операций. Для проведения корректного статистического анализа результатов лечения из каждой группы больных с выполненным 3D планированием и без него были подобраны сопоставимые пары по основным признакам: учёт однородности операторов и их опыта при выполнении операции, показатели размера и локализации опухоли (отношение к сегменту, передней и задней поверхности), вариант хирургического доступа. После выполненного подбора однородных пар нами были получены две однородные группы больных с выполненной ЛРП $n=106$ пациентов с выполненной ЛРП по 53 больных в каждой группе с применением 3D планированием и без него.

Результаты. При 3D виртуальном планировании оперативного пособия у пациентов с ПКР в объёме ЛРП в однородных группах сравнения ($n=106$) имеется статистически значимое преимущество перед больными без виртуального планирования: по времени тепловой ишемии $12,0 \pm 6,4$ мин ($p=0,010$), времени выполнения операции $113,4 \pm 39,4$ мин ($p=0,0001$), величине кровопотери $102,8 \pm 98,2$ мл ($p=0,001$). Через 24 часа после ЛРП в обеих группах снижение уровня СКФ составило $<10\%$ от исходного уровня, при сравнении между двумя группами пациентов статистического различия не было выявлено ($p=0,088$). Через 6 месяцев уровень СКФ в группе с 3D планированием был снижен на 9,09% а в группе без 3D планирования операций на 13,89% ($p=0,047$). Через 12 месяцев после ЛРП в однородных группах анализа было установлено, что уровень СКФ не достиг уровня перед операцией в обеих группах, в группе с 3D планированием операций СКФ снизилась от исходного до 7,14%, в группе пациентов без 3D - 9,89% ($p=0,023$).

Заключение. Применение компьютер-ассистированных технологий в объёме 3D планирования и виртуального осуществления операций позволяет улучшить непосредственные и функциональные результаты реальных оперативных пособий у пациентов с ПКР при выполнении органосохранных операций из лапароскопического доступа.

Ключевые слова: трехмерные технологии, виртуальное планирование, рак почки, лапароскопия, резекция почки.

Summary

Purpose of the study. To assess the effectiveness and advantages of using 3d computer technologies for performing organ-saving operations in patients with localized cancer of the kidney parenchyma from laparoscopic access. Materials and methods. In retrospect,

the results of surgical treatment of 558 patients with renal cell carcinoma (RCC) in the Urology Clinic of the First Moscow State Medical University named after IM Sechenov were analyzed in a retrospective for the period from January 2012 to May 2017. The mean age of the patients was 55.85 ± 10.5 (25-78) years. There were 307 men (55%), women - 251 (45%). The organ-carrying operations were performed in 244 patients (43.7%) with laparoscopic access. In 314 (56.3%) observations, laparoscopic resection of the kidney (IRP) was performed. In addition to the standard methods of preoperative examination, 248 (44.4%) patients underwent 3d modeling and multivariate virtual implementation of operations using the 3d modeling program "Amira" based on the performed multi-helical computed tomography (MSCT). Intraoperative data of virtual constructions were used by surgeons for the purpose of navigation. Benefits were performed by 7 urologists of the clinic with different experience of performing laparoscopic operations. To conduct a correct statistical analysis of the treatment results from each group of patients with and without 3d planning, comparable pairs were selected according to the main characteristics: accounting for the homogeneity of the operators and their experience in performing the operation, tumor size and location (ratio to the segment, front and back surfaces), a variant of surgical access. After the selection of homogeneous pairs, we obtained two homogeneous groups of patients with IRP performed $n = 106$ patients with IRP performed in 53 patients in each group with and without 3d planning.

Results. With 3d virtual planning of surgical care in patients with RCC in the volume of IRS in homogeneous comparison groups ($n = 106$), there is a statistically significant advantage over patients without virtual planning: according to the time of thermal ischemia 12.0 ± 6.4 min ($p = 0.010$), the time of the operation was 113.4 ± 39.4 min ($p = 0.0001$), the blood loss value was 102.8 ± 98.2 ml ($p = 0.001$). Twenty-four hours after IRP in both groups, the reduction in GFR was $<10\%$ of the baseline level, there was no statistical difference between the two groups of patients ($p = 0.088$). After 6 months, the level of GFR in the group with 3d planning was reduced by 9.09% and in the group without 3d operations planning by 13.89% ($p = 0.047$). Twelve months after IRP in homogeneous analysis groups, it was found that the GFR level did not reach the level before surgery in both groups, in the group with 3d surgery planning, GFR decreased from baseline to 7.14%, in the group of patients without 3d, 9.89% ($p = 0.023$). The conclusion. The use of computer-assisted technologies in the scope of 3d planning and virtual implementation of operations makes it possible to improve the immediate and functional results of real operational benefits in patients with RCC in performing organ-preserving operations from laparoscopic access.

Key words: three-dimensional technologies, virtual planning, kidney cancer, laparoscopy, kidney resection

Введение

Злокачественные новообразования почки в мировой практике на сегодняшний день занимают девятое место по частоте развития среди всех раков у мужчин и 14 место у женщин [1, 2]. Среди всех злокачественных новообразований почки на долю почечно-клеточного рака (ПКР) приходится 90% всех видов опухолей почки в мире [3]. За последнее десятилетие, по данным ракового регистра в США, тенденции роста выявления ПКР стабилизировались с середины 2000 годов по сравнению с ежегодным ростом с уровня 1995 года на протяжении 10 лет за счёт улучшения визуализации и более частого выявления образований почки. Уровень смертности от рака почки в период с 1995 по 2005 год с каждым годом имеет тенденцию к падению на 1% в год. Две трети образований почки диагностируются на ранней стадии, для данной категории пациентов 5-летняя относительная выживаемость составляет 93% [4].

В настоящее время основным радикальным методом лечения рака паренхимы почки является хирургический. По данным рекомендаций РОУ (Российское общество урологов), EAU (European Association of Urology) и AUA (American urological Association) золотым стандартом в лечении ПКР стадии T1a является органосохраняющие операции (ОСО), при стадии T1b и T2 ОСО выполняются при наличии технической возможности проведения оперативного пособия [5-7]. В текущем десятилетии тренд в хирургическом лечении ПКР идёт в пользу ОСО [8, 9].

Данный тренд обусловлен выполненному ряду мировых исследований, где было установлено, что пациенты, подвергшиеся ОСО, имеют более лучшие функциональные и онкологические результаты лечения [10].

Успех выполнения ОСО напрямую зависит от хорошего знания и понимания хирургом топографо-анатомических и патологоанатомических характеристик образований почки на этапе предоперационного планирования и в ходе проведения оперативного вмешательства. Выполняемые сегодня в предоперационном периоде методы визуализирующей диагностики мульти-спиральная компьютерная томография (МСКТ), магнитно-резонансная томография (МРТ) в режиме 2D не всегда позволяют хирургу иметь полную информацию об области оперативного вмешательства. Для решения данной задачи в большинстве ведущих урологических клиниках мира используется 3D моделирование и планирование оперативного вмешательства [11-14].

В клинике урологии Первого МГМУ имени И.М. Сеченова метод предоперационного виртуального планирования на основании выполняемого 3D моделирования патологического процесса используется с 2009 года. Из применяемых сегодня различных хирургических доступов наиболее часто используемыми являются высокотехнологичные виды оперативных пособий - лапароскопические и робот-ассистированные [15, 16].

Цель исследования. Оценить эффективность и преимущественность использования 3D компьютерных технологий

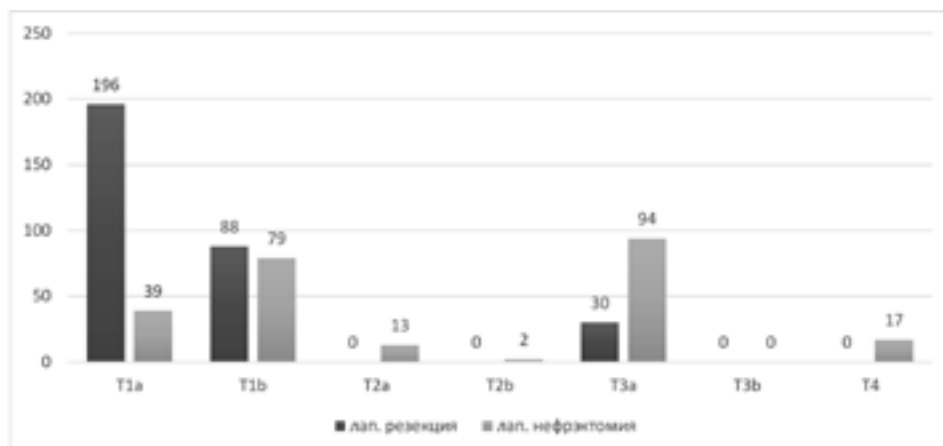


Диаграмма 1. Распределение больных с ПКР (n=558) в исследовании в зависимости от стадии TNM и вида оперативного вмешательства.

при выполнении органосохраняющих операций у пациентов с локализованным раком паренхимы почки из лапароскопического доступа.

Материалы и методы

В ретроспективный анализ были включены данные 558 больных с ПКР, подвергнутых оперативному лечению в клинике урологии Первого МГМУ им. И. М. Сеченова за период с января 2012 года по май 2017 года. В 244 (43,7%) наблюдениях были выполнены органосохраняющие пособия из лапароскопического доступа, 314 (56,3%) пациентам были проведены ОСО в объеме лапароскопической резекции почки (ЛРП). Средний возраст больных составил $55,85 \pm 10,5$ (25-78) года. Мужчин было 307 (55%), женщин - 251 (45%). Всем пациентам в предоперационном периоде было проведено стандартное физикальное и инструментальное обследование. Из дополнительных методов обследования 248 (44,4%) больным на основании выполненной мульти-спиральной компьютерной томографии (МСКТ) было проведено 3D моделирование и виртуальное осуществление операций при помощи программы 3D моделирования «Amira».

Распределение больных в зависимости от стадии TNM и вида оперативного вмешательства представлены на диаграмме 1.

Виртуальные операции в предоперационном периоде выполнялись по алгоритму, разработанному в нашей клинике (рис. 1).

Виртуальное планирование операций выполнялось по алгоритму хирургом, непосредственно выполняющим реальное оперативное вмешательство в предоперационном периоде. Во время выполнения операции хирург имел возможность просматривать данные планирования в операционной при помощи ноутбука, находящегося рядом с основным монитором видео эндоскопической стойки. Таким образом осуществлялась дополненная виртуальная реальность оперативных вмешательств для интраоперационной навигации [17] (рисунок 2-5).

Принимая во внимание, что хирургические интраоперационные показатели и результаты выполненных операций зависят от множества факторов, в исследовании был выполнен статистический анализ при помощи парного метода сравнения. Из каждой группы пациентов с выполненным 3D планированием и без



Рисунок 1. Алгоритм виртуального планирования и осуществление операций.

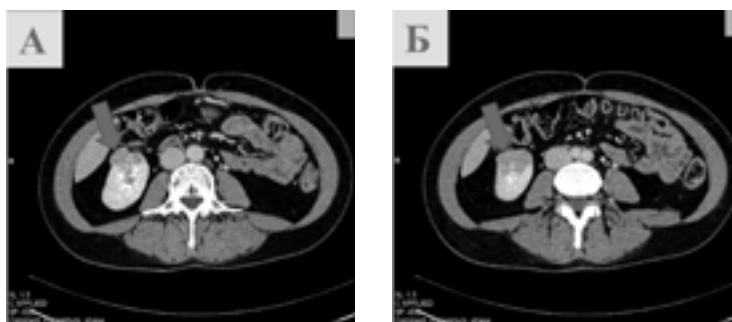


Рисунок 2. Больная Л, 46 лет и/б №51033. МСКТ с контрастированием на рисунке А, Б: паренхиматозная фаза исследования, сагиттальные срезы образование правой почки (стрелка)

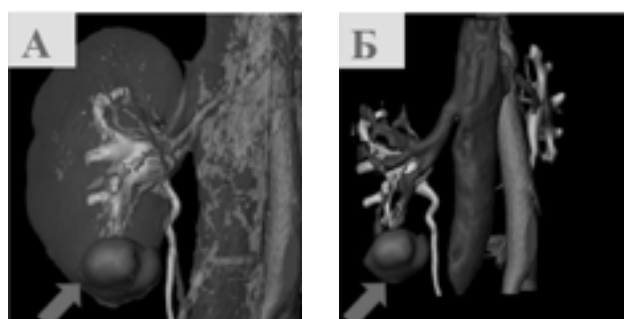


Рисунок 3. Больная Л, 46 лет и/б №51033 на рисунке А: 3D планирование операции, вид спереди, опухоль правой почки (стрелка), на рисунке Б: режим прозрачности опухоль правой почки (стрелка)

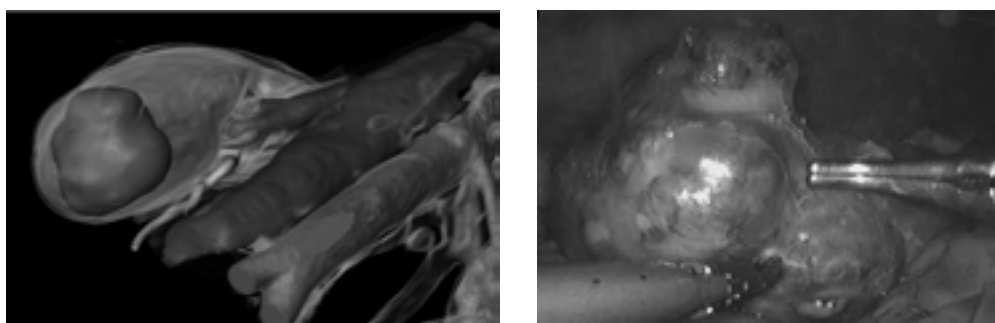


Рисунок 4. Больная Л, 46 лет и/б №51033 3D планирование операции на рисунке А: вид сбоку опухоль правой почки (стрелка), почка (светлая стрелка), на рисунке Б: ЛРП этап выделения опухоли и разметка границ резекции, опухоль правой почки (стрелка), почка (светлая стрелка).

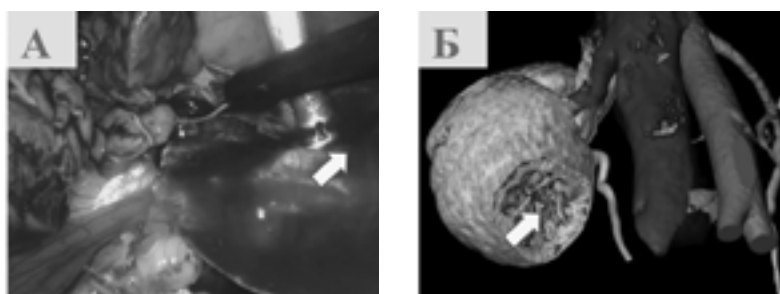


Рисунок 5. Больная Л, 46 лет и/б №51033 на рисунке А: ЛРП этап резекции завершение резекции, пересечена артерия, подходящая к опухоли (светлая стрелка), рисунок Б: 3D планирование операции вид снизу, дно резекции опухоли правой, артерия, подходящая к опухоли в дне резекции (светлая стрелка).

него были подобраны сопоставимые пары по основным признакам: учёт однородности операторов и их опыта при выполнении операции, показатели размера и локализации опухоли (отношение к сегменту, передней и задней поверхности), вариант хирургического

доступа. После выполненного подбора однородных пар нами были получены две однородные группы больных с выполненной ЛРП по 53 пациента в каждой группе с применением 3D планированием и без него (таблица 1).

Таблица 1. Сравнение в парных группах анализа у больных (n=106) по размеру и локализации опухолей, показатели операций с выполненной ЛРП с 3D планированием и без 3D планирования.

Показатель	1 группа(3D) (n=53)	2 группа(без3D) (n=53)	<i>p</i>
Возраст	54,6±10,97	56,67±10,5	
Сторона поражения справа/слева	50/50	50/50	
Локализация			
Верхний(%)	14(26,4)	14(26,4)	
Средний (%)	21(39,6)	21(39,6)	
Нижний(%)	18(34)	18(34)	
Поверхность			
Передняя(%)	11(20,8)	11(20,8)	
Задняя(%)	42(79,2)	42(79,2)	
Абсолютный объём опухоли мм ³	18,8±9,7	19,2±9,6	0,96
Индекс RENAL	5,89±1,67	5,92±1,57	0,98
Индекс PADUA	7,7±1,5	7,6±1,4	0,74
C-index	3,14±1,2	3,5±1,0	0,12

Функциональные результаты ЛРП оценивались по уровню скорости клубочковой фильтрации (СКФ) в различные интервалы времени. Расчёт СКФ производился по универсальным калькуляторам в режиме онлайн по формуле Кокрофту-Голту. Изменения СКФ были проанализированы в сравнении между больными с 3D планированием операций и без него, уровень СКФ в предоперационном периоде был обозначен как 100%. Последующие изменения уровня СКФ во временные промежутки через 24 часа, 6 месяцев и 12 месяцев после операции оценивали, как величину процента снижения от исходных данных.

Операции были выполнены 7 урологами клиники с большим опытом выполнения лапароскопических пособий. Этапы всех операций были стандартными при выполнении ЛРП.

Статистический анализ. Статистическая обработка полученных данных выполнялась при помощи компьютерной программы IBM SPSS, версии 22.0.

Проверка распределения значений переменных в группах наблюдения проводилась с использованием критериев Шапиро-Уилкса и Колмогорова-Смирнова.

При подтверждении нормального распределения количественных переменных в исследуемых группах проверку статистической значимости различий проводили при помощи t-критерия Стьюдента для независимых выборок. Для оценки различий, полученных при изучении динамики нормально распределённых переменных, использовался t-критерий для связанных выборок.

Для парных межгрупповых сравнений количественных переменных при отсутствии нормального распределения использовали непараметрический ранговый критерий Манна-Уитни. Для оценки различий в динамике переменных при отсутствии нормального распределения применялся непараметрический критерий Вилкоксона.

Статистическую значимость различий категориальных и порядковых признаков при парных сравнениях оценивали при помощи критерия χ^2 Пирсона с поправкой на непрерывность. При ожидаемой частоте встречаемости признака 5 и менее в четырехпольных таблицах использовался точный критерий Фишера.

Различия между группами наблюдения считали статистически значимыми при $p < 0,05$.

Построение логистической регрессионной моде-

Таблица 2. Сравнение в парных группах анализа у больных (n=106) по результатам операций с выполненной ЛРП с 3D планированием и без 3D планирования.

Показатель	1 группа(3D) (n=53)	2 группа(без3D) (n=53)	p
Время операции мин	113,4±39,5	152±52,7	0,0001
≤120 мин.(%)	28(42,8)	17(32,1)	0,031
>120 минут(%)	25(57,2)	36(67,9)	0,049
Кровопотеря мл	102,8±98,2	278,2±206,6	0,001
Время тепловой ишемии, мин	12,0±6,4	15,6±5,7	0,01
≤20 минут(%)	48(90,6)	40(75,5)	0,038
>20 минут(%)	5(9,4)	13(24,5)	0,041
Конверсия(%)	0	2(3,8)	0,15
Вид тепловой ишемии			
Основная артерия(%)	36(67,9)	46(86,8)	0,041
Сегментарная артерия(%)	8(15,1)	5(9,4)	0,07
Без ишемии (%)	9(17)	2(3,8)	0,034

ли осуществлялось в однофакторном и многофакторном форматах методами принудительного и пошагового включения прогностических факторов с определением минимального набора предикторов с оценкой значения коэффициента детерминации (R2 Нэйджелкерка), показывающего долю влияния всех предикторов модели на дисперсию зависимой переменной.

Проверка статистической значимости модели осуществлялась при помощи критерия χ^2 . При значении $p < 0,05$ нулевая гипотеза о незначимости модели отвергалась. Соответствие модели использованным данным характеризовали с помощью критерия согласия Хосмера-Лемешева. При $p > 0,05$ принималась гипотеза о согласованности модели.

Интерпретация параметров логистической регрессии производилась на основе величины $\exp(b)$. Положительный коэффициент b и значение $\exp(b)$ больше 1 указывают, что шансы наступления прогнозируемого события возрастают. Отрицательный коэффициент b и величина $\exp(b) < 1$ свидетельствуют о снижении шансов. Для отношений шансов рассчитаны 95% доверительных интервалов. Показатель оценивали, как статистически значимый, если в доверительный интервал не входила единица.

Результаты и обсуждение

При анализе результатов ЛРП в однородной группе пациентов (n=106) ретроперитонеоскопический доступ был применён в 8(7,5%) наблюдениях, трансперитоне-

альный- у 98(92,5%) больных. Другие результаты операций приведены в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, при выполнении ЛРП в группах парного анализа было выявлено статистически значимое различие по величине среднего времени, затраченного на проведение операций в группе с 3D - 113,4±39,5 мин, в группе больных парного анализа без 3D - 152,5±52,7 мин ($p = 0,0001$), также необходимо отметить, что при выделении параметров времени операции ≤120 минут было выявлено, что статистически значимо было больше больных в группе с 3D 28 (42,8%), а в группе без 3D - 17 (32,1%) больных ($p = 0,031$). По результатам интраоперационной кровопотери различие между группами больных было также статистически значимым и составило в группе с 3D планированием 102,8±98,2 мл, в группе пациентов без 3D-278,2±206,6 мл ($p = 0,001$) (диаграмме 2).

При сравнении показателей времени тепловой ишемии выявлено статистически значимое различие: для больных из группы с 3D планированием 12,0±6,4 мин и 15,6±5,7 мин в группе больных без 3D планирования ($p = 0,01$) (Диаграмма 3).

Интраоперационные осложнения при проведении ЛРП наблюдались у 4(7,6%) пациентов, при этом данные осложнения были лишь в группе больных без 3D планирования операций, данное различие было статистически значимым $p = 0,039$. Послеоперационные осложнения были у 1(1,9%) пациента в группе парного анализа с 3D планированием, тогда как в группе парного анализа без

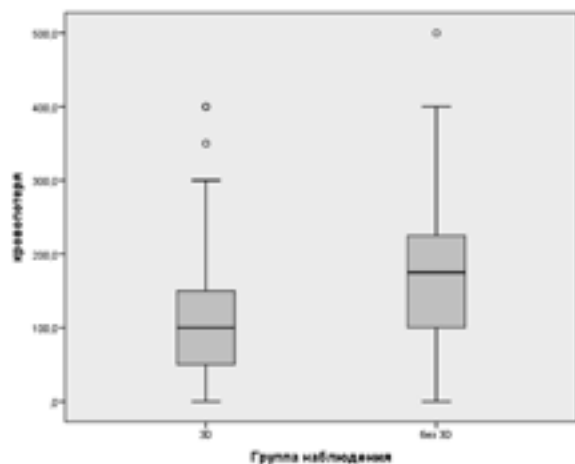


Диаграмма 2. Распределение больных с ПКР при проведении ЛРП в однородных группах анализа с 3D планированием без 3D (n=106) по величине кровопотери.

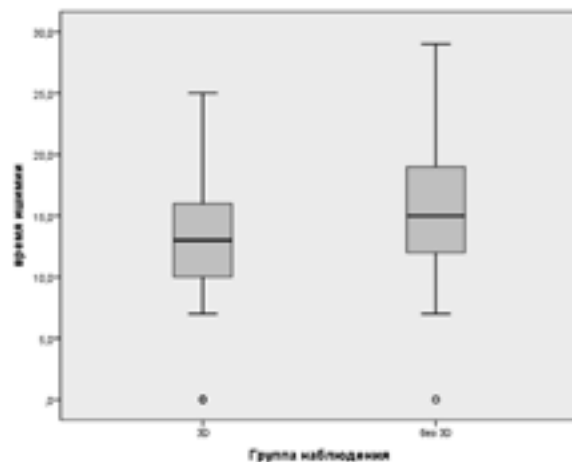


Диаграмма 3. Распределение больных с ПКР при проведении ЛРП в однородных группах анализа с 3D планированием без 3D (n=106) по времени тепловой ишемии.

Таблица 3. Сравнение в парных группах анализа (n=106) у больных по осложнениям ЛРП с 3D планированием и без 3D планирования.

показатель	1 группа (3D) (n=53)	2 группа (без 3D) (n=53)	p
Осложнения при операциях			
Кровотечение из зоны резекции(%)	0(0)	2(3,8)	
Конверсия(%)	0(0)	2(3,8)	
Всего(%)	0(0)	4(7,6)	0,039
Осложнение после операций			
Да(%)	1(1,9)	3(5,7)	
Нет(%)	52(98,1)	50(94,3)	
Вид осложнений по Clavien-Dindo			
2 степени(%)	1(1,9)	0(0)	
3а степени(%)	0(0)	2(3,8)	
3б степени(%)	0(0)	1(1,9)	
4 степени(%)	0(0)	0(0)	
5 степени(%)	0(0)	0(0)	

3D было 3 (5,7%) больных. Распределение пациентов по видам интраоперационных и послеоперационных осложнений представлены в таблице 3.

Функциональные результаты, как было отмечено выше, были оценены в 3 одинаковых временных промежутках: через 24 часа после ЛРП в обеих группах снижение уровня СКФ составило <10% от исходного уровня, при сравнении между двумя группами пациентов статистического различия не было выявлено (p=0,088). Через 6 месяцев уровень СКФ в группе с 3D планированием был снижен на 9,09% а в группе без 3D планирования операций-на 13,89% (p=0,047). Через 12 месяцев после ЛРП в однородных группах анализа было установлено,

что уровень СКФ не достиг уровня перед операцией в обеих группах, в группе с 3D планированием операций СКФ снизилась от исходного до 7,14%, в группе пациентов без 3D - 9,89% (p=0,023) (таблица4).

Для определения прогностической значимости в исследовании по данным наблюдения 106 пациентов, разделенных на основании использования методики 3D планирования ЛРП на 2 группы по 53 человека, были построены однофакторные регрессионные модели, отражающие предиктивное значение использования методики 3D-моделирования при выполнении операции резекции почки. В качестве прогнозируемых показателей рассматривались: объем кровопотери во время операции более

Таблица 4. Сравнение в парных группах анализа (n=106) у больных по функциональным результатам ЛРП с 3D планированием и без 3D планирования.

	1 группа (3D) (n=53)	2 группа (без 3D) (n=53)	p
Перед операцией	100%	100%	
24 часа	11,69%	19,1%	0,088
6 месяцев	9,09%	13,89%	0,047
12 месяцев	7,14%	9,89%	0,023

Таблица 5. Сводные данные по регрессионным моделям предиктивного значения использования методики 3D планирования при ЛРП.

Прогнозируемые показатели	Коэфф. регрессии (b)	Станд. ошибка	Статистика Вальда χ^2	Значимость(p)	Exp(b)	95% Доверит. интервал для Exp(b)	
						Нижняя	Верхняя
Объем кровопотери	-1,214	0,416	8,505	0,004	0,297	0,131	0,672
Длительность операции	-0,864	0,403	4,595	0,032	0,422	0,191	0,929
Длительность ишемии	-1,138	0,568	4,011	0,045	0,321	0,105	0,976

100 мл, общая длительность оперативного вмешательства более 120 мин, длительность ишемии почки более 20 мин (таблица 5).

Отмечается статистическая значимость использования 3D планирования, как прогностического фактора снижения кровопотери менее 100 мл (общий процент корректных предсказаний – 64,2%), сокращения объема операции менее 2 ч (60,4% корректных предсказаний) и уменьшения длительности ишемии менее 20 минут (83% корректных предсказаний).

Хирургическое лечение пациентов ПКР с использованием лапароскопического доступа при выполнении ЛРП относится к категории сложных оперативных вмешательств. Для освоения хирургической техники ЛРП имеется большая кривая обучения [18]. На начальном этапе при освоении ЛРП, согласно данным мировых исследователей, уровень конверсий пособий в открытый доступ достигает 13,6% [19]. Хорошее знание и понимание нормальной и патологической топографической анатомии области планируемого оперативного вмешательства являются весомым аргументом для достижения положительного результата выполняемого хирургического пособия. Использование для этих целей стандартных данных предоперационной визуализации в объём 2D получаемых на основании выполняемой МСКТ с контрастированием, не всегда в полной мере позволяют хирургу иметь полное представление об области хирургических интересов.

В урологии использование 3D планирования и виртуального осуществления операций у пациентов с ПКР, по данным мировых исследователей, представлено несколькими работами [12-14, 20-26]. Все исследователи, резюмируя результаты своих работ, отмечают положительное влияние использования компьютер-ассистированных технологий на результаты оперативных вмешательств у

пациентов с ПКР. Одним из существенных недостатков большинства данных исследований, по мнению авторов, является малое число наблюдений и отсутствие сравнения с разделением на группы больных с использованием виртуального планирования и без него.

В доступной мировой литературе нами было найдено несколько работ, в которых проведено сравнение между группами пациентов с использованием 3D планирования и без, с большим количеством пациентов в каждой из групп. Результаты данных работ неоднозначны.

В нашей клинике ранее проводилось исследование Д.Н. Фиева, в котором было доказано статистически значимое преимущество использования 3D моделирования и планирования операций у 105 пациентов с ПКР, разделенных на две группы с выполненными органосохраняющими операциями из открытого доступа. По величине интраоперационной кровопотери, по показателям времени тепловой ишемии и времени операции различия в группах были статистически незначимыми. Однако, при анализе результатов лечения больных с уровнем нефрометрического индекса «RENAL» более 8 баллов данные различия были статистически значимыми [26]. Подобные результаты были получены и в работе Wang с соавт. (2017) при оперативном лечении 94 пациентов ПКР при планировании ЛРП, больные были разделены на 2 группы: в первую группу были включены 49 пациентов с выполненным 3D моделированием и виртуальным планированием, и вторая группа из 45 больных, которым планирование и выполнение операций было выполнено только на основании МСКТ с контрастированием.

При сравнении результатов оперативного лечения по продолжительности оперативного вмешательства, времени тепловой ишемии и величине интраоперационной кровопотери авторы не отметили статистически зна-

чимых различий. В дальнейшем авторы провели статистический анализ с разделением пациентов на группы в зависимости от уровня индекса «RENAL» ≤ 8 баллов и > 8 баллов, при этом было отмечено статистически значимое преимущество было отмечено в группе больных с выполненным 3D планированием и показателем «RENAL» > 8 баллов по продолжительности оперативного вмешательства. По другим показателям статистически достоверного различия не было установлено.

Полученные результаты авторы связывают с лучшим знанием анатомии области оперативного вмешательства, что в конечном итоге позволило уменьшить время, необходимое для выполнения операции [25].

В нашей работе для более точного статистического сравнения был использован парный анализ, при котором были определены одинаковые пары пациентов как по морфометрическим характеристикам образований почки, так и по операторам, выполняющим пособия с учётом их хирургического опыта в разные годы. В результате по всем основным показателям ЛРП: продолжительности операций, величине кровопотери, времени тепловой ишемии, и видам временного гемостаза на момент проведения резекции, развитию интраоперационных осложнений было получено статистически значимое преимущество у больных с выполненным 3D планированием в предоперационном периоде.

Наши результаты показывают, что преимущество использования 3D планирования и виртуального осуществления операций невозможно установить при простом сопоставлении групп пациентов без учёта множества факторов, которые могут сильно влиять на конечный результат статистического анализа в группах наблюдения.

Функциональные результаты оперативных вмешательств нами были оценены по показателям уровня СКФ. Данный показатель по мнению ряда мировых исследователей является «фактором качества» выполняемого органосохранного вмешательства на почке [27, 28]. Данный показатель в предоперационном периоде является базисным значением после выполнения ЛРП в послеоперационном периоде при соблюдении параметров тепловой ишемии, объёма удаляемой паренхимы почки с образованием, в функциональном плане почка должна вернуться к исходному уровню СКФ [29].

При оценке групп сравнения по функциональным результатам статистически значимое преимущество в нашей работе было получено у пациентов с используемыми 3D компьютерными технологиями через 6 ($p=0,047$) и

12 ($p=0,023$) месяцев. Принимая во внимание, что в нашем исследовании морфометрические характеристики образований почек у пациентов были однородные, можно сказать о том, что показатели результатов хирургических операций влияют на функциональное состояние почек. А лучшие результаты хирургической техники оперативных вмешательств будут иметь положительное значение на функциональное состояние работы почки в послеоперационном периоде. Но ни в одной из групп уровень СКФ через 12 месяцев не вернулся к исходным показателям и был снижен в группе с 3D планированием на 7,14%, а в группе без 3D планирования на -9,89%, что согласуется с большинством других мировых исследований в том что первостепенно уровень функциональных результатов зависит от объёма остающейся функционирующей паренхимы почки [24, 30].

Несмотря на положительные результаты, наша работа также имела ряд недостатков. Наше исследование было выполнено ретроспективно и представлено результатами одной клиники с общим количеством 106 наблюдений хирургического лечения ПКР в объёме ЛРП с использованием 3D планирования и виртуального осуществления операций. Для более правильной оценки преимуществ использования 3D технологий требуется проведение рандомизированного многоцентрового исследования с большим числом наблюдений.

Другим недостатком в работе является отсутствие учета экономической эффективности применяемых технологий, что также несомненно значимо для внедрения данной технологии планирования в повседневную практическую работу.

Заключение

Применение компьютер-ассистированных технологий в объёме 3D планирования и виртуального осуществления операций позволяет улучшить непосредственные и функциональные результаты реальных оперативных пособий у пациентов с ПКР при выполнении органосохранных операций из лапароскопического доступа. ■

Аляев Ю.Г., Сирота Е.С., Безруков Е.А., ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова, НИИ уронефрологии и репродуктивного здоровья человека, Москва; Автор, ответственный за переписку — Сирота Е.С., 119991 Россия, Москва, улица Большая Пироговская дом 2 стр.1, essirota@mail.ru; +7-963-781-11-02

Литература:

1. Znaor, A., et al., *International variations and trends in renal cell carcinoma incidence and mortality. Eur Urol*, 2015. 67(3): p. 519-30.
2. Каприн А.Д., Аполихин О.И., Сивков А.В., Москалева Н.Г., Солнцева Т.В., Комарова В.А., *Анализ уронефрологической заболеваемости и смертности в Российской Федерации за 2003-2013 г. Экспериментальная*
3. Siegel, R.L., K.D. Miller, and A. Jemal, *Cancer statistics, 2016. CA Cancer J Clin*, 2016. 66(1): p. 7-30.
4. Siegel, R.L., K.D. Miller, and A. Jemal, *Cancer statistics, 2018. CA Cancer J Clin*, 2018. 68(1): p. 7-30.
5. Campbell, S., et al., *Renal Mass and Localized Renal Cancer: AUA Guideline. J Urol*, 2017. 198(3): p. 520-и клиническая урология, 2015. 2.

- 529.
6. Аляев Ю.Г., Г.П.В., Пушкарь Д.Ю., Российские клинические рекомендации по урологии. Геотар-Медиа 2016: p. с 496.
 7. Ljungberg, B., et al., EAU guidelines on renal cell carcinoma: 2014 update. *Eur Urol*, 2015. 67(5): p. 913-24.
 8. Huang, W.C., et al., Management of Small Kidney Cancers in the New Millennium: Contemporary Trends and Outcomes in a Population-Based Cohort. *JAMA Surg*, 2015. 150(7): p. 664-72.
 9. Patel, S.G., et al., National trends in the use of partial nephrectomy: a rising tide that has not lifted all boats. *J Urol*, 2012. 187(3): p. 816-21.
 10. Weight, C.J., 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): p. 1317-23.
 11. Глыбочко П.В., Аляев Ю.Г., 3D-технологии при операциях на почке: от хирургии виртуальной к реальной. ГЭОТАР-Медиа, 2014: p. с10, 63-66, 91.
 12. Федоров В.Д., Кармазановский Г.Г., Гузеева Е.Б., Цвиркун В.В., Виртуальное хирургическое моделирование на основе данных компьютерной томографии. М: Вудар 2003: p. с.184.
 13. Komai, Y., et al., A novel 3-dimensional image analysis system for case-specific kidney anatomy and surgical simulation to facilitate clampless partial nephrectomy. *Urology*, 2014. 83(2): p. 500-6.
 14. Lasser, M.S., et al., Virtual surgical planning: a novel aid to robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy. *J Endourol*, 2012. 26(10): p. 1372-9.
 15. Smith, Z.L., Current Status of Minimally Invasive Surgery for Renal Cell Carcinoma. *Curr Urol Rep*, 2016. 17(6): p. 43.
 16. Zhao, P.T., L. Richstone, and L.R. Kavoussi, Laparoscopic partial nephrectomy. *Int J Surg*, 2016. 36(Pt C): p. 548-553.
 17. Nicolau, S., et al., Augmented reality in laparoscopic surgical oncology. *Surg Oncol*, 2011. 20(3): p. 189-201.
 18. Porpiglia, F., et al., Laparoscopic versus open partial nephrectomy: analysis of the current literature. *Eur Urol*, 2008. 53(4): p. 732-42; discussion 742-3.
 19. Rais-Bahrami, S., et al., Intraoperative conversion of laparoscopic partial nephrectomy. *J Endourol*, 2006. 20(3): p. 205-8.
 20. Coll, D.M., et al., Preoperative use of 3D volume rendering to demonstrate renal tumors and renal anatomy. *Radiographics*, 2000. 20(2): p. 431-8.
 21. Knudsen, B.E., et al., Design of functional simulation of renal cancer in virtual reality environments. *Urology*, 2005. 66(4): p. 732-5.
 22. Ukimura, O., M. Nakamoto, and I.S. Gill, Three-dimensional reconstruction of renovascular-tumor anatomy to facilitate zero-ischemia partial nephrectomy. *Eur Urol*, 2012. 61(1): p. 211-7.
 23. Глыбочко П.В., А.Ю.Г., Терновой С.К., Дзеранов Н.К., Хохлачев С., Ахвледиани Н.Д., Петровский Н.В., Фиев Д.Н., Трехмерное моделирование опухолевого процесса в почке с последующим планированием оперативного вмешательства на ней. Бюллетень сибирской медицины, 2012. № 5 (приложение): p. с38-40.
 24. Isotani, S., et al., Feasibility and accuracy of computational robot-assisted partial nephrectomy planning by virtual partial nephrectomy analysis. *Int J Urol*, 2015. 22(5): p. 439-46.
 25. Wang, Z., et al., Application of Three-Dimensional Visualization Technology in Laparoscopic Partial Nephrectomy of Renal Tumor: A Comparative Study. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*, 2017. 27(5): p. 516-523.
 26. Фиев Д.Н., Виртуальное моделирование для выбора метода лечения и планирования операций при хирургических заболеваниях почек. Дисс. д.м.н, 2014.
 27. Lane, B.R., et al., Comparison of cold and warm ischemia during partial nephrectomy in 660 solitary kidneys reveals predominant role of nonmodifiable factors in determining ultimate renal function. *J Urol*, 2011. 185(2): p. 421-7.
 28. Campbell, S.C., A nonischemic approach to partial nephrectomy is optimal. *No. J Urol*, 2012. 187(2): p. 388-90.
 29. Mir, M.C., et al., Poorly functioning kidneys recover from ischemia after partial nephrectomy as well as strongly functioning kidneys. *J Urol*, 2014. 192(3): p. 665-70.
 30. Mir, M.C., et al., Parenchymal volume preservation and ischemia during partial nephrectomy: functional and volumetric analysis. *Urology*, 2013. 82(2): p. 263-8.