

17. Lange P, Ercole CI, Lightner DI, Fraley EE, Vessella R. The value of serum prostate specific antigen determinations before and after radical prostatectomy. *J Urol* 1989; 141:873–879.
18. Foster LS, Jajodia P, Fournier G Jr, Shinohara K, Carroll P, Narayan P. The value of prostate specific antigen and transrectal ultrasound guided biopsy in detecting prostatic fossa recurrences following radical prostatectomy. *J Urol* 1993; 149:1024–1028.
19. Scattoni V, Roscigno M, Raber M, et al. Multiple vesico-urethral biopsies following a radical prostatectomy: the predictive roles of TRUS, DRE, PSA and the pathological stage. *Eur Urol* 2003; 44:407–414.
20. Swindle PW, Kattan MW, Scardino PT. Markers and meaning of primary treatment failure. *Urol Clin North Am* 2003; 30:377–401.
21. John H, Hauri D, Maake C. The effect of seminal vesicle-sparing radical prostatectomy on serum prostate-specific antigen level. *BJU Int* 2003; 92:920–923.
22. Sella T, Schwartz LH, Hricak H. Retained seminal vesicles after radical prostatectomy: frequency, MRI characteristics, and clinical relevance. *AJR* 2006; 186:539–546.
23. Pucar D, Shukla-Dave A, Hricak H, et al. Prostate cancer: correlation of MR imaging and MR spectroscopy with pathologic findings after radiation therapy—initial experience. *Radiology* 2005; 236:545–553.
24. Coakley FV, Teh HS, Qayyum A, et al. Endorectal MR imaging and MR spectroscopic imaging for locally recurrent prostate cancer after external beam radiation therapy: preliminary experience. *Radiology* 2004; 233:441–448.
25. Mueller-Lisse UG, Vigneron DB, Hricak H, et al. Localized prostate cancer: effect of hormone deprivation therapy measured by using combined three-dimensional 1H MR spectroscopy and MR imaging—clinicopathologic case-controlled study. *Radiology* 2001; 221:380–390.
26. Siegal JA, Yu E, Brawer MK. Topography of neovascularity in human prostate carcinoma. *Cancer* 1995; 75:2545–2551.
27. Brawer MK, Deering RE, Brown M, Preston SD, Bigler S. Predictors of pathologic stage in prostatic carcinoma: the role of neovascularity. *Cancer* 1994; 73:678–687.
28. Choi YJ, Kim JK, Kim N, et al. Functional MR imaging of prostate cancer. *RadioGraphics* 2007; 27:63–75.

УДК 616.61-006-089.15:616.61-073.756.8:004.925

© П.В. Глыбочко, Ю.Г. Аляев, Н.К. Дзеранов, С.Б. Хохлачев, Д.Н. Фиев, Н.В. Петровский, 2013

**П.В. Глыбочко, Ю.Г. Аляев, Н.К. Дзеранов, С.Б. Хохлачев, Д.Н. Фиев, Н.В. Петровский**  
**ВИРТУАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ОРГАНОСОХРАНЯЮЩИХ ОПЕРАЦИЙ**  
**ПРИ ОПУХОЛИ ПОЧКИ**

*ГБОУ ВПО «Первый Московский государственный медицинский университет  
им. И.М. Сеченова» Минздрава России, г. Москва*

Подробная информация об особенностях кровоснабжения почки, взаимоотношении опухоли с внутривенными анатомическими структурами позволяет избежать во время операции различных непредвиденных ситуаций. Мы проанализировали результаты органосохраняющих операций у 131 пациента с диагнозом опухоль почки, которым планировалось органосохраняющее пособие. Больные методом случайной выборки были разделены на две группы: 1-я группа основная (n=92) с предварительным виртуальным планированием операции на почках с использованием данных мультиспиральной компьютерной томографии с контрастированием, которые обрабатывались с помощью программы для трехмерных объектов (Amira). 2-я контрольная (n=49) без предварительного виртуального моделирования. Не было выявлено достоверных различий между группами по возрасту (p=0,122) и нефрометрическому индексу R.E.N.N.A.L (p=0,428).

Выровненные по артериальной фазе трехмерные изображения позволяют детализировать топографо-анатомические взаимоотношения опухоли с важнейшими внутривенными структурами (сосуды, мочевые пути), определить особенности строения почки. Мы сравнили в группах интраоперационные показатели: время ишемии почечной ткани, объем кровопотери и время операции. Медиана всех трех проанализированных интраоперационных показателей была ниже в основной группе пациентов. Статистически достоверные различия получены для объема кровопотери (p=0,004).

Виртуальное моделирование позволяет детально спланировать органосохраняющую операцию при опухоли почки и облегчить интраоперационную ориентировку хирурга, сведя к минимуму риск осложнений.

**Ключевые слова:** органосохраняющие операции, трехмерные объекты, нефрометрический индекс, виртуальное моделирование.

**P.V. Glybochko, Yu.G. Alyaev, N.K. Dzeranov, S.B. Khokhlachev, D.N. Fiev, N.V. Petrovsky**  
**VIRTUAL PLANNING OF THE ORGAN-SPARING SURGICAL OPERATION**  
**ON KIDNEY TUMOR**

Detailed information about the features of kidney blood supply and the relationship of the tumor with intrarenal anatomical structures allow the surgeon to avoid various unforeseen situation during surgical procedure.

We analyzed the results of organ-sparing operations in 131 patients with a diagnosis of tumor of the kidney, for which organ-sparing operation was planned. Patients were randomly divided into two groups: the first one was a primary group (n=92) with advanced virtual planning of the surgical operation on kidneys with contrast enhancement data received by multi-layer spiral CT-examination which were processed using the program for three-dimensional objects (Amira). The second one was a control group (n=49) without virtual simulation. There were no significant differences between the above groups in age (p = 0.122) and in R.E.N.N.A.L. nefrometric index (p = 0.428). The three-dimensional images, which aligned according to the arterial phase, allow us to specialize the topographic and anatomic relationship of the tumor against the most important intrarenal structures (vessels and urinary tract) and to determine the structural features of the kidney. While performing the surgical operation we have compared the intraoperative indicators, such as ischemia of the kidney tissue, the extent of blood loss, and the duration of operation.

The median of all three analyzed intraoperative indicators was lower in the primary patient group. Statistically significant differences were obtained for the extent of blood loss (p = 0.004).

The virtual simulation allows the surgeon to plan in detail the sparing surgical operation on tumor of the kidney and to facilitate intraoperative orientation for the surgeon minimizing the risk of complications.

**Key words:** organ-sparing operations, three-dimensional objects, nefrometric index, virtual simulation.

Новейшие компьютерные методики находят все большее применение в современной оперативной урологии. На сегодняшний день мы располагаем достаточным собственным опытом внедрения и использования инновационной методики (компьютерное моделирование) для планирования как открытых, так и лапароскопических операций у пациентов с опухолью почки. Почечно-клеточный рак является наиболее распространенным солидным новообразованием в почках – на него приходится около 90% всех злокачественных опухолей почек [1,2]. Получаемые при мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) мультипланарные построения позволяют получить фактически исчерпывающую информацию об опухолевом процессе в почке [2,3,4]. Информация об аномальном строении почек, верхних мочевых путей и почечных сосудов наиболее значима при планировании операции, так как позволяет учитывать индивидуальные особенности их анатомии и топографических характеристик, что требует выработки индивидуального анатомического подхода в каждой конкретной ситуации. На сегодняшний день в ведущих медицинских учреждениях страны и за рубежом применяются инновационные компьютерные методики, позволяющие эффективно планировать предстоящее оперативное пособие, что улучшило результаты лечения больных с различными заболеваниями, в том числе и с раком почки [5-12]. В данной статье мы приведем собственный опыт применения и внедрения современных компьютерных технологий в планировании лечения больных с опухолью почки.

**Материал и методы.** Компьютерное моделирование – это инновационная методика, которая позволяет без искажений эффективно совместить все четыре фазы визуализации с объемным образованием на одном интегральном изображении, что дает практически исчерпывающую информацию об анатомических особенностях пораженной опухолем почкой. При этом дополнительно становится возможным создать эффект послойной тканевой прозрачности, что обеспечивает оперирующего хирурга уникальными данными о взаимоотношении крупных внутрипочечных сосудов с элементами верхних мочевых путей, а также достоверно точное взаимоотношение всех внутрипочечных анатомических структур с патологическими изменениями в них (рис. 1).

При планировании органосохраняющего вмешательства разработана методика вир-

туального удаления опухоли, то есть производится виртуальное «сечение» паренхимы в зависимости от поставленных задач в виде «клины», «разнонаправленной плоскости», «блюдца» и т.д. с последующим получением информации о структурах дна и плоскости резекции почки (наличие крупных веток сегментарных сосудов, элементов чашечно-лоханочной системы) (рис. 2а и б).

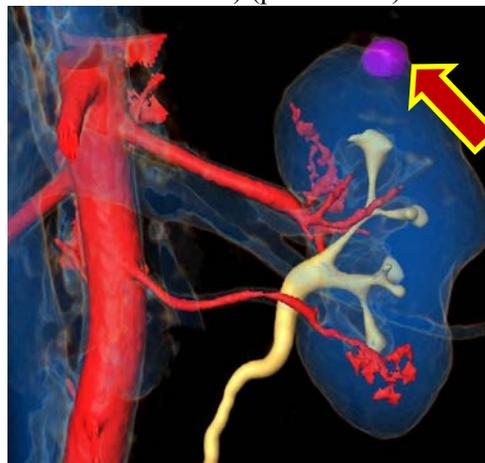


Рис. 1. Компьютерное моделирование – совмещение четырех фаз контрастного исследования на одном интегральном изображении с режимом послойной тканевой прозрачности

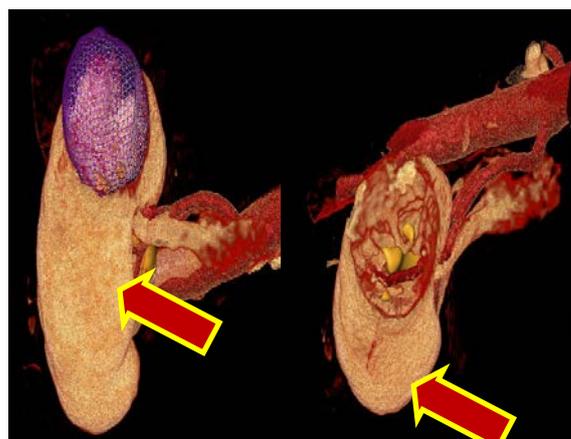


Рис. 2а. Компьютерное моделирование. Виртуальное удаление опухоли с отображением «кратера резекции»

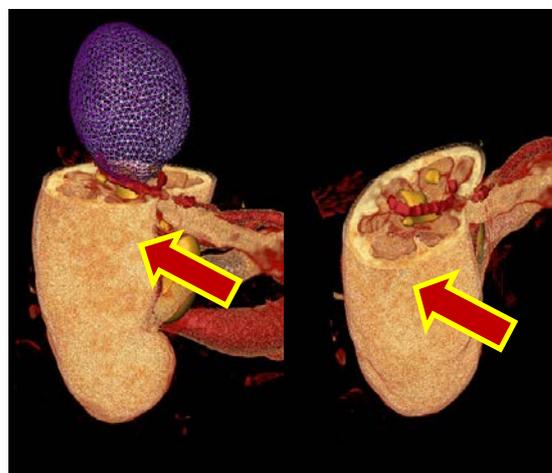


Рис. 2б. Компьютерное моделирование. Виртуальное плоскостное удаление паренхимы почки с опухолью и отображение составляющих «резецированной поверхности»

Помимо совмещения всех фаз контрастного усиления на одном интегральном изображении с патологическим процессом данная инновационная методика позволяет производить при этом «вычитание» и «прибавление» этих фаз в соответствии с поставленными задачами, определять при этом точное расположение опухолевого узла и направление его роста, поворачивать трехмерно совмещенные изображения в различных направлениях, получая, таким образом, точки обзора из различных ракурсов. Различным анатомическим структурам возможно придавать ту или иную цветность в соответствии с изображениями в анатомическом атласе, что придает им большую наглядность и лучшую дифференцировку при восприятии. Получаемые изображения могут быть представлены в виде двухмерных построений в произвольной плоскости виртуального среза, а также в статичных 3D- и динамично вращаемых 4D- моделях [13]. Получаемая информация применяется в детальном планировании предстоящей операции, разработке профилактических мероприятий по предотвращению развития как угрожающего жизни интраоперационного кровотечения, так и образования мочевого свища в послеоперационном периоде.

Технология получения виртуальной 3D- модели интересующей анатомической области на мониторе персонального компьютера достаточно трудоемка и не стандартна [9, 14], требует участия специалиста по вычислительной технике и оперирующего хирурга, а также применения программного обеспечения для построения трехмерных объектов. Нами для построения трехмерной компьютерной модели использовалась программа Amiga.

Мы проанализировали результаты органосохраняющих операций (лапароскопические и открытые резекции почек) у 131 пациента с диагнозом односторонняя опухоль почки. Больные методом случайной выборки были разделены на две группы:

1-я группа основная (n-92) с предварительным виртуальным планированием (моделированием) операции на почках с использованием данных МСКТ с контрастированием, которые обрабатывались с помощью программы для трехмерных объектов (Amiga).

2-я группа контрольная (n-49) без предварительного виртуального моделирования операции.

Для систематизации и стандартизации оценки опухоли почки, а также оптимизации выбора метода лечения и прогноза его исхода в обеих группах мы применили систему гео-

метрических характеристик – нефрометрическую оценку (R E N N A L). Каждый атрибут в нефрометрической оценке обозначается английскими буквами, которые вместе образуют аббревиатуру R.E.N.A.L.: (R)adius – размер опухоли в максимальном измерении; (E)xophytic/endophytic – экзофитный (экстра-ренальный) или эндофитный (интратенальный) характер роста опухоли; (N)earness – близость расположения наиболее центральной части опухоли к чашечно-лоханочной системе или синусу; (A)nterior(a)/posterior(p) – качественная характеристика расположения кпереди или кзади от фронтальной плоскости, делящей почку пополам; (L)ocation – отношение опухоли к так называемым полярным линиям (см. рис. 1). Из пяти компонентов четыре (R. E. N. L.) оцениваются по трехбалльной шкале. Пятый параметр (A.) описывает образование как расположенное преимущественно кпереди (a) или кзади (p) от фронтальной плоскости, делящей почку пополам. Суффикс (x) присваивается опухоли, для которой определение переднезаднего расположения невозможно. Дополнительный суффикс (h) используется для обозначения интрасинусного расположения опухоли. Данная система позволила оценить количественные характеристики опухоли, определить техническую возможность резектабельности почки и анатомическую сложность резекции. Образование с суммарной нефрометрической оценкой 4-6, 7-9 и 10-12 баллов классифицировалось как легкой, умеренной и сложной степени резектабельности соответственно [15].

В каждой группе пациентов исследовались такие интраоперационные показатели, как время ишемии почечной ткани, объем кровопотери, время операции, и определялась достоверность различий между двумя группами пациентов по данным показателям. В работе применялись методы описательной статистики. Уровень значимости различий между показателями был принят за  $p < 0,05$ . Для сравнения показателей в группах применены критерии Манна-Уитни и хи-квадрат.

**Результаты и обсуждение.** 131 пациент с диагнозом опухоль почки вошел в данное исследование. Больные, находящиеся на стационарном лечении в УКБ № 2 Первого МГМУ им. И.М. Сеченова в период с января 2011 года по сентябрь 2012 года, были распределены в основную и контрольную группы. Средний возраст пациентов основной группы 53 (30-73) года, в контрольной – 55 (32-72) лет. Не было выявлено достоверных различий между группами больных по возрас-

ту ( $p=0,122$ ) и нефрометрической оценке по индексу R E N N A L ( $p=0,217$ ).

Ни у одного из пациентов основной и контрольной групп на дооперационном этапе не было данных о наличии регионарного и отдаленного метастазирования, а также о наличии опухолевого тромба в венозной системе (табл. 1).

Таблица 1

Распределение больных по стадии Т в основной и контрольной группах наблюдения

Группы больных	Первичная опухоль (Т)			
	T1a (б)	T2	T3a	T4
Основная (n-92)	41 (3)	0	48	0
Контрольная (n-49)	31 (0)	0	18	0

Таким образом, в обеих группах пациентов выявлена первая стадия опухолевого процесса в почках.

В основной группе больных лапароскопическая резекция почки по поводу опухоли выполнена 34 пациентам, открытая – 58. В контрольной группе всем пациентам выполнена открытая резекция почки по поводу опухоли.

Мы сравнили в исследуемых группах интраоперационные показатели: время ишемии почечной ткани, объем кровопотери и время операции (табл. 2).

Таблица 2

Результаты статистического анализа интраоперационных показателей в основной и контрольной группах

Группы пациентов	Медиана времени ишемии почечной ткани, мин	Медиана объема кровопотери, мл	Медиана времени операции, мин
Основная (n-92)	14,5 (7,1-25,0)	400 (8-1160)	180 (102-251)
Контрольная (n-49)	15 (9,25-23,75)	500 (225-1050)	185 (125-267)
<i>p</i> *	0,985	0,004	0,239

\* Критерий Манна-Уитни.

Осложнения, которые развились в послеоперационном периоде и потребовали повторных оперативных вмешательств в объеме нефрэктомии в основной группе были у двух пациентов (2,2%) (один пациент с кровотечением из зоны резекции, второй с инфарктом почки), в контрольной группе у одного (2,0%) больного (кровотечение из зоны резекции). По одному пациенту из обеих групп наблюдения в ближайшем послеоперационном периоде выполнена успешная суперселективная эмболизация сегментарных почечных артерий вследствие кровотечения из зоны резекции, что не превышает 1-2%.

Медиана всех трех проанализированных интраоперационных показателей была ниже в основной группе пациентов (табл. 2).

Несмотря на отсутствие достоверных различий по времени ишемии почечной ткани во время резекции в обеих группах больных ( $p<0,985$ ), нам благодаря подробной информации об особенностях внутрпочечной анатомии опухоли, полученной при компьютерном моделировании в основной группе больных удалось выполнить операцию без перекрытия основного кровотока (zero ischemia) у большего числа пациентов 17 (18,5%) человек в основной группе; у 5 (10,2%) человек – в контрольной. Выполнение резекции почки без общей тепловой ишемии в основной группе у большего количества больных, по нашему мнению, стало возможным благодаря более детальному анализу особенностей внепочечной и внутрпочечной ангиоархитектоники, полученных при компьютерном моделировании. Мы считаем, что выполнение резекции

почки на фоне суперселективной деваскуляризации опухоли без общей тепловой ишемии органа не может не сказаться благотворным образом на дальнейшей функции почек и общем состоянии пациента, что особенно актуально у больных с сопутствующей хронической почечной недостаточностью. Однако это положение является предметом дальнейших отдаленных исследований функции почки у этой подгруппы пациентов, которые ведутся в нашем учреждении в настоящее время.

Статистически достоверные различия получены для объема кровопотери ( $p<0,004$ ) в исследуемых группах пациентов (табл. 2). Достоверно меньший объем кровопотери, полученный в группе пациентов с предварительным компьютерным моделированием резекции почки с опухолью, по нашему мнению, связан с более высокой информированностью хирурга об особенностях топографо-анатомических взаимоотношений опухолевого узла с магистральными и сегментарными почечными сосудами, а также с аортой и полой веной, рядом расположенными сосудистыми структурами (центральная вена надпочечника, яичковая (яичниковая) вена). Характеризуя в основной группе пациентов причину осложнений, которые потребовали повторных оперативных вмешательств на ней, необходимо отметить, что тяжесть предстоящей резекции и риск нефрэктомии у двух пациентов был достаточно высоким (нефрометрическая оценка R E N N A L 10p и 11xh соответственно). В то время как в контрольной группе тяжесть предстоящей резекции у больного с развившимся кровотечением в послеопераци-

онном периоде была средней (нефрометрическая оценка R.E.N.N.A.L. 8a). Однако следует отметить, что и в основной, и в контрольной группах пациентов, у которых развились данные осложнения в послеоперационном периоде, хирург стремился выполнить органосохраняющее пособие с учетом молодого возраста больных и наличия элективных показаний к резекции почки.

**Выводы.** Компьютерное моделирование – инновационное направление в подготовке хирурга к предстоящей операции. Виртуальное моделирование позволяет детально и поэтапно спланировать органосохраняющую операцию при опухоли почки и облегчить интраоперационную ориентировку хирурга, сведя к минимуму риск осложнений. Детальная информация об особенностях кровоснабжения почки, взаимоотношении опухоли с внутрипочечными анатомическими структурами

позволяет избежать во время операции различных непредвиденных ситуаций и применить индивидуальный анатомический подход в каждом конкретном случае, сведя к минимуму общую и угрожающую жизни кровопотери во время операции. Профилактика постишемических изменений в почке после ее резекции, основанная на знании подробностей внутрипочечной анатомии, полученной при компьютерном моделировании, может оказывать положительное влияние на функциональное состояние почки в отдаленном послеоперационном периоде.

Таким образом, в результате подробного анализа компьютерной модели патологического процесса каждого пациента в отдельности хирург делает операцию с точностью задуманного виртуального эксперимента, обеспечивая остающийся орган достаточным кровоснабжением и мочевыми путями.

#### *Сведения об авторах статьи:*

**Глыбочко Петр Витальевич** – профессор, член-корр. РАМН, ректор ГБОУ ВПО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России. Адрес: 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2.

**Аляев Юрий Геннадьевич** – профессор, член-корр. РАМН, директор НИИ Уронефрологии и репродуктивного здоровья человека, зав. кафедрой урологии ГБОУ ВПО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России. Адрес: 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2.

**Дзеранов Николай Константинович** – зав. отделом нефролитиаза НИИ Уронефрологии ГБОУ ВПО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России. Адрес: 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2.

**Хохлачев Сергей Борисович** – IT-технолог Технопарка. Адрес: г. Москва, ул. Большая Пироговская, 2 стр. 1.

**Фиев Дмитрий Николаевич** – врач уролог УКБ№2 ЛДОН№4 ГБОУ ВПО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России. Адрес: 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2. E-mail: fiev@mail.ru)

**Петровский Николай Валерьевич** – врач уролог УКБ№2 ГБОУ ВПО Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России. Адрес: 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2. E-mail: n\_petrovskiy@hotmail.com)

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Матвеев, Б.П. Клиническая онкоурология / Б.П. Матвеев. – М., 2003. – 26с.
2. Рекомендации Европейской ассоциации урологов// Рак почки. – 2010. – 6-8 с.
3. Органосохраняющие операции при опухоли почки: монография/ Ю.Г. Аляев [и др.]. – М.: Изд-во «ГЭОТАР-Медиа», 2009.
4. The accuracy of multidetector computerized tomography for evaluating tumor thrombus in patients with renal cell carcinoma/ TJ Guzzo [et al.] // J Urol. – 2009. – Feb;181(2):486-90; discussion 491. doi: 10.1016/j.juro.2008.10.040. Epub 2008 Dec 19.
5. Буцан, С. Б. Возможность 3D-моделирования в реконструктивной хирургии глазницы / С.Б. Буцан // Вестник офтальмологии. – 2012. - Т. 128, № 2. – С. 20-26.
6. Трехмерное моделирование в офтальмопластике / М.Г. Катаев [и др.] // Материалы III Евро-Азиатской конференции по офтальмохирургии. – 2003. – Ч.2. – С. 37-38.
7. Глушков, Н. И. Использование компьютерного моделирования для оптимизации хирургического лечения больных раком прямой кишки / Н.И. Глушков // Хирургия. Журнал имени Н. И. Пирогова. – 2011. – № 11. – С. 52-55.
8. Использование 3D моделирования в хирургии и анатомии / Симбирцев С.А. [и др.] // Вопросы реконструктивной и пластической хирургии. – 2003. – № 3. – С.49-51.
9. Кулаков, А. А. Клинические возможности применения трехмерного компьютерного моделирования для планирования имплантологического лечения пациентов с частичной или полной адентией в сложных анатомо-топографических условиях / А.А. Кулаков // Стоматология. – 2011. – Т. 90, № 2. – С. 28-37.
10. Anatomic renal artery branch microdissection to facilitate zero-ischemiapartial nephrectomy / K. Ng, Casey [et al.] // European Association of Urology. – 2012. – Vol. 61. – P. 67-74.
11. M. Pollari, M. Lilja, R. Flanagan, B. Kainz, J. Muehl, U. Mayrhauser, H., Portugaller, P. Stiegler, and K. Tscheliessnigg: Vessel Segmentation for Ablation Treatment Planning and Simulation / T. Alhonnoro [et al.] // In: MICCAI, LNCS. – 2010. – 6361. – P. 45-52.
12. Ukimura, O. Imaging-Assisted Endoscopic Surgery / O. Ukimura, I.S. Gill // Cleveland Clinic Experience, In: Journal Of Endourology. – 2008. - Volume 22, № 4.
13. Виртуальное хирургическое моделирование на основе данных компьютерной томографии / Федоров, В. Д. [и др.]. – Москва, 2003. 184 с.
14. Компьютерное моделирование в планировании органосохраняющих операций по поводу опухоли почек / Ю.Г. Аляев [и др.] // Медицинский вестник Башкортостана. – 2010. – №2. – С.29-35.
15. Kutikov, A. The R.E.N.A.L. Nephrometry Score: A Comprehensive Standardized System for Quantitating Renal Tumor Size, Location and Depth / A. Kutikov, R.G. Uzzo // J Urol. – 2009. – Sep;182(3):844-53. doi: 10.1016/j.juro.2009.05.035.