

## Сравнение значимости шкал нефрометрической оценки RENAL, PADUA, C-index для прогноза сложности лапароскопической резекции почки

Ю.Г. Аляев, Е.С. Сирота, Л.М. Рапопорт, Е.А. Безруков, Р.Б. Суханов, Д.Г. Цариченко

ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России;  
Россия, 119991 Москва, ул. Трубецкая, 8, стр. 2

Контакты: Евгений Сергеевич Сирота [essirota@mail.ru](mailto:essirota@mail.ru)

**Цель исследования** — сравнить предикторную ценность нефрометрических шкал RENAL, PADUA, C-index в прогнозе сложности хирургического вмешательства по показателям времени тепловой ишемии, объема кровопотери, длительности операции и вероятности развития послеоперационных осложнений.

**Материалы и методы.** В исследование были включены 314 пациентов с локализованным раком почки с выполненными лапароскопическими резекциями почки (ЛРП) в период с января 2012 г. по май 2017 г. Кроме стандартных методов обследования в 210 (66,8 %) наблюдениях были проведены трехмерное моделирование и планирование предстоящего оперативного вмешательства. Средний абсолютный объем опухоли у пациентов составил  $62,5 \pm 33,5$  мм<sup>3</sup>. Всем больным перед вмешательством был выполнен анализ сложности планируемой операции по шкалам нефрометрической оценки: RENAL, PADUA и C-index. Средняя сумма баллов по шкале RENAL составила  $7,56 \pm 1,12$ , по шкале PADUA —  $7,98 \pm 1,55$ , среднее значение C-index —  $2,76 \pm 1,14$ . В дальнейшем ретроспективно с помощью метода логистического регрессионного анализа была определена предикторная значимость нефрометрических шкал (RENAL, PADUA, C-index) в целях прогноза продолжительности тепловой ишемии, длительности хирургического вмешательства, величины интраоперационной кровопотери и вероятности развития послеоперационных осложнений.

**Результаты.** В 265 (84,4 %) наблюдениях выполнен трансперитонеальный доступ, в 49 (15,6 %) — ретроперитонеальный. Средняя длительность выполнения ЛРП  $140,15 \pm 55,8$  мин, тепловой ишемии —  $13,35 \pm 7,65$  мин. Средняя величина кровопотери при ЛРП —  $291,95 \pm 196,5$  мл. Интраоперационные осложнения имели место у 8 (2,54 %) пациентов. Послеоперационные осложнения были оценены по классификации хирургических осложнений Clavien—Dindo и были установлены у 31 (9,9 %) больного, из них хирургические осложнения отмечены у 12 (3,8 %).

Наибольшей прогностической значимостью при многофакторном анализе для длительности тепловой ишемии, величины интраоперационной кровопотери и вероятности развития послеоперационных осложнений обладал индекс шкалы RENAL ( $p = 0,049$ ;  $0,028$ ;  $0,046$  соответственно).

При многофакторном анализе прогноза для продолжительности ЛРП ни один из индексов не был достоверен. При однофакторном анализе прогноза длительности ЛРП были достоверны индексы шкал RENAL ( $p = 0,032$ ) и C-index ( $p = 0,040$ ).

**Заключение.** Использование нефрометрических шкал RENAL, PADUA и C-index полезно в целях прогноза длительности тепловой ишемии, объема кровопотери, продолжительности операции и вероятности развития послеоперационных осложнений при ЛРП. Наибольшей прогностической ценностью, по нашим данным, обладает индекс шкалы RENAL. Применение трехмерного моделирования для расчета нефрометрических индексов в предоперационном периоде упрощает процесс подсчета баллов по всем 3 нефрометрическим шкалам.

**Ключевые слова:** трехмерные технологии, виртуальное планирование, рак почки, лапароскопия, резекция почки, шкала RENAL, шкала PADUA, шкала C-index

**Для цитирования:** Аляев Ю.Г., Сирота Е.С., Рапопорт Л.М. и др. Сравнение значимости шкал нефрометрической оценки RENAL, PADUA, C-index для прогноза сложности лапароскопической резекции почки. Онкоурология 2018;14(1):36–46.

DOI: 10.17650/1726-9776-2018-14-1-36-46

### Comparison of the significance of the RENAL, PADUA, and C-index nephrometric scales for the prediction of the complexity of laparoscopic nephrectomy

Yu.G. Alyaev, E.S. Sirota, L.M. Rapoport, E.A. Bezrukov, R.B. Sukhanov, D.G. Tsarichenko

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Ministry of Health of Russia;  
Build. 2, 8 Trubetskaya St., Moscow 119991, Russia

**Objective:** to compare the predictive value of RENAL, PADUA, C-index nephrometry score systems according to projection of complexity of operative measure in terms of warm ischaemic time, extent of blood loss and rate of postoperative complications.

**Materials and methods.** Information for the research was collected from 314 patients with localized kidney cancer, who had laparoscopic partial nephrectomy from January 2012 to May 2017. In 210 (66.8 %) cases, in addition to the routine examinations, 3D modelling and

operative measure planning were carried out. The average tumor volume of the patients was equal to  $62.5 \pm 33.5 \text{ mm}^3$ . All patients before the operation were estimated the complexity of operative measure on the nephrometry score systems: PADUA, RENAL, C-index. The average sum of balls according to scale RENAL —  $7.56 \pm 1.12$ , on scale PADUA —  $7.98 \pm 1.55$ , on scale C-index —  $2.76 \pm 1.14$ . Then in retrospect by the method of logistic regression analysis was determined predictive value of RENAL, PADUA, C-index nephrometry score systems for prediction of warm ischaemic time, duration of operative measure, extent of intraoperative blood loss and possibility of rate of postoperative complications.

**Results.** In 265 (84.4) cases transperitoneal approach was performed and in 49 (15.6 %) cases it was retroperitoneal approach. The average time of laparoscopic partial nephrectomy is  $140.15 \pm 55.8 \text{ min}$ , the average time of ischaemic warm is  $13.35 \pm 7.65 \text{ min}$ . The average extent of blood loss during the laparoscopic partial nephrectomy is  $291.95 \pm 196.5 \text{ ml}$ . Intraoperative complications were found in 8 (2.54 %) cases. Postoperative complications were estimated according to the Clavien–Dindo classification of surgical complications and were found in 31 (9.9 %) cases, among them 12 (3.8 %) patients had surgical complications.

The index of the RENAL nephrometry scoring system had the highest predictive value in the multivariate analysis for warm ischaemic time, extent of intraoperative blood loss and possibility of development after complications ( $p = 0.049$ ;  $0.028$ ;  $0.046$ ).

None of indices were significant for multivariate analysis of prognosis the duration of laparoscopic partial nephrectomy. The indices of the RENAL ( $p = 0.032$ ) and C-index ( $p = 0.040$ ) nephrometry score systems were significant for univariate analysis of prognosis the duration of the laparoscopic partial nephrectomy.

**Conclusion.** The usage of RENAL, PADUA, C-index nephrometry score systems is useful for the prediction of warm ischaemic time, extent of blood loss, duration of operative measure and possibility of rate of postoperative complications at laparoscopic partial nephrectomy. According to our data the index of RENAL nephrometry scoring system has the highest predictive value. Applications of 3D modelling for counting nephrometry indices in preoperative period makes the process of counting balls easier on all three nephrometry score systems.

**Key words:** 3D technologies, virtual surgical planning, kidney cancer, laparoscopy, partial nephrectomy, RENAL score, PADUA score, C-index score

**For citation:** Alyaev Yu.G., Sirota E.S., Rapoport L.M. et al. Comparison of the significance of the RENAL, PADUA, and C-index nephrometric scales for the prediction of the complexity of laparoscopic nephrectomy. *Onkourologiya = Cancer Urology* 2018;14(1):36–46.

## Введение

В настоящее время для лечения локализованных форм почечно-клеточного рака (ПКР) все больше используются нефронсберегающие технологии. Применение органосохраняющих операций (ОСО) для хирургического лечения ПКР при стадии T1a является рекомендованной опцией, при стадии T1b–2 выполнение резекции рекомендовано при наличии технической возможности [1, 2]. Пациенты с локализованной формой ПКР после проведения ОСО имеют лучший прогноз по общей и онкологической выживаемости по сравнению с больными, которые были подвергнуты органонуносящей операции [3, 4]. В последние годы выполнено большое количество исследований, которые объясняют лучший прогноз у пациентов после ОСО с уменьшением вероятности развития хронической болезни почек и, как следствие, со снижением риска возникновения сердечно-сосудистых заболеваний [5, 6].

В настоящее время в мире в хирургическом лечении пациентов с ПКР имеется стойкая тенденция к использованию лапароскопических и робот-ассистированных доступов для выполнения ОСО [7–9]. Проведенные сравнительные исследования о применении различных доступов при проведении ОСО при ПКР отмечают преимущество использования робот-ассистированных и лапароскопических операций [10–12].

На этапе планирования высокотехнологичных методов оперативного лечения больных с ПКР перед

каждым врачом-хирургом встает масса вопросов о сложности предстоящего хирургического вмешательства, риске развития ранних и поздних послеоперационных осложнений, операбельности и резектабельности образований почки. Для решения этих вопросов в мире разработаны и применяются около 10 шкал нефрометрической оценки ПКР [13, 14].

Самыми известными и часто используемыми в урологии являются шкалы RENAL, PADUA и C-index [15–17].

С помощью индексов данных шкал оцениваются сложность и возможность выполнения планируемой ОСО. Для этого проводится подсчет баллов на основании характеристик образования почки. В мировой практике выполнен ряд научных работ, в которых была определена предикторная ценность нефрометрических индексов для прогноза ОСО, при этом результаты этих исследований противоречивы [18–26]. В связи с этим нами был проведен ретроспективный анализ по установлению наиболее значимой нефрометрической шкалы для прогноза ОСО у пациентов с ПКР.

**Цель исследования** — сравнить предикторную ценность нефрометрических шкал RENAL, PADUA и C-index в прогнозе сложности операции по показателям длительности тепловой ишемии, объема кровопотери, продолжительности хирургического вмешательства и вероятности развития послеоперационных осложнений.

### Материалы и методы

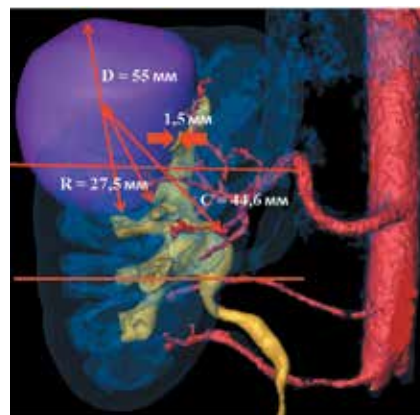
В ретроспективный анализ были включены данные 314 пациентов с ПКР, которым выполнены лапароскопические резекции почки (ЛРП) в клинике урологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова в период с января 2012 г. по май 2017 г.

Средний возраст больных составил  $54,4 \pm 10,9$  года (25–78 лет). Мужчин было 178 (56,7 %), женщин — 136 (43,3 %). Всем пациентам в предоперационном периоде проведено стандартное физикальное и инструментальное обследование. Из дополнительных методов обследования 210 (66,8 %) больным на основании выполненной мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) или магнитно-резонансной томографии (МРТ) было проведено трехмерное (3D) моделирование и виртуальное осуществление операций с помощью программы Amiga версии 5.4.5 компании VSG (лицензия ASTND.44644). Данные больных по размеру и локализации опухолей и демографическим показателям представлены в табл. 1.

**Таблица 1.** Данные по демографическим показателям, размеру и локализации опухолей больных с выполненной лапароскопической резекцией почки ( $n = 314$ )

Table 1. Demographic data, tumor size and localization for patients who underwent laparoscopic partial nephrectomy ( $n = 314$ )

Показатель Characteristic	Значение Value
Возраст, лет Age, years	$54,4 \pm 10,9$
Пол, $n$ (%): Sex, $n$ (%):	
мужской male	178 (56,7)
женский female	136 (43,3)
Сторона поражения, $n$ (%): Affected side, $n$ (%):	
справа right	169 (53,8)
слева left	145 (46,2)
Локализация, $n$ (%): Localization, $n$ (%):	
верхний сегмент upper segment	88 (28,0)
средний сегмент middle segment	134 (42,7)
нижний сегмент lower segment	92 (29,3)
Поверхность, $n$ (%): Surface, $n$ (%):	
передняя anterior	210 (66,9)
задняя posterior	104 (33,1)
Абсолютный объем опухоли, $\text{мм}^3$ Tumor absolute volume, $\text{мм}^3$	$62,5 \pm 33,5$



RENAL 9a балла / RENAL 9a points  
PADUA 10a балла / PADUA 10a points  
C-index 1,62 балла / C-index 1.62 points

**Рис. 1.** Расчет индексов нефрометрической оценки на основании трехмерного моделирования

Fig. 1. Calculation of nephrometric evaluation indices based on 3D modeling

Всем пациентам выполнен анализ сложности планируемого хирургического вмешательства по шкалам нефрометрической оценки: RENAL, PADUA и C-index. У пациентов, которым не было проведено 3D-моделирование, расчет индексов выполняли на основании томографических изображений — результатов МСКТ или МРТ в режиме 2D. У пациентов с 3D-планированием операций оценку проводили на основании 3D-моделирования патологического процесса в почке (рис. 1).

Все расчеты выполнены оперирующими врачами-урологами. Распределение пациентов в исследовании после оценки по нефрометрическим шкалам представлено в табл. 2.

Установлено, что из 314 больных больше всего было пациентов со стадией T1a — 196 (62,4 %) (табл. 3).

**Таблица 2.** Данные больных по нефрометрическим шкалам RENAL, PADUA, C-index ( $n = 314$ )

Table 2. Patient data per the RENAL, PADUA, C-index scales ( $n = 314$ )

Показатель Characteristic	Значение Value
Шкала RENAL, $n$ (%): RENAL scale, $n$ (%):	
4–6	166 (52,9)
7–9	124 (39,5)
10–12	24 (7,6)
Шкала PADUA, $n$ (%): PADUA scale, $n$ (%):	
6–7	136 (43,3)
8–9	117 (37,3)
$\geq 10$	65 (19,4)
C-index	$3,12 \pm 1,14$

**Таблица 3.** Данные больных по системе TNM с выполненной лапароскопической резекцией почки ( $n = 314$ )

Table 3. Patient data per the TNM system after laparoscopic partial nephrectomy ( $n = 314$ )

Показатель Characteristic	$n$ (%)
T1a	196 (62,4)
T1b	88 (28,0)
T3a	30 (9,6)
N0	0
M0	0

Операции были выполнены 7 урологами клиники с большим опытом проведения ЛРП. Вмешательства осуществляли с использованием инструментов и видеоэндоскопического оборудования компаний Karl Storz (Германия) и Aescular (Германия). Этапы всех операций были стандартными при выполнении ЛРП.

**Статистический анализ.** Для прогноза длительности тепловой ишемии, продолжительности хирургического вмешательства, величины интраоперационной кровопотери и вероятности развития послеоперационных осложнений при ЛРП в зависимости от значения индексов шкал (RENAL, PADUA, C-index) использовали метод логистического регрессионного анализа.

В качестве отклика рассматривались следующие бинарные переменные: длительность тепловой ишемии (до 20 мин и более 20 мин), продолжительность операции (до 120 мин и более 120 мин), объем кровопотери (до 100 мл и более 100 мл), наличие или отсутствие послеоперационных осложнений.

В качестве возможных предикторов рассматривались категориальные значения индексов шкал C-index (от 1 до 1,99 балла или более 2 баллов), PADUA (10 баллов (1), 8–9 баллов (2), 6–7 баллов (3)), RENAL (10–12 баллов (1), 7–9 баллов (2), 4–6 баллов (3)).

Построение логистической регрессионной модели осуществлялось в однофакторном и многофакторном форматах методами принудительного и пошагового включения прогностических факторов с оценкой значения коэффициента детерминации ( $R^2$  Нэйджелкера), показывающего долю влияния всех предикторов модели на дисперсию зависимой переменной.

Проверку статистической значимости модели проводили с помощью критерия  $\chi^2$ . При значении  $p < 0,05$  нулевую гипотезу о незначимости модели отвергали. Соответствие модели использованным данным характеризовали с применением критерия согласия

Хосмера–Лемешева. При  $p > 0,05$  принималась гипотеза о согласованности модели.

Интерпретацию параметров логистической регрессии производили на основе величины  $\exp(b)$ . Положительный коэффициент  $b$  и значение  $\exp(b) > 1$  указывают на то, что шансы наступления прогнозируемого события возрастают. Отрицательный коэффициент  $b$  и величина  $\exp(b) < 1$  свидетельствуют о снижении шансов. Для отношений шансов рассчитывали 95 % доверительные интервалы (ДИ). Показатель определяли как статистически значимый, если в ДИ не входила единица.

Чувствительность и специфичность предикторов, включенных в модель, оценивали с применением ROC-анализа. Количественную интерпретацию результатов проводили с помощью построения ROC-кривых с оценкой показателя AUC (area under ROC curve — площадь под ROC-кривой).

### Результаты

При выполнении ЛРП использовали 2 основных вида доступа: трансперитонеальный и ретроперитонеальный (табл. 4).

**Таблица 4.** Данные больных по особенностям техники исполнения лапароскопической резекции почки ( $n = 314$ )

Table 4. Characteristics of laparoscopic partial nephrectomy technique in patients ( $n = 314$ )

Показатель Characteristic	Значение Value
Вид доступа, $n$ (%): Access type, $n$ (%):	
трансперитонеальный transperitoneal	265 (84,4)
ретроперитонеальный retroperitoneal	49 (15,6)
Симультанные операции, $n$ (%): Simultaneous surgeries, $n$ (%):	
да yes	14 (4,5)
нет no	300 (95,5)
Время тепловой ишемии, $n$ (%): Warm ischemic time, $n$ (%):	
$\leq 20$ мин $\leq 20$ min	247 (78,7)
$> 20$ мин $> 20$ min	67 (31,3)
Длительность операции, $n$ (%): Surgery duration, $n$ (%):	
$\leq 120$ мин $\leq 120$ min	122 (38,8)
$> 120$ мин $> 120$ min	192 (61,2)
Кровопотеря, мл Blood loss, ml	$251,9 \pm 196,4$



**Таблица 5.** Данные больных по интраоперационным и послеоперационным осложнениям при выполнении лапароскопической резекции почки ( $n = 314$ )Table 5. Intraoperative and postoperative complications in patients who underwent laparoscopic partial nephrectomy ( $n = 314$ )

Показатель Characteristic	$n$ (%)
Осложнения при операциях: Complications during surgery:	
кровотечение из зоны резекции bleeding from the resection area	2 (0,6)
ранение диафрагмы wounding of the diaphragm	2 (0,6)
конверсия conversion	3 (0,9)
ранение мочеточника wounding of the ureter	1 (0,3)
всего total	8 (2,5)
Осложнения после операций: Complications after surgery:	
да yes	31 (9,9)
нет no	283 (90,1)
Степень осложнений по классификации Clavien–Dindo: Complication severity per the Clavien–Dindo classification:	
II	16 (5,7)
IIIa	7 (2,2)
IIIb	5 (1,6)
IV	1 (0,3)
V	2 (0,6)

В анализируемой группе больных после ЛРП интраоперационные осложнения имели место у 8 (2,54 %) пациентов. Послеоперационные осложнения оценены по классификации хирургических осложнений Clavien–Dindo и были зарегистрированы у 31 (9,9 %) больного, из них хирургические – у 12 (3,8 %) (табл. 5).

При однофакторном анализе все нефрометрические индексы были статистически значимы для прогноза длительности тепловой ишемии при ЛРП. В многофакторном анализе статистическую значимость показал только индекс RENAL ( $p = 0,049$ ).

Результаты оценки прогностической значимости всех индексов для определения длительности тепловой ишемии при ЛРП представлены в табл. 6.

При выполнении ROC-анализа значения всех 3 нефрометрических шкал являлись статистически значимыми для времени тепловой ишемии при проведении ЛРП (рис. 2).

При однофакторном анализе прогнозирования объема кровопотери при ЛРП установлено, что каждый из 3 индексов был статистически значимым фактором. В многофакторном анализе единственным значимым предиктором выступал индекс RENAL ( $p = 0,028$ ).

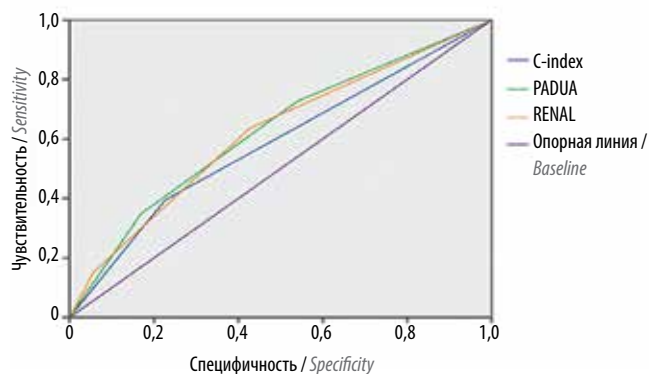
Результаты оценки прогностической значимости изучаемых индексов для определения объема кровопотери при выполнении ЛРП представлены в табл. 7.

При проведении ROC-анализа показатель AUC был статистически значим только для индексов PADUA и RENAL. При этом наибольшее значение имел показатель AUC, характеризующий прогностическую зна-

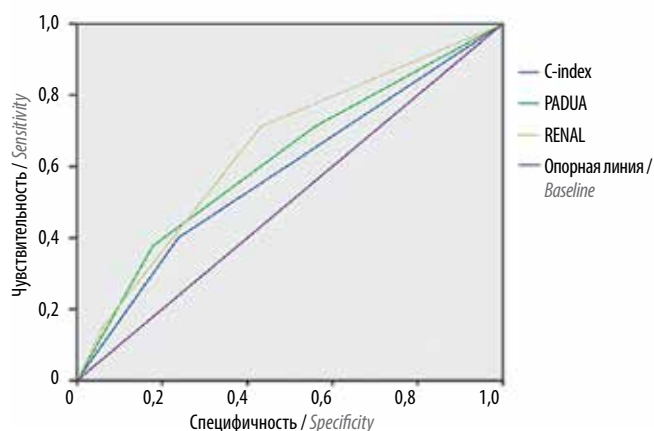
**Таблица 6.** Данные регрессионных моделей однофакторного и многофакторного анализов прогнозирования длительности тепловой ишемии во время лапароскопической резекции почки у больных почечно-клеточным раком

Table 6. Data of one-factor and multi-factor analysis of regression models for prediction of warm ischemic time during laparoscopic partial nephrectomy in patients with renal cell carcinoma

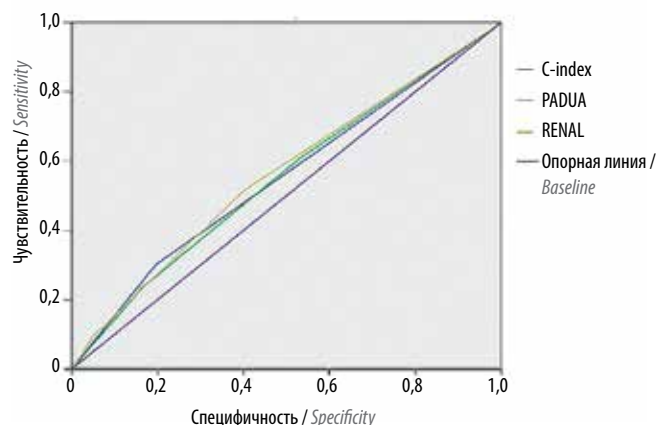
Шкала Scale	Коэффициент регрессии b Regression coefficient b	Стандартная ошибка Standard error	Статистика Вальда $\chi^2$ Wald test $\chi^2$	$p$	exp(b)	95 % доверительный интервал для exp(b) 95 % confidence interval for exp(b)
<b>Однофакторный анализ</b> One-factor analysis						
C-index	–0,801	0,294	7,422	0,006	0,449	0,252–0,799
PADUA	–0,621	0,183	11,545	0,001	0,537	0,375–0,769
RENAL	–0,721	0,213	11,465	0,001	0,486	0,320–0,738
<b>Многофакторный анализ</b> Multi-factor analysis						
C-index	–0,072	0,403	0,031	0,859	0,931	0,422–2,052
PADUA	–0,374	0,261	2,051	0,152	0,688	0,412–1,148
RENAL	–0,721	0,213	11,465	0,049	0,486	0,320–0,738



**Рис. 2.** ROC-кривые прогнозирования времени тепловой ишемии при проведении лапароскопической резекции почки  
Fig. 2. ROC curves for prediction of warm ischemic time during laparoscopic partial nephrectomy



**Рис. 3.** ROC-кривые прогнозирования объема кровопотери при проведении лапароскопической резекции почки  
Fig. 3. ROC curves for prediction of blood loss volume during laparoscopic partial nephrectomy



**Рис. 4.** ROC-кривые прогнозирования времени операции при проведении лапароскопической резекции почки  
Fig. 4. ROC curves for prediction of surgery duration during laparoscopic partial nephrectomy

чимостть RENAL, – 0,651 (95 % ДИ 0,565–0,737;  $p = 0,001$ ), которая соответствовала среднему уровню качества прогностической модели (рис. 3).

Из всех прогнозируемых факторов наихудшая предикторная значимость была продемонстрирована всеми исследуемыми индексами для продолжительности выполнения ЛРП. При однофакторном анализе только C-index и RENAL оказались статистически значимыми факторами прогноза для длительности вмешательства. В многофакторном анализе ни одна из нефрометрических оценок не показала себя статистически значимым предиктором (табл. 8).

ROC-анализ показал невысокую прогностическую ценность 3 изучаемых индексов для предсказания длительности оперативного вмешательства в объеме ЛРП (рис. 4).

**Таблица 7.** Данные регрессионных моделей прогнозирования объема кровопотери при выполнении лапароскопической резекции почки

**Table 7.** Regression models' data for prediction of blood loss volume during laparoscopic partial nephrectomy

Шкала Scale	Коэффициент регрессии b Regression coefficient b	Стандартная ошибка Standard error	Статистика Вальда $\chi^2$ Wald test $\chi^2$	p	exp(b)	95 % доверительный интервал для exp(b) 95 % confidence interval for exp(b)
<b>Однофакторный анализ</b> One-factor analysis						
C-index	–0,759	0,336	5,089	0,024	0,468	0,242–0,905
PADUA	–0,593	0,211	7,934	0,005	0,553	0,366–0,835
RENAL	–0,859	0,243	12,455	<0,001	0,423	0,263–0,682
<b>Многофакторный анализ</b> Multi-factor analysis						
C-index	0,049	0,466	0,011	0,916	1,050	0,422–2,616
PADUA	–0,238	0,309	0,592	0,442	0,788	0,430–1,445
RENAL	–0,705	0,320	4,846	0,028	0,494	0,264–0,926

Таблица 8. Данные регрессионных моделей прогнозирования продолжительности лапароскопической резекции почки

Table 8. Regression models' data for prediction of laparoscopic partial nephrectomy duration

Шкала Scale	Коэффициент регрессии b Regression coefficient b	Стандартная ошибка Standard error	Статистика Вальда $\chi^2$ Wald test $\chi^2$	p	exp(b)	95 % доверительный интервал для exp(b) 95 % confidence interval for exp(b)
<b>Однофакторный анализ</b> <i>One-factor analysis</i>						
C-index	–0,570	0,277	4,236	0,040	0,566	0,329–0,973
PADUA	–0,256	0,154	2,755	0,097	0,774	0,572–1,047
RENAL	–0,409	0,190	4,621	0,032	0,664	0,457–0,965
<b>Многофакторный анализ</b> <i>Multi-factor analysis</i>						
C-index	–0,360	0,364	0,978	0,323	0,698	0,342–1,423
PADUA	0,010	0,216	0,002	0,963	1,010	0,662–1,541
RENAL	–0,283	0,246	1,324	0,250	0,754	0,466–1,220

Таблица 9. Данные регрессионных моделей прогнозирования послеоперационных осложнений при лапароскопической резекции почки

Table 9. Regression models' data for prediction of postoperative complications during laparoscopic partial nephrectomy

Шкала Scale	Коэффициент регрессии b Regression coefficient b	Стандартная ошибка Standard error	Статистика Вальда $\chi^2$ Wald test $\chi^2$	p	exp(b)	95 % доверительный интервал для exp(b) 95 % confidence interval for exp(b)
<b>Однофакторный анализ</b> <i>One-factor analysis</i>						
C-index	0,196	0,544	0,129	0,097	0,520	0,241–1,126
PADUA	–0,575	0,246	5,469	0,019	0,563	0,348–0,911
RENAL	–0,813	0,280	8,445	0,004	0,443	0,256–0,767
<b>Многофакторный анализ</b> <i>Multi-factor analysis</i>						
C-index	–0,360	0,364	0,978	0,719	1,216	0,419–3,531
PADUA	–0,288	0,363	0,632	0,427	0,749	0,368–1,526
RENAL	–0,679	0,370	3,379	0,046	0,507	0,246–1,046

Результаты оценки прогностической значимости изучаемых индексов для прогноза развития послеоперационных осложнений ЛРП представлены в табл. 9.

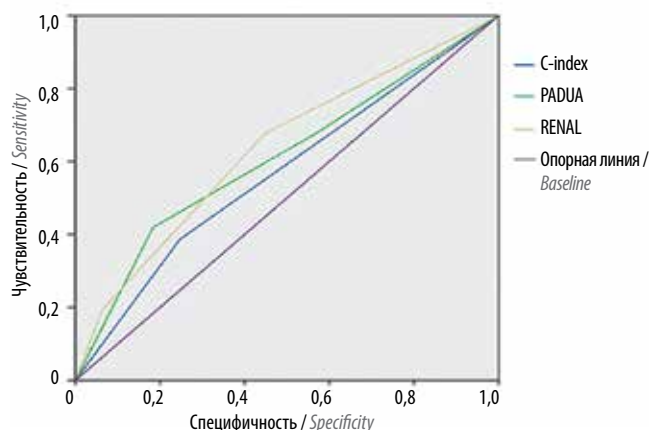
При однофакторном анализе прогнозирования послеоперационных осложнений ЛРП статистическая значимость отмечена только для индексов PADUA ( $p = 0,019$ ) и RENAL ( $p = 0,004$ ). В многофакторном анализе единственным статистически значимым предиктором оказался индекс RENAL ( $p = 0,046$ ).

ROC-анализ показал, что наибольшую AUC имеет логистическая модель, применяющая в качестве

предиктора послеоперационных осложнений индекс RENAL, – 0,636 (95 % ДИ 0,530–0,742;  $p = 0,013$ ). При этом оценка показателя AUC в модели, построенной на основании использования C-index, не была статистически значимой (рис. 5).

### Обсуждение

Разработанные и применяемые шкалы нефрометрической оценки опухолей почек позволили стандартизировать подход в определении сложности данных образований не только в целях научных исследований,



**Рис. 5.** ROC-кривые прогнозирования послеоперационных осложнений после проведения лапароскопической резекции почки  
**Fig. 5.** ROC curves for prediction of postoperative complications after laparoscopic partial nephrectomy

но также оказали полезное содействие для определения хирургической тактики лечения пациентов с ПКР. На 1-м месте в принятии решения о возможности выполнения ОСО у больных ПКР стоит вопрос прогнозирования отдаленных и непосредственных результатов хирургического вмешательства. Наиболее важными непосредственными результатами при проведении ОСО независимо от варианта хирургического доступа являются длительность тепловой ишемии, объем кровопотери, продолжительность операции и вероятность развития послеоперационных осложнений [18, 27–29].

В результате проведенного нами исследования на основании оценки предикторной значимости индексов (RENAL, PADUA, C-index) для длительности тепловой ишемии, объема кровопотери, продолжительности операции ЛРП, наличия послеоперационных осложнений с помощью логистического регрессионного анализа было установлено, что наибольшей прогностической значимостью обладает индекс RENAL. Наши результаты полностью совпадают с данными работы Н. Borgmann и соавт., в которой также были выполнены ретроспективный анализ и сравнение прогностической ценности нефрометрических индексов у 188 пациентов с ПКР после проведения ОСО из открытого и робот-ассистированного доступов [30].

При анализе результатов однофакторного и многофакторного анализов нами не установлено предикторной значимости всех 3 индексов для прогноза продолжительности оперативного вмешательства, что полностью совпадает с данными работы Т.В. Шатылко и соавт., в которой авторы определяли прогностическую ценность всех 3 шкал на основании опыта клиники при открытом доступе при выполнении ОСО у 96 пациентов [24]. Напротив, в работе М.С. Kriegmair и соавт. при проведении сравнительного анализа

предикторной ценности у 305 больных ПКР после ОСО из открытого доступа показано, что прогностической значимостью одинаково обладают индексы RENAL и PADUA [19]. В одной из работ R. Schiavina и соавт. при проведении многоцентрового международного ретроспективного исследования на основании результатов робот-ассистированных ОСО у 277 пациентов с ПКР установлено, что оценка по шкале PADUA является более точной и предикторной по сравнению с оценкой по шкале RENAL [21]. Такое различие полученных результатов может быть обусловлено малым числом наблюдений и большой разнородностью групп. В нашем анализе группа была однородна по виду хирургического доступа, но, как и в других работах, неоднородна по числу хирургов, выполнявших оперативные вмешательства, несмотря на то, что опыт проведения ОСО у данных хирургов находился на одном уровне.

Основным заключением во всех работах, к которому пришли авторы, является то, что применение нефрометрических шкал RENAL и PADUA довольно доступно как врачам лучевой диагностики, так и врачам-урологам.

При этом использование для прогноза шкалы C-index довольно трудоемко и сложно для врачей-урологов, так как для расчета требуется использование математической формулы. По нашему мнению, такая сложность связана больше не с использованием самой математической формулы, а со сложностью измерения необходимых параметров на основании данных МСКТ или МРТ, представленных в формате 2D. В нашей работе мы также сталкивались с этой проблемой, но лишь при расчете у пациентов без выполненного 3D-моделирования патологического процесса. При расчете на основании проведенного 3D-моделирования посредством возможностей работы в режимах виртуального планирования операции такие сложности не возникали.

Другим единым мнением мировых исследователей является необходимость внесения дополнений в нефрометрические шкалы оценки таких показателей, как индекс массы тела и/или состояние паранефральной клетчатки для каждого конкретного пациента. Так, согласно исследованию L. С. Macleod и соавт., величина паранефральной клетчатки может рассматриваться как дополнительный прогностический фактор для пациентов с предстоящим малоинвазивным оперативным вмешательством, а такой показатель, как индекс массы тела, не отражает точных данных о характеристиках паранефральной клетчатки [31]. Такое же заключение сделали в своей работе М. Hagiwara и соавт. Они установили, что лучшим прогностическим фактором сложности предстоящего оперативного вмешательства и вероятности развития послеоперационных осложнений является фактор



площади висцеральной жировой клетчатки, а не индекс массы тела [32].

Мы также отметили факт влияния характеристик паранефральной клетчатки пациентов на результаты проведенных нами ОСО при лечении больных с ПКР независимо от индекса массы тела. Данный вопрос в настоящее время является целью другого исследования, выполняемого в нашей клинике. Наша работа имела ряд недостатков кроме упомянутой выше неоднородности анализируемой группы пациентов по количеству хирургов, выполнивших ОСО. Нами не проводился анализ прогноза функциональных и онкологических результатов выполненных ЛРП. В мировых публикациях рядом исследователей такие работы были проведены [20, 22, 23, 33]. Согласно данным этих исследований, наибольшая прогностическая ценность по функциональным результатам

коррелирует с оценкой по шкале C-index, тогда как по шкалам RENAL и PADUA представляет оценку периоперационных и ранних послеоперационных результатов хирургических вмешательств.

### Заключение

Использование нефрометрических шкал RENAL, PADUA, C-index полезно для прогноза длительности тепловой ишемии, объема кровопотери, продолжительности операции и вероятности развития послеоперационных осложнений при выполнении ЛРП. Наибольшей прогностической ценностью, по нашим данным, обладает индекс шкалы RENAL. Применение 3D-моделирования для расчета нефрометрических индексов в предоперационном периоде упрощает процесс подсчета баллов по всем 3 нефрометрическим шкалам.

## ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Ljungberg B., Bensalah K., Canfield S. et al. EAU guidelines on renal cell carcinoma: 2014 update. *Eur Urol* 2015;67(5):913–24. DOI: 10.1016/j.eururo.2015.01.005. PMID: 25616710.
2. Campbell S., Uzzo R.G., Allaf M.E. et al. Renal mass and localized renal cancer: AUA guideline. *J Urol* 2017;198(3):520–9. DOI: 10.1016/j.juro.2017.04.100. PMID: 28479239.
3. Thompson R.H., Boorjian S.A., Lohse C.M. et al. Radical nephrectomy for pT1a renal masses may be associated with decreased overall survival compared with partial nephrectomy. *J Urol* 2008;179(2):468–71; discussion 72–3. DOI: 10.1016/j.juro.2007.09.077. PMID: 18076931.
4. Weight C.J., Larson B.T., Fergany A.F. 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. DOI: 10.1016/j.juro.2009.12.030. PMID: 20171688.
5. Fergany A.F., Hafez K.S., Novick A.C. Long-term results of nephron sparing surgery for localized renal cell carcinoma: 10-year followup. *J Urol* 2000;163(2):442–5. PMID: 10647650.
6. Huang W.C., Levey A.S., Serio A.M. et al. Chronic kidney disease after nephrectomy in patients with renal cortical tumours: a retrospective cohort study. *Lancet Oncol* 2006;7(9):735–40. DOI: 10.1016/S1470-2045(06)70803-8. PMID: 16945768.
7. Patel S.G., Penson D.F., Pabla B. et al. National trends in the use of partial nephrectomy: a rising tide that has not lifted all boats. *J Urol* 2012;187(3):816–21. DOI: 10.1016/j.juro.2011.10.173. PMID: 22248514.
8. Smith Z.L. Current status of minimally invasive surgery for renal cell carcinoma. *Curr Urol Rep* 2016;17(6):43. DOI: 10.1007/s11934-016-0599-x. PMID: 27021911.
9. Zhao P.T., Richstone L., Kavoussi L.R. Laparoscopic partial nephrectomy. *Int J Surg* 2016;36:548–53. DOI: 10.1016/j.ijsu.2016.04.028. PMID: 27109204.
10. Marszalek M., Meixl H., Polajnar M. et al. Laparoscopic and open partial nephrectomy: a matched-pair comparison of 200 patients. *Eur Urol* 2009;55(5):1171–8. DOI: 10.1016/j.eururo.2009.01.042. PMID: 19232819.
11. Zargar H., Allaf M.E., Bhayani S. et al. Triecta and optimal perioperative outcomes of robotic and laparoscopic partial nephrectomy in surgical treatment of small renal masses: a multi-institutional study. *BJU Int* 2015;116(3):407–14. DOI: 10.1111/bju.12933. PMID: 25220543.
12. Leow J.J., Heah N.H., Chang S.L. et al. Outcomes of robotic versus laparoscopic partial nephrectomy: an updated meta-analysis of 4,919 patients. *J Urol* 2016;196(5):1371–7. DOI: 10.1016/j.juro.2016.06.011. PMID: 27291654.
13. Hou W., Yan W., Ji Z. Anatomic features involved in technical complexity of partial nephrectomy. *Urology* 2015;85(1):1–7. DOI: 10.1016/j.urology.2014.10.009. PMID: 25530359.
14. Millet I., Doyon F.C., Pages E. et al. Morphometric scores for renal tumors: what does the radiologist need to know? *Eur J Radiol* 2014;83(8):1303–10. DOI: 10.1016/j.ejrad.2014.04.025. PMID: 24910263.
15. Kutikov A., Uzzo R.G. The R.E.N.A.L. nephrometry score: a comprehensive standardized system for quantitating renal tumor size, location and depth. *J Urol* 2009;182(3):844–53. DOI: 10.1016/j.juro.2009.05.035. PMID: 19616235.
16. Ficarra V., Novara G., Secco S. et al. Pre-operative aspects and dimensions used for an anatomical (PADUA) classification of renal tumours in patients who are candidates for nephron-sparing surgery. *Eur Urol* 2009;56(5):786–93. DOI: 10.1016/j.eururo.2009.07.040. PMID: 19665284.
17. Simmons M.N., Ching C.B., Samplaski M.K. et al. Kidney tumor location measurement using the C index method. *J Urol* 2010;183:1708–13.
18. Bylund J.R., Gayheart D., Fleming T. et al. Association of tumor size, location, R.E.N.A.L., PADUA and centrality index score with perioperative outcomes and postoperative renal function. *J Urol* 2012;188(5):1684–9. DOI: 10.1016/j.juro.2012.07.043. PMID: 22998902.
19. Kriegmair M.C., Mandel P., Moses A. et al. Defining renal masses: comprehensive comparison of RENAL, PADUA, NePhRo, and C-Index Score. *Clin Genitourin Cancer* 2017;15(2):248–55.e1. DOI: 10.1016/j.clgc.2016.07.029. PMID: 27594556.
20. Okhunov Z., Rais-Bahrami S., George A.K. et al. The comparison of three renal tumor scoring systems: C-Index, P.A.D.U.A., and R.E.N.A.L. nephrometry scores. *J Endourol* 2011;25(12):1921–4. DOI: 10.1089/end.2011.0301. PMID: 21905850.

21. Schiavina R., Novara G., Borghesi M. et al. PADUA and R.E.N.A.L. nephrometry scores correlate with perioperative outcomes of robot-assisted partial nephrectomy: analysis of the Vattikuti Global Quality Initiative in Robotic Urologic Surgery (GQI-RUS) database. *BJU Int* 2017;119(3):456–63. DOI: 10.1111/bju.13628. PMID: 27528265.
22. Sugiura M., Suyama T., Kanesaka M. et al. Usefulness of R.E.N.A.L nephrometry scoring system and centrality index score for predicting outcome of laparoscopic partial nephrectomy. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 2016;26(10):784–8. DOI: 10.1089/lap.2016.0025. PMID: 27732324.
23. Watts K.L., Ghosh P., Stein S., Ghavamian R. Value of nephrometry score constituents on perioperative outcomes and split renal function in patients undergoing minimally invasive partial nephrectomy. *Urology* 2017;99:112–7. DOI: 10.1016/j.urology.2016.01.046. PMID: 27038982.
24. Шатылко Т.В., Попков В.М., Королёв А.Ю., Чаусовский Д.А. Сравнение нефрометрических систем при частичной нефрэктомии по поводу почечно-клеточного рака. *Российский медико-биологический вестник им. акад. И.П. Павлова* 2017;1:110–7. [Shatylko T.V., Popkov V.M., Korolev A.Yu., Chausovskiy D.A. Comparison of nephrometric systems in partial nephrectomy for renal cell cancer. *Rossiyskiy mediko-biologicheskiy vestnik im. akad. I.P. Pavlova* = *I.P. Pavlov Russian Medical and Biological Herald* 2017;1:110–7. (In Russ.)].
25. Агдеев В.А., Шейхон Г.И., Данилов А.А. и др. Структура 90-дневных осложнений после резекции единственной почки при опухолях ее паренхимы. *Онкоурология* 2017;13(2):20–6. [Atduev V.A., Sheykhov G.I., Danilov A.A. et al. Structure of 90 day complications after solitary kidney resection due to parenchyma tumors. *Onkourologiya* = *Cancer Urology* 2017;13(2):20–6. (In Russ.)]. DOI: 10.17650/1726-9776-2017-13-2-20-26.
26. Матвеев В.Б., Волкова М.И., Скворцов И.Я. и др. Целесообразность и безопасность трансперитонеальной лапароскопической резекции почки при опухолях почечной паренхимы. *Онкоурология* 2014;10(1):25–34. [Matveev V.B., Volkova M.I., Skvortsov I.Ya. et al. The advisability and safety of transperitoneal laparoscopic nephrectomy for renal parenchymal tumors. *Onkourologiya* = *Cancer Urology* 2014;10(1):25–34. (In Russ.)].
27. Azhar R.A., Metcalfe C., Gill I.S. Anatomical partial nephrectomy: technique evolution. *Curr Opin Urol* 2015;25(2):95–9. DOI: 10.1097/MOU.0000000000000140. PMID: 25590280.
28. Volpe A., Blute M.L., Ficarra V. et al. Renal ischemia and function after partial nephrectomy: a collaborative review of the literature. *Eur Urol* 2015;68(1):61–74. DOI: 10.1016/j.eururo.2015.01.025. PMID: 25703575.
29. Klatte T., Ficarra V., Gratzke C. et al. A literature review of renal surgical anatomy and surgical strategies for partial nephrectomy. *Eur Urol* 2015;68(6):980–92. DOI: 10.1016/j.eururo.2015.04.010. PMID: 25911061.
30. Borgmann H., Reiss A.K., Kurosch M. et al. R.E.N.A.L. score outperforms PADUA Score, C-Index and DAP score for outcome prediction of nephron sparing surgery in a selected cohort. *J Urol* 2016;196(3):664–71. DOI: 10.1016/j.juro.2016.03.176. PMID: 27091569.
31. Macleod L.C., Hsi R.S., Gore J.L. et al. Perinephric fat thickness is an independent predictor of operative complexity during robot-assisted partial nephrectomy. *J Endourol* 2014;28(5):587–91. DOI: 10.1089/end.2013.0647. PMID: 24377723.
32. Hagiwara M., Miyajima A., Hasegawa M. et al. Visceral obesity is a strong predictor of perioperative outcome in patients undergoing laparoscopic radical nephrectomy. *BJU Int* 2012;110(11):E980–4. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2012.11274.x. PMID: 22642302.
33. Samplaski M.K., Hernandez A., Gill I.S., Simmons M.N. C-index is associated with functional outcomes after laparoscopic partial nephrectomy. *J Urol* 2010;184(6):2259–63. DOI: 10.1016/j.juro.2010.08.031. PMID: 21036370.

## Вклад авторов

Ю.Г. Аляев: разработка дизайна исследования;  
 Е.С. Сирота: разработка дизайна исследования, статистическая обработка, получение данных для анализа, анализ полученных данных, написание текста рукописи, обзор публикаций по теме статьи;  
 Л.М. Рапопорт: анализ полученных данных;  
 Е.А. Безруков: получение данных для анализа;  
 Р.Б. Суханов: оформление таблиц, рисунков и диаграмм в исследовании;  
 Д.Г. Цариченко: обзор публикаций по теме статьи.

## Authors' contributions

Yu.G. Alyaev: developing the research design;  
 E.S. Sirota: developing the research design, statistical processing, obtaining data for analysis, analysis of the obtained data, article writing, reviewing of publications of the article's theme;  
 L.M. Rapoport: analysis of the obtained data;  
 E.A. Bezrukov: obtaining data for analysis;  
 R.B. Sukhanov: design of tables, figures and diagrams in the study;  
 D.G. Tsarichenko: reviewing of publications of the article's theme.

## ORCID авторов

Е.С. Сирота: <https://orcid.org/0000-0001-6419-0155>  
 Р.Б. Суханов: <https://orcid.org/0000-0002-3664-6108>  
 Д.Г. Цариченко: <https://orcid.org/0000-0002-3608-8759>

Л.М. Рапопорт: <https://orcid.org/0000-0001-7787-1240>

Е.А. Безруков: <https://orcid.org/0000-0002-2746-5962>

**ORCID of authors**

E.S. Sirota: <https://orcid.org/0000-0001-6419-0155>

R.B. Sukhanov: <https://orcid.org/0000-0002-3664-6108>

D.G. Tsarichenko: <https://orcid.org/0000-0002-3608-8759>

L.M. Rapoport: <https://orcid.org/0000-0001-7787-1240>

E. A. Bezrukov: <https://orcid.org/0000-0002-2746-5962>

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Financing.** The study was performed without external funding.

**Информированное согласие.** Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

**Informed consent.** All patients gave written informed consent to participate in the study.

**Статья поступила:** 12.01.2018. **Принята к публикации:** 15.03.2018.

**Article received:** 12.01.2018. **Accepted for publication:** 15.03.2018.