

Doi: 10.52341/20738080\_2025\_138\_5\_25

## РОЛЬ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В ПРОФИЛАКТИКЕ ОСЛОЖНЕНИЙ НЕФРОНСБЕРЕГАЮЩЕЙ ХИРУРГИИ РАКА ПОЧКИ



**ПУШКАРЬ Д.Ю.**, академик РАН, д.м.н., профессор, главный уролог Минздрава России, руководитель МУЦ ГБУЗ города Москвы «Московский многопрофильный научно-клинический центр имени С.П. Боткина» Департамента

здравоохранения города Москвы, заведующий кафедрой урологии ФГБОУ ВО «Российский университет медицины» Минздрава России, лауреат Государственной премии Российской Федерации, премии города Москвы, заслуженный врач Российской Федерации, [pushkardm@mail.ru](mailto:pushkardm@mail.ru)



**ТАРАСОВ Р.А.**, врач-уролог, старший лаборант кафедры урологии и хирургической андрологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Мин-

здрава России, [rodiontar@mail.ru](mailto:rodiontar@mail.ru)



**СЕРЕГИН А.А.**, д.м.н., доцент, врач-уролог МУЦ ГБУЗ города Москвы «Московский многопрофильный научно-клинический центр имени С.П. Боткина» Департамента здравоохранения города Москвы, профессор кафедры урологии и хирургической андрологии

ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, [sasha.seregin@gmail.com](mailto:sasha.seregin@gmail.com)



**АЛЕШИЧЕВ Г.А.**, ординатор ГБУЗ города Москвы «Московский многопрофильный научно-клинический центр имени С.П. Боткина»

Департамента здравоохранения города Москвы, [georgi18@mail.ru](mailto:georgi18@mail.ru)



**СЕРЕГИН А.В.**, д.м.н., профессор, врач-уролог, профессор кафедры урологии и хирургической андрологии ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России,

заслуженный врач Российской Федерации, заслуженный врач города Москвы, [av\\_seregin@mail.ru](mailto:av_seregin@mail.ru)

**В** исследовании оценивается роль трехмерного моделирования в профилактике осложнений нефрон-сберегающей хирургии локального рака почки.

**Ключевые слова:** рак почки, компьютерная томография, трехмерное моделирование, предоперационное планирование, периоперационные осложнения.

### ROLE OF THREE-DIMENSIONAL SIMULATION IN PREVENTING COMPLICATIONS OF NEPHRON-SPARING SURGERY OF RENAL CANCER

Pushkar D., Tarasov R., Seregin A.A., Aleshichev G., Seregin A.V.

This paper evaluates the role of 3D-simulation in preventing complications of nephron-sparing surgery of localized renal cancer.

**Key words:** renal cancer, computed tomography, three-dimensional simulation, preoperative planning, perioperative complications.

#### Введение

Рак почки (почечно-клеточный рак, ПКР) представляет собой одну из наиболее значимых проблем современной онкоурологии, занимая 3-е место в структуре злокачественных новообразований (ЗНО) мочевыводящих путей и составляя около 3% всех онкологических заболеваний в мире. Согласно эпидемиологическим данным ежегодно регистрируется свыше 400 000 новых случаев ПКР, при этом в последние два десятилетия наблюдается устойчивый рост заболеваемости – около 2% в год [1]. В России и странах СНГ стандартизированные коэффициенты заболеваемости варьируют от 7,6 до 15,0 случаев на 100 тыс. населения, что соответствует ежегодному выявлению 10–15 тыс.

новых пациентов на территории Российской Федерации [2].

Хирургическое вмешательство остается «золотым стандартом» лечения локализованного рака почки, однако современные подходы смещаются в сторону уменьшения инвазивности и максимального сохранения функции почки. Приоритетной задачей становится выполнение нефрон-сберегающих органосохраняющих вмешательств, обеспечивающих как надежный онкологический результат, так и максимальное снижение риска развития почечной недостаточности [3].

Несмотря на прогресс в хирургических технологиях, включая лапароскопические и робот-ассистированные методики, риск возникновения интра- и послеоперационных осложнений остается значимым. Это, в свою очередь, диктует необходимость совершенствования предоперационного планирования, что особенно важно при выполнении органосохраняющих пособий.

Перспективным инструментом для решения этих задач является трехмерная (3D) реконструкция почек с опухолью, позволяющая создавать персонализированные анатомические модели на основе данных КТ или МРТ. Данная технология предоставляет хирургу возможность детальной визуализации взаиморасположения опухоли, сосудов и чашечно-лоханочной системы, что способствует повышению качества проводимого оперативного пособия и потенциально способно снизить вероятность периоперационных осложнений.

### Цель исследования

Оценка роли трехмерного моделирования в профилактике осложнений нефрон-сберегающей хирургии (НСХ) локального рака почки.

### Материалы и методы

В исследование включено 1512 чел. в возрасте 21–86 лет с локализованным ПКР (T1-2aN0M0), перенесших резекцию в период с января 2015 г. по март 2024 г. на базе Московского урологического центра ГБУЗ города Москвы «Московский многопрофильный научно-клинический центр имени С.П. Боткина» Департамента здравоохранения города Москвы.

### Критерии включения:

- морфологически подтвержденный ПКР;
- размер опухоли  $\leq 10$  см (стадия cT1-2a);
- отсутствие метастазов (M0) по данным КТ/МРТ грудной клетки и брюшной полости.

### Критерии исключения:

- мультифокальные опухоли;
- возраст младше 18 лет;
- толщина среза на снимках КТ  $\geq 1,5$  мм.

Были сформированы две ретроспективные группы:

- *группа 1* (904 чел. – 59,8%) – стандартная резекция почки с опухолью без 3D-планирования;
- *группа 2* (526 чел. – 34,8%) – НСХ без применения трехмерной реконструкции.

Дополнительно была выделена проспективная *группа 3* (82 чел. – 5,4%) – НСХ с использованием предоперационной трехмерной реконструкции.

Для создания 3D-моделей использовалось программное обеспечение 3D Slicer 5.6.2 (платформа с открытым исходным кодом). Исходные данные получены из МСКТ с внутривенным контрастированием. Исследования выполнялись на различных КТ-аппаратах в сторонних медицинских учреждениях. Сегментация изображений проводилась урологом с выделением почки, опухоли, чашечно-лоханочной системы и сосудов. Сгенерированные 3D-модели (формат STL) анализировались виртуально на персональном компьютере.

Основные критерии оценивали клинические результаты, включая частоту значительной интраоперационной кровопотери ( $>150$  мл), мочевого затека, острой почечной недостаточности, положительного хирургического края и осложнений  $\geq 3$  степени по шкале Clavien–Dindo.

Дополнительные критерии включали оценку функционального результата при надежном онкологическом лечении при помощи достижения показателей трифекты (негативный хирургический край, отсутствие периоперационных осложнений  $\geq 3$  степени, время тепловой ишемии  $<25$  мин.) и пентафекты (негативный хирургический край, отсутствие периоперационных осложнений  $\geq 3$  степени, время тепловой ишемии  $<25$  мин., отсутствие

Таблица 1

## Клинические результаты

Клинические результаты	Группа 1 (n=904)	Группа 2 (n=526)	Группа 3 (n=82)	p1
Кровотечение, n (%)	41 (4,5%)	16 (3,0%)	2 (2,4%)	p>0,05 (Г1–Г3) p>0,05 (Г2–Г3)
Мочевой затек, n (%)	37 (4,0%)	6 (1,1%)	1 (1,2%)	p=0,02 (Г1–Г3) p>0,05 (Г2–Г3)
Острая почечная недостаточность, n (%)	4 (0,4%)	3 (0,6%)	0	p>0,05 (Г1–Г3) p>0,05 (Г2–Г3)
Положительный хирургический край, n (%)	61 (6,7%)	11 (2,0%)	1 (1,2%)	p<0,001 (Г1–Г3) p>0,05 (Г2–Г3)
Clavien-Dindo score ≥3, n (%)	80 (8,8%)	24 (4,6%)	2 (2,4%)	p=0,03 (Г1–Г3) p>0,05 (Г2–Г3)

Примечания: n – количество пациентов; 1 – t-критерий Student.

снижения СКФ >10%, отсутствие роста стадии ХБП через 1 год после операции).

Значимость различий результатов оценивали по t-критерию Student. Различия считали достоверными при p<0,05.

## Результаты

Анализ данных 1512 пациентов, перенесших резекцию почки по поводу локализованного рака (T1-2aN0M0), показал сопоставимость групп по возрасту, полу и индексу массы тела. Были установлены достоверные различия между группами в клинических результатах (табл. 1). Пациенты в группе нефронсберегающей резекции с предоперационным 3D-планированием (группа 3) продемонстрировали статистически значимое снижение частоты положительного хирургического края, по сравнению с группой 1 (1,2% против 6,7% [p<0,001]). Тяжелые послеоперационные осложнения (≥3 степени по шкале Clavien–Dindo) в группе 3 зарегистрированы в 2,4% случаев, что существенно ниже, чем в группе 1 (8,8%; p=0,03) и группе 2 (4,6%; p>0,05). Значимое интраоперационное кровотечение наблюдалось у 2,4% пациентов группы 3D-планирования (группа 3), тогда как в группах 1 и 2 их частота составила 4,5% (p>0,05) и 3% (p>0,05).

Анализ эффективности использования 3D-реконструкции в совокупности с НСХ в предоперационном планировании выявил достоверные различия между группами при достижении комплексных функциональных результатов (табл. 2).

Применение 3D-планирования статистически значимо повысило частоту достижения пентафекты. В группе пациентов, перенесших нефронсберегающую резекцию с предоперационным 3D-планированием, пентафекта была достигнута у 72,0% больных, что в 2,5 раза превышает показатель группы стандартного планирования (28,5%; p<0,001).

Достижение трифекты также продемонстрировало преимущество применения 3D-реконструкции: 91,5% в группе 3 против 78% (p<0,001) в группе 1 и 84,6% (p=0,04) в группе 2.

## Обсуждение

Результаты настоящего исследования демонстрируют, что применение 3D-реконструкции в НСХ локального рака способствует значительному снижению частоты интра- и послеоперационных осложнений. Полученные данные согласуются с современными тенденциями в урологической онкологии, где акцент смещается на персонализацию хирургическо-

Таблица 2

## Функциональные результаты

Клинические результаты	Группа 1 (n=904)	Группа 2 (n=526)	Группа 3 (n=82)	p1
Достижение трифекты, n (%)	705 (78,0%)	445 (84,6%)	75 (91,5%)	p<0,001 (Г1–Г3) p=0,04 (Г2–Г3)
Достижение пентафекты, n (%)	180 (28,5%)	316 (60,0%)	59 (72,0%)	p<0,001 (Г1–Г3) p=0,02 (Г2–Г3)

Примечания: см. таблицу 1.

го подхода для каждого пациента [4–8]. Так, снижение частоты положительного хирургического края в группе 3D-планирования до 1,4% подтверждает эффективность технологии в минимизации риска локального рецидива, что объясняется точной визуализацией границ опухоли. Это коррелирует с результатами отечественного исследования *И.В. Семенякина и соавт.* [9], согласно которому применение 3D-моделирования с использованием VR-очков (смешанной реальности) при резекции почки с опухолью позволило достичь негативного края во всех случаях органосохраняющих вмешательств, что на 8,3% превысило показатели контрольной группы. Аналогичные данные были получены в работе *У. Komai et al.* [10], где 3D-планирование обеспечило отрицательный край во всех 26 случаях резекции почки.

Важным аспектом является снижение частоты тяжелых осложнений (Clavien–Dindo score  $\geq 3$ ) до 2,4% в группе трехмерного моделирования. Подобные тенденции соответствуют результатам многоцентрового исследования *С. Michiels et al.*, где применение 3D-реконструкции при резекции почки с опухолью сократило частоту серьезных осложнений с 9,5% до 3,8% [11]. Значимое уменьшение интраоперационной кровопотери подтверждается данными *Х. Wu et al.* [12], *J.D. Shirk et al.* [13], а также отечественной работой *Ю.Г. Аляева и соавт.* [14], где отмечено снижение кровопотери на 15–60% при использовании 3D-моделей.

В настоящем исследовании также отмечено снижение частоты мочевого затека, что согласуется с результатами *F. Porpiglia et al.* [15], подтверждающими, что применение 3D-реконструкции при резекции сложных опухолей почек (PADUA  $\geq 10$ ) позволило уменьшить частоту повреждения чашечно-лоханочной системы с 45,5% до 10,4%.

Достижение пентафекты у 72,0% и трифекты у 91,5% пациентов в группе 3D-планирования подчеркивает комплексное преимущество технологии, объединяющей онкологическую безопасность и сохранение функции почки. В исследовании *L. Bianchi et al.* [16] использование

3D-моделей позволило достичь критерия трифекта (отрицательный хирургический край, отсутствие осложнений по шкале Clavien–Dindo  $\geq 3$ , снижение скорости клубочковой фильтрации [СКФ] после операции менее чем на 30%) у 80,2% больных против 63,1% пациентов контрольной группы. Хотя прямое сравнение с пентафектой затруднено из-за разницы оцениваемых параметров, данные результаты подтверждают общую тенденцию к повышению качества нефронсберегающих операций при применении трехмерной реконструкции в предоперационном планировании.

### Закключение

3D-моделирование данных компьютерной томографии является неотъемлемой частью современной нефронсберегающей хирургии рака почки. Проведенное исследование продемонстрировало значительное снижение послеоперационных осложнений и улучшение функциональных результатов. Дальнейшее развитие данной технологии связано с внедрением алгоритмов искусственного интеллекта и интраоперационной интеграции созданных моделей.

*Авторы благодарят академика РАН, д.м.н., профессора, ведущего научного сотрудника ГБУЗ города Москвы «Московский многопрофильный научно-клинический центр имени С.П. Боткина» Департамента здравоохранения города Москвы, заведующего кафедрой урологии и хирургической андрологии ФГБОУ ВО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, действительного члена Европейской и Международной ассоциаций урологов, заслуженного деятеля науки Российской Федерации О.Б. ЛОРАНА за большую помощь в подготовке статьи.*

Литература

