

## ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ ПРИ ОПУХОЛИ ПОЧКИ

**П. Глыбочко**, член-корреспондент РАМН, профессор,  
**Ю. Аляев**, член-корреспондент РАМН, профессор,  
**Н. Дзеранов, С. Хохлачев, Д. Фиев, Н. Петровский, Е. Сирота**  
 НИИ уронефрологии и репродуктивного здоровья человека,  
 кафедра и клиника урологии Первого МГМУ им. И.М. Сеченова  
**E-mail:** fiev@mail.ru

*Компьютерное моделирование при предоперационном планировании органосохраняющих операций в урологии позволяет определить оптимальные пути выполнения оперативного вмешательства, прогнозировать осложнения и заблаговременно предпринимать меры по их профилактике.*

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, виртуальное планирование операций, режим тканевой прозрачности, трехмерные объекты.

В последние годы в медицинскую практику стали широко внедряться виртуальные технологии, которые значительно повышают и позволяют эффективно планировать предстоящее оперативное вмешательство. Виртуальные технологии в современной хирургии реализуются благодаря 3-мерной обработке, как правило, первичных мультиспиральных компьютерных (МСКТ) и магнитно-резонансных (МРТ) томограмм органов и систем с контрастным усилением. Качество изображения улучшается с появлением новых быстрых методов сканирования с высокой разрешающей способностью, что существенно повышает уровень восприятия в 3D-изображении. Используемое программное обеспечение позволяет загружать разные данные в формате DICOM/PACS, в результате чего получается 3D-изображение в виртуальной реальности. В подготовительном режиме хирург может совершать действие на 3D-виртуальной модели пациента. Данные программные решения могут быть доступны на персональном компьютере (ПК) для сетевого пользования [1]. Используя виртуальные технологии во многих областях оперативной деятельности, хирурги как в нашей стране, так и за рубежом стали добиваться лучших результатов с наименьшим количеством осложнений [2–8], в том числе и в урологической практике [9]. Однако публикуемые за рубежом материалы по урологии, как правило, встречаются редко и включают небольшое количество наблюдений.

Мы располагаем собственным более чем 3-летним опытом применения в урологической практике современной компьютерной технологии – компьютерного моделирования (КМ) при опухолевом поражении почек [10–13]. Для получения 3-мерных объектов, с которыми можно производить различные виртуальные действия и таким образом на более высоком уровне готовиться к предстоящему оперативному вмешательству, используется различное программное обеспечение для ПК. Мы использовали программу Amira 5.4 (разработчик: (с) 1995–2013 Konrad-Zuse-Zentrum Berlin (ZIB); (с) 1999–2013 VSG) на ПК (лицензионное соглашение №257813956) для получения компьютерных моделей интересующей анатомической области из первичных данных МСКТ с контрастированием. От правильности выполнения МСКТ зависят точность

и безошибочность виртуальной 3D-модели, поэтому исследование должно проводиться по специальному протоколу, в котором оперирующий хирург определяет вопросы, ответы на которые необходимы для составления плана операции. Технология получения 3-мерных изображений органов достаточно сложна и трудоемка. Она требует подготовки специалиста компьютерных технологий и совместного с ним участия оперирующего хирурга и врача-рентгенолога в построении и анализе полученных 3-мерных моделей. Благодаря 3-мерному характеру получаемого изображения значительно улучшается пространственное восприятие отображаемого анатомического блока. Создаваемый при этом эффект послойной тканевой прозрачности обеспечивает оперирующего хирурга уникальными данными о взаимоотношении крупных внутриорганных сосудов с другими анатомическими структурами, а также о взаимоотношении данных анатомических образований с патологическими изменениями в них. Делая паренхиматозный орган как бы «стеклянным», мы видим внутри него сосуды, внутриорганные структуры и очаговые образования; понятно, что такое «видение» не дано хирургу даже в ходе реальной операции. Различным анатомическим структурам можно придавать ту или иную цветность (в соответствии с изображениями в анатомическом атласе), что улучшает наглядность и дифференцировку при восприятии (рис. 1).

Получаемые изображения могут быть представлены в виде 2-мерных построений в произвольной плоскости виртуального среза, а также в статичных и динамично вращаемых 3D-моделях [14]. Поворачивая трехмерно совмещенные изображения (3D-модель) в различных направлениях, удается получить точки обзора из различных ракурсов, даже недоступных хирургу во время операции (например, со спины). Помимо совмещения всех фаз контрастного усиления на одном интегральном изображении с патологическим процессом, данная инновационная методика дает возможность «вычитания» и «прибавления» этих фаз в соответствии с поставленными задачами (рис. 2).

Благодаря такому разделению 3-мерному сочетанию фаз контрастирования становится доступным детальный анализ топографо-анатомического взаимоотношения опухоли со всеми важными внутрпочечными анатомическими структурами (артерии, вены, мочевые пути).

При использовании цветного разрешения для нормальных анатомических и патологически измененных структур значительно облегчается их топографо-анатомическая дифференцировка [15, 16].



**Рис. 1.** КМ (вид спереди) опухолевого процесса в правой почке

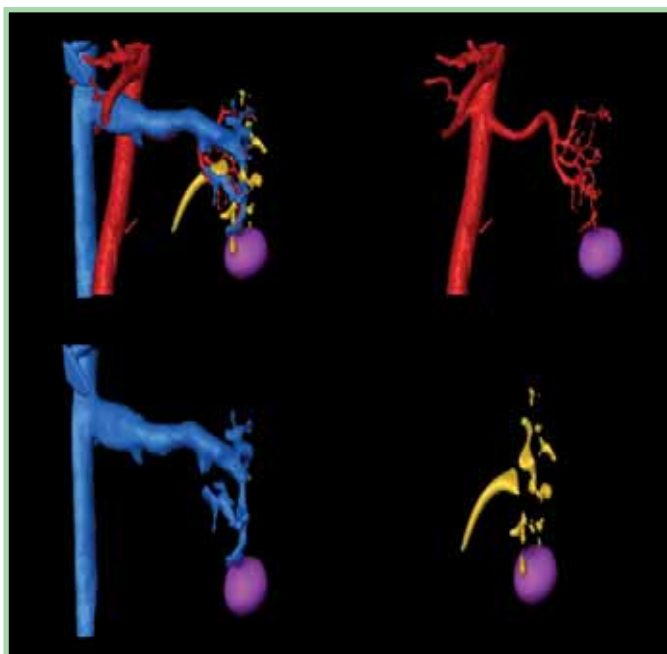


Рис. 2. КМ («вычитание» и «прибавление» фаз МСКТ почек)

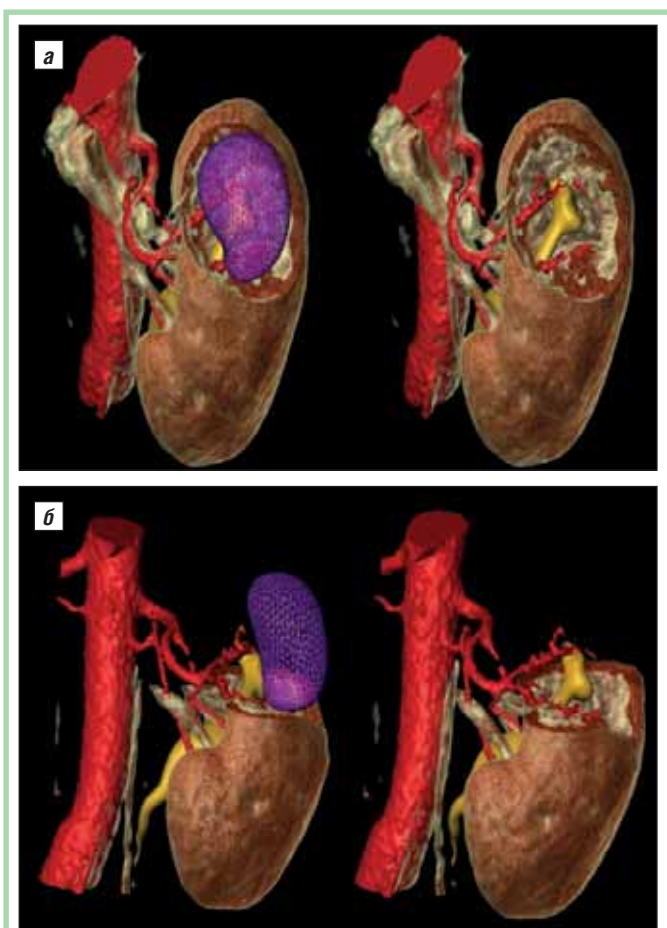


Рис. 3. КМ: а – виртуальная клиновидная резекция почки с опухолью с отображением «кратера резекции почки»; б – виртуальное плоскостное удаление паренхимы с опухолью с отображением «дна плоскости резекции почки»

Особенно важна указанная информация при органосохраняющих операциях при опухоли почки, нефрэктомии, так как еще до оперативного вмешательства хирургу нужно детально изучить особенности почечного магистрального кровоснабжения, чтобы не допустить фатального кровотечения во время операции.

При планировании органосохраняющего вмешательства разработана методика виртуального удаления опухоли, т.е. производится виртуальное «сечение» паренхимы в зависимости от поставленных задач: в виде клина, 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. 3).

Методика виртуального удаления опухоли, помимо информации о поврежденных сосудах раневой поверхности, позволяет судить о возможном наличии на дне плоскости резекции и элементов чашечно-лоханочной системы, вследствие чего удастся прогнозировать возможное их повреждение, побуждает хирурга к тщательной ревизии раны почки с поиском вскрывшихся мочевых путей и их ушиванием. Данный анализ рассматривается как мера профилактики развития мочевого свища в послеоперационном периоде.

В результате масштабного изучения нами установлены более частые, чем считалось ранее, anomalies развития почечных сосудов (табл. 1) [17].

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 (Аляев Ю.Г. и др., 2006), что требует индивидуального анатомического подхода в каждой конкретной ситуации. Помимо этого, проанализировав особенности рентгено-топографических взаимоотношений опухолевого процесса в почке при КМ, хирург стремится запланировать резекцию почки таким образом, чтобы выполнить ее в пределах здоровых тканей и обеспечить остающуюся паренхиму достаточным кровоснабжением и мочевыми путями.

С 2010 по 2013 г. виртуальное планирование операций при опухоли (злокачественной и доброкачественной) почки (почек) и забрюшинного пространства в нашей клинике выполнено 179 пациентам: 158 – при односторонней опухоли почки, 10 – при двусторонних; 8 – с опухолью единственной почки (в том числе 1 пациенту – с опухолью подковообразной почки), 2 пациентам – с забрюшинными опухолями и 1 – с мультифокальным опухолевым поражением почек (табл. 2).

По результатам морфологического исследования в гистологической структуре образований среди пациентов с односторонними опухолями почек в 88,1% случаев преобладала раковая опухоль (преимущественно почечноклеточный рак) – у 4 из 158 пациентов верифицирована аденокарцинома почки.

Таблица 1  
Распределение аномалий почечных сосудов в общей популяции

Аномалия	Все выявленные аномалии*, абс. (%)	Число обследованных, %
Почечные артерии	791 (84,6)	19,8
Почечные вены	100 (10,7)	2,5

Примечание. \*Аномалии почек и верхних мочевых путей выявлены у 935 (23,38%) из 4000 обследованных методом МСКТ.

Таблица 2

Морфологическая структура опухолей у пациентов с виртуальным КМ операций на почках (n=179)

Структура патологии	Образование		Число наблюдений
	доброкачественное	злокачественное	
Односторонняя опухоль почки (резекция)	17	85	102
Односторонняя опухоль почки (нефрэктомия)	2	54	56
Двусторонняя опухоль почки	3 (с 1 стороны)	7 (с 2 сторон)/ 3 (с 1 стороны)	10
Опухоль единственной почки	–	8	7 (+1 опухоль подковообразной почки)
Забрюшинное образование	2	–	2
Мультифокальное опухолевое поражение почек	–	1	1

В 11,9% случаев при односторонней опухоли почки был выявлен доброкачественный процесс. При двусторонних опухолях почек имелись схожие результаты гистологического исследования (как и при односторонней опухоли почки) – в 85% наблюдений встречался рак. При опухоли единственной почки рак выявлен у всех пациентов. При образованиях забрюшинного пространства в 1 наблюдении обнаружена гемангиома левого надпочечника, в другом – десмоидная опухоль забрюшинного пространства. В 1 наблюдении при мультифокальном опухолевом поражении почек выявлялась злокачественная опухоль (почечноклеточный вариант рака).

Необходимо отметить, что виртуальное планирование органосохраняющих операций, которые осуществляли открытым способом у больных с односторонней опухолью почки (n=102), выполнено у 65 пациентов, лапароскопическим – у 37.

Нами оценено влияние предоперационного виртуального КМ на результаты открытых органосохраняющих операций у 55 пациентов с односторонней опухолью почки (основная группа). Контрольную группу составили пациенты (n=50), которым выполнялась открытая операция по поводу односторонней опухоли почки без предварительного виртуального планирования операции. Пациенты, которым выполняли лапароскопические операции, были исключены из анализа ввиду

несбалансированности числа наблюдений (по количеству лапароскопических операций) в группах. Необходимо также отметить, что у пациентов как основной, так и контрольной группы опухолевый процесс в почке был в стадии T1-3aN0M0.

Мы сравнили такие интраоперационные показатели, как время ишемии почечной паренхимы за время резекции, объем интраоперационной кровопотери, время операции в основной и контрольной группах. Тяжесть предстоящего органосохраняющего оперативного вмешательства была оценена с

помощью нефрометрической шкалы RENAL. Данная система позволяет оценить количественные характеристики опухоли, определить техническую возможность резектабельности почки и анатомическую сложность резекции. Нефрометрическая оценка (RENAL), основанная на 5 наиболее воспроизводимых и значимых атрибутах, характеризует ключевые топографо-анатомические особенности опухолей почки в отношении их резектабельности, также применяется при нефрэктомиях [18].

Нефрометрическая оценка в контрольной группе основана на результатах УЗИ почек и данных МСКТ с контрастированием, в основной группе ее дополнительно уточняли при КМ; определяли достоверность различий между группами.

В работе применяли методы описательной статистики. Уровень значимости различий между показателями  $p \leq 0,05$ . Для сравнения показателей в группах применены критерии Манна–Уитни и  $\chi^2$ .

Средний возраст пациентов в основной группе составил 53,0 (30,0–69,0) года, в контрольной – 56,0 (32,0–71,0) года (без статистически значимых различий;  $p=0,082$ ).

В основной группе, несмотря на отсутствие значимых различий по показателю нефрометрической оценки RENAL ( $p=0,174$ ), преобладали пациенты с более высокими значениями нефрометрического балла, что позволяло предположить большую техническую сложность предстоящих резекций. На фоне этого медиана объема кровопотери в основной группе больных была <300 (81–1260) мл, т.е. ниже, чем в контроле – 500 (227–1505) мл (различия статистически достоверны:  $p=0,001$ ) (рис. 4).

Медиана времени операции в основной группе наблюдения была также меньше, чем в контроле: соответственно 180 (100–248) и 185 (125–266) мин. Однако достоверных различий для этого показателя ( $p=0,236$ ), а также для времени ишемии ( $p=0,676$ ) не было. Медиана времени ишемии почки в основной и контрольной группах составила 15 мин. В основной группе резекцию почки удалось выполнить без пережатия кровотока у 11,1% пациентов (в контрольной – вдвое реже: только у 4,2%). Тем не менее статистически значимых различий с наличием и отсутствием ишемии почки во время резекции в основной и контрольной группах не было ( $p=0,224$ ).

Полная информация об экстра- и интратанальной гемодинамике позволяет достоверно наложить зажим на сегментарную почечную артерию, питающую участок паренхимы с опухолью, внеоргано и выполнять резекцию без перекрытия основного кровотока, что служит профилактикой постишемических осложнений почки (рис. 5).

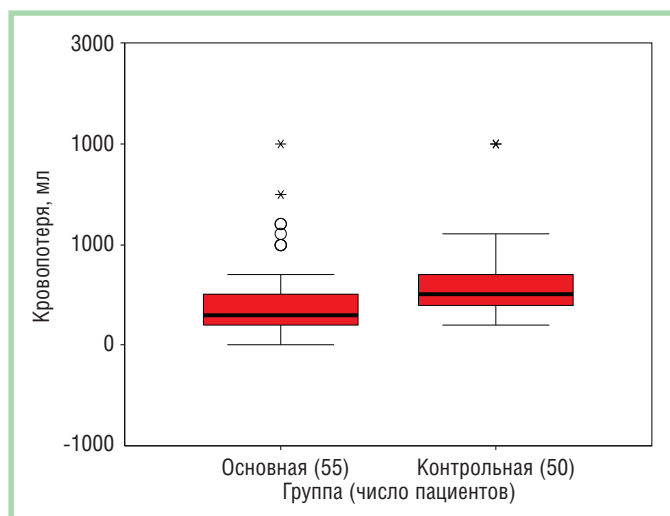
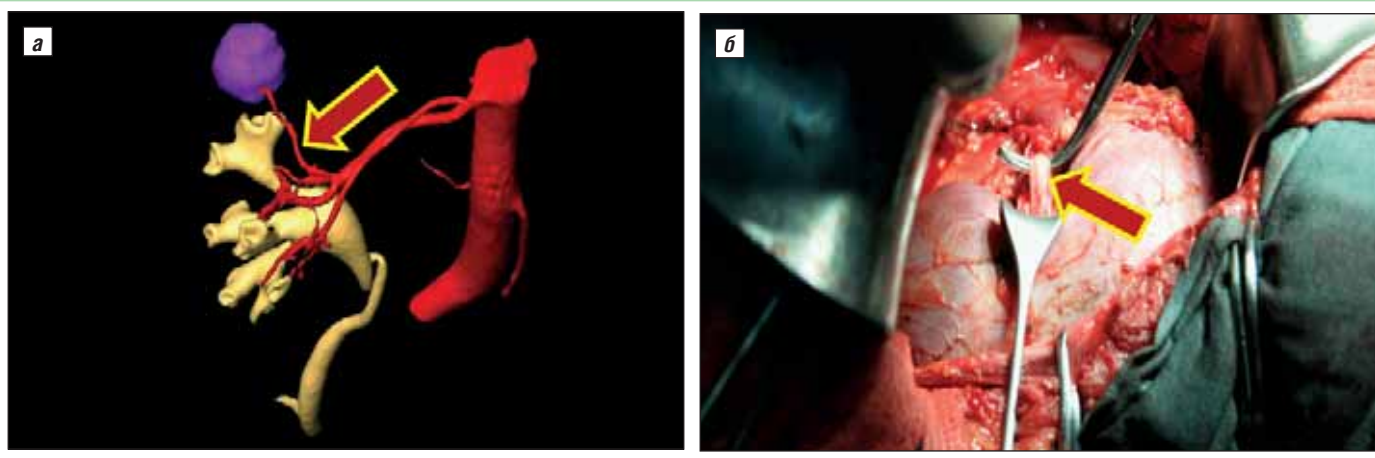


Рис. 4. Медиана объема кровопотери в основной и контрольной группах ( $p=0,001$ )





**Рис. 5.** Данные обследования пациентки Д., 46 лет: *а* – КМ (режим виртуального удаления паренхимы правой почки): видна (стрелка) верхняя сегментарная артерия, питающая зону опухоли; *б* – интраоперационная картина: сосудистый зажим наложен на верхнюю сегментарную почечную артерию (стрелка), установленную при КМ

Данная информация особенно полезна при выполнении резекции у больных с единственной и с единственно функционирующей почкой. Тем не менее необходимо отметить, что стремление к защите почки от тепловой ишемии путем селективной деваскуляризации (или пальцевого сдавления паренхимы почки с опухолью) не должно превышать риски интраоперационной геморрагии, т.е. при нормально функционирующей противоположной почке и технической сложности сегментарного пережатия почечного кровотока решение должно быть в пользу наложения зажима на магистральную почечную артерию во избежание фатального кровотечения во время резекции.

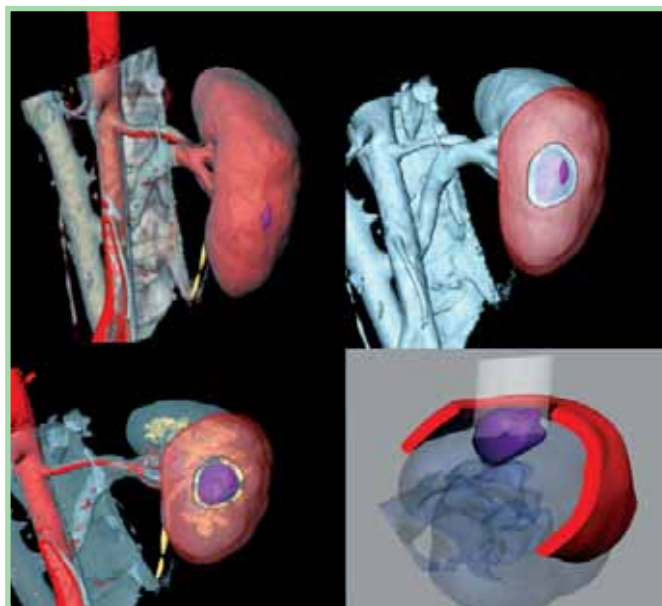
В планировании органосохраняющих вмешательств при опухоли почки мы применили так называемый рамочный стереотаксис у 24 пациентов. С помощью лазерной стереолитографии с использованием данных КМ реализована возможность изготовления полимерных индивидуальных шаблонов (навигаторов), применяемых интраоперационно и позволяющих четко наметить зону резекции на поверхности почки в пределах здоровых тканей, ориентируясь на внутренний край отверстия шаблона. Навигаторы применяются преимущественно в случаях, когда большая часть опухолевого узла находится внутри паренхимы почки (или практически полностью интратенально). Шаблон из полимерного материала накладывают на почку или часть ее и «переносят» внутренние очертания опухоли на наружную поверхность органа. При изготовлении виртуальной модели шаблона используют наружные интраоперационные ориентиры для точной адаптации навигатора к почке (почечные сосуды, неровности контура почки, лоханку, мочеточник и т.д.). Само собой разумеется, что каждый изготовленный на основе КМ навигатор является индивидуальным. Более того, виртуальная резекция может быть спланирована в разных вариантах, а окончательное решение об использовании того или иного навигатора (шаблона) принимается во время реальной операции (рис. 6).

Выполнение интраоперационного УЗИ у такой категории пациентов дает для хирурга лишь примерные ориентиры внутренних границ опухоли; выполнение резекции в такой ситуации сопряжено с риском оставления «положительного края», и в связи с этим – необходимостью повторных резекций с неоправданно лишним захватом здоровой ткани. «Дополнительные резекции» увеличивают риск интраоперационных

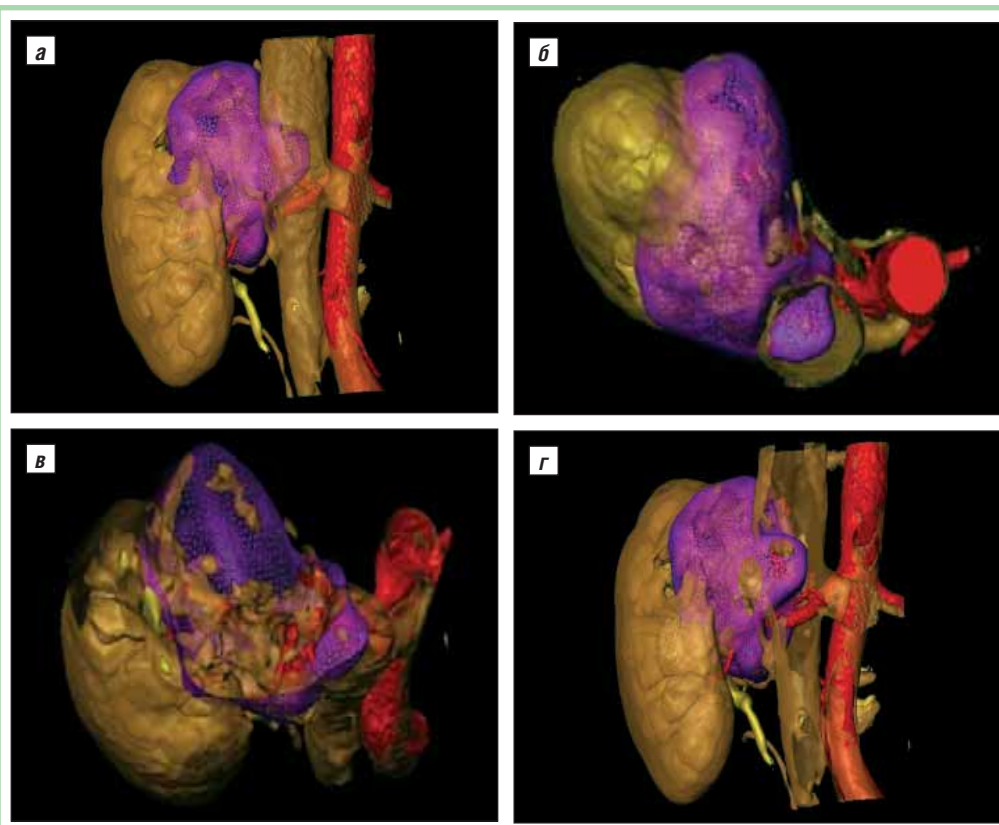
кровотечений, нефрэктомий, удлиняют время искусственной ишемии почки, увеличивают длительность наркоза, что отрицательно влияет на течение послеоперационного периода в целом. Все сказанное подчеркивает актуальность применения индивидуальных шаблонов для интраоперационной навигации.

КМ опухолевого процесса в почке и последующее планирование операций выполнено 56 пациентам (20 пациентам осуществлена лапароскопическая нефрэктомия, 36 – открытая нефрэктомия).

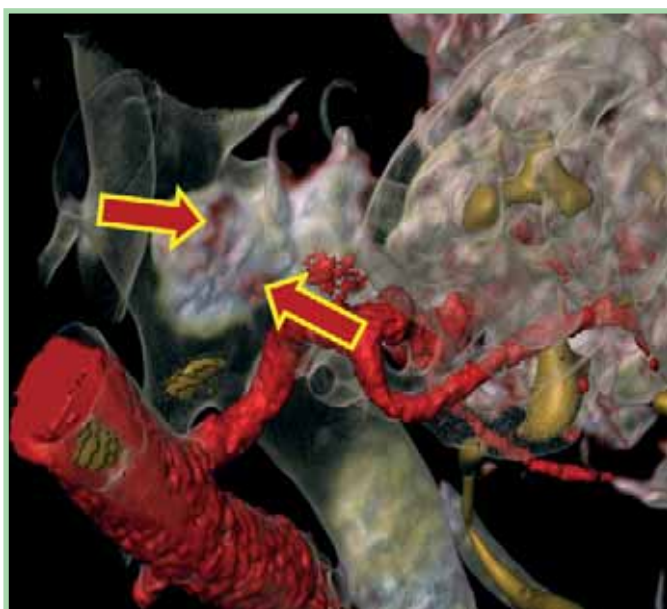
Нами выполнена оценка виртуального КМ при нефрэктомиях. Такие интраоперационные показатели, как объем кровопотери и время операции, были оценены в основной и контрольной группах больных, которым выполняли нефрэктомию по поводу опухоли. В исследование вошли пациенты того и другого пола в стадии опухолевого процесса T1-3aN0M0. Из анализа были исключены пациенты со стадиями T3b и T4 опухолевого процесса при нефрэктомии по поводу рецидива опухоли почки после резекции, а также с регионарными (N1-2)



**Рис. 6.** КМ индивидуального навигационного шаблона



**Рис. 7.** КМ при опухолевом венозном тромбозе («режим прозрачности»): а – вид спереди; б – вид сверху (виртуально удалена часть нижней полой вены выше уровня почечной вены – видна интракавальная часть опухолевого тромба); в – вид сверху и спереди (виртуально удалена часть нижней полой вены, аорты правой почки с опухолью на уровне правой почечной вены – видна часть опухолевого тромба в просвете почечной и нижней полой вен); г – вид спереди (виртуально удалена часть нижней полой вены во фронтальной плоскости – видна часть опухолевого тромба в просвете нижней полой вены и в устье правой почечной вены)



**Рис. 8.** КМ при опухолевом венозном тромбозе в нижнюю полую вену («режим прозрачности»), вид сзади (видна часть опухолевого тромба в просвете нижней полой вены; стрелками указаны места, подозрительные на инвазию в интиму задней стенки нижней полой вены)

и отдаленными (M1) метастазами. Таким образом, основную группу составили 40 больных, контрольную (без КМ) – 39.

Нефрометрическую оценку, а также статистические расчеты в основной и контрольной группах выполняли описанными методами в группе пациентов с органосохраняющими операциями.

Средний возраст больных основной группы составил 62,0 (39,0–76,0) года, контрольной – 57,0 (33,0–75,0) года (без статистически значимых различий;  $p=0,103$ ). В основной группе, в отличие от контрольной, преобладали пациенты с большими значениями нефрометрического балла (без статистически значимых различий;  $p=0,254$ ). Таким образом, группы пациентов были фактически сбалансированы по нефрометрической оценке. Необходимо отметить, что, несмотря на отсутствие статистически значимых различий между группами по объему кровопотери ( $p=0,169$ ) и времени операции ( $p=0,129$ ), медиана этих показателей была ниже в основной группе: соответственно 250 (5–1190) мл и 172 (100–273) мин, чем в контрольной и соответственно 300 (10–1000) мл и 180 (120–255) мин.

У 18 из 56 пациентов, которым выполнялось предоперационное КМ, предстояла «трудная» нефрэктомия. Это было обусловлено сомнительным техническим исполнением предстоящей операции из-за большого размера новообразования (и/или) распространенности опухолевого процесса (внутривенозная инвазия, регионарное метастазирование, выраженное эксцентричное направление роста опухоли). В 9 наблюдениях из 18 установлена опухолевая венозная инвазия (у 2 пациентов – в нижнюю полую вену). Режимы послойной тканевой прозрачности и виртуального удаления всей или части сосудистой стенки (почечной и нижней полых вен) с возможностью всестороннего изучения внутривенозного просвета при стадии T3b позволяют уточнить не только размеры и протяженность опухолевого тромба (рис. 7), но и взаимоотношение внутривенозных опухолевых масс с интимой почечной и нижней полой вен (рис. 8). Однако последнее положение требует более скрупулезного анализа на большем числе наблюдений.

КМ при опухолевой венозной инвазии с последующими виртуальными действиями показывает наличие или отсутствие врастания опухолевых масс в стенку вен, что определяет способ удаления тромба: при отсутствии признаков врастания – тромбэктомия, при их наличии – резекция стенки нижней полой вены с тромбом.

У 1 из 18 пациентов был метастаз в ипсилатеральный надпочечник (рис. 9).



У 1 пациентки из группы «трудных» нефрэктомий (n=18) был метастаз размером до 3,5 см в регионарный лимфатический узел. КМ (рис. 10) позволило всесторонне оценить особенности топографии увеличенного лимфатического узла и, ориентируясь на его верхний край, интраоперационно «выйти» на ретроаортную левую почечную вену.

Результат виртуального планирования операции – успешно выполненная, без осложнений нефрэктомия слева, парааортальная лимфаденэктомия при выраженном регионарном лимфогенном метастазе (см. рис. 10, б).

В остальных 7 наблюдениях из 18 опухолевый узел был размером от 9,0 до 17,0 см при преимущественно эксцентричном направлении его роста, что, как правило, стирало границы между соседними анатомическими структурами. Это обстоятельство не позволяло всецело воспринять и представить окончательную картину будущей интраоперационной ситуации, даже опираясь на данные МСКТ с контрастированием. Благодаря КМ, которое позволило получить подробную информацию об изменениях в окружающих почку структурах, прежде всего в магистральных сосудах в результате распространения опухоли, все операции выполнены без каких-либо осложнений.

Таким образом, при планировании «трудных» нефрэктомий, когда ставится под сомнение сам факт выполнимости операции из-за размеров образования и распространенности опухолевого процесса, КМ позволяет получить детальную информацию об особенностях топографо-анатомических изменений интересующей области.

Выполнив виртуально предстоящее оперативное вмешательство с помощью программы Amiga, хирург облегчает свои интраоперационные действия и таким образом сводит к минимуму число возможных осложнений. В пользу последнего говорят статистически значимо меньшие объемы кровопотери в группе пациентов с предварительным виртуальным КМ органосохраняющих оперативных вмешательств при опухоли почек (p=0,001), а также меньшая медиана объема кровопотери в группе пациентов с КМ нефрэктомий. Другими словами, виртуальное моделирование помогает прогнозировать осложнения и заблаговременно предпринимать меры по их профилактике, планировать оптимальные пути выполнения оперативного вмешательства. По нашему собственному опыту, виртуальное планирование операций при опухолях почек становится важ-

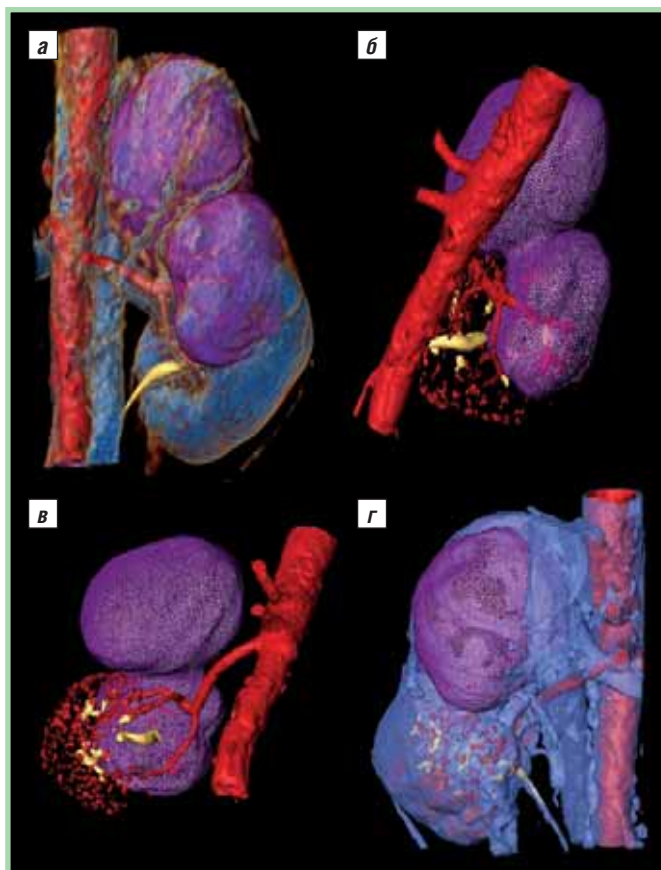


Рис. 9. КМ при большой опухоли правой почки с метастазом в инсультаральный надпочечник: а–г – разные режимы КМ

ным и неотъемлемым этапом в их предоперационной подготовке; в ряде случаев оно должно быть включено в стандарт обследования. Последнее обстоятельство продиктовано тем, что максимальная информация о персонифицированной топографии патологических изменений интересующей анатомической области жизненно необходима для осуществления порой рискованной, но крайне необходимой операции.

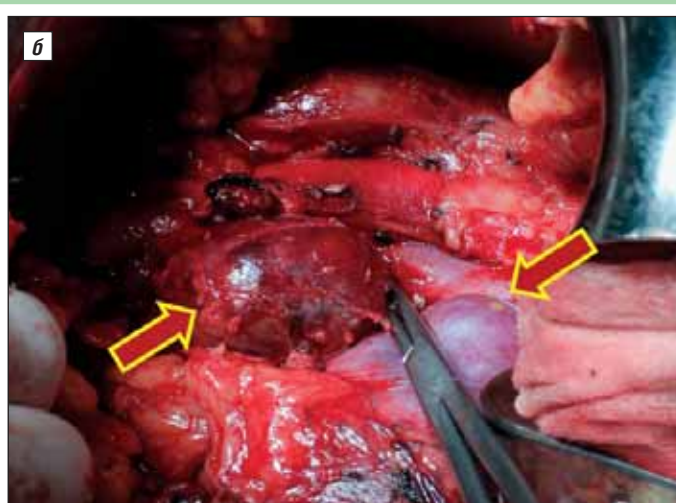
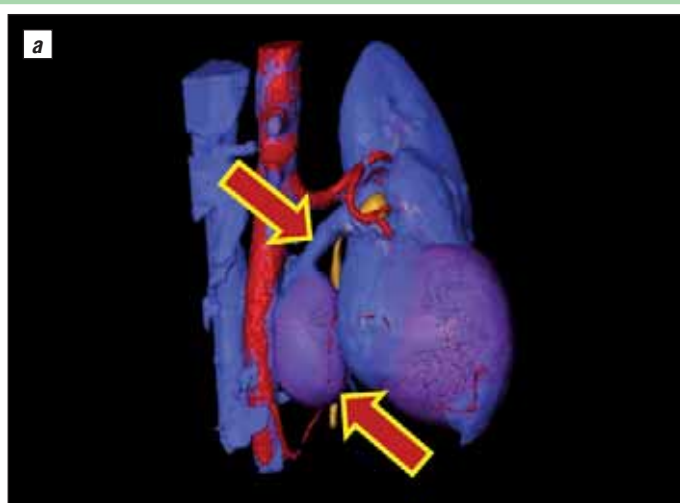


Рис. 10. КМ пациентки М., 47 лет; а – вид почки спереди (стрелками здесь и в части б указаны увеличенный парааортальный лимфатический узел и ретроаортная левая почечная вена); б – интраоперационная картина

## Литература

1. Foo J., Lobe T., Winer E. A virtual reality environment for patient data visualization and endoscopic surgical planning // J. Laparoendosc. Adv. Surg. Tech. A. – 2009; 19 (1): 211–7.
2. Буцан С.Б. Использование спиральной компьютерной томографии для трехмерного компьютерного моделирования при планировании хирургического лечения дефектов и деформаций лицевого скелета // Вестн. рентгенол. и радиол. – 2009; 1 (3): 10–5.
3. Yamada S., Masahira N., Ikawa N. et al. Preoperative surgical approach planning for metastatic pituitary stalk tumor using multimodal fusion imaging in a neuronavigation system-case report // Neurol. Me. Chir. (Tokyo). – 2010; 50 (3): 259–63.
4. Fang C., Liu Y., Tang Y. et al. Establishment of a three-dimensional pancreas model for simulating surgical resection of pancreatic tail carcinoma using virtual-reality technique // Nan Fang Yi Ke Da Xue Xue Bao. – 2008; 28 (6): 926–9.
5. Lin K., Liu J., Zeng J. et al. Study on virtual liver surgery planning applied to hepatic resection // Zhonghua Wai Ke Za Zhi. – 2010; 48 (3):185–8.
6. Pandey A., Vapuraj J., Gupta A. et al. Is there a role for virtual otoscopy in the preoperative assessment of the ossicular chain in chronic suppurative otitis media? Comparison of HRCT and virtual otoscopy with surgical findings // Eur. Radiol. – 2009; 19 (6): 1408–16.
7. Fuchs J., Warmann S., Szavay P. et al. Three-dimensional visualization and virtual simulation of resections in pediatric solid tumors // J. Pediatr. Surg. – 2005; 40 (2): 364–70.
8. Tomikawa M., Hong J., Shiotani S. et al. Real-time 3-dimensional virtual reality navigation system with open MRI for breast-conserving surgery // J. Am. Coll. Surg. – 2010; 210 (6): 927–33.
9. Lasser M., Doscher M., Keehn A. et al. Virtual surgical planning: a novel aid to robot-assisted laparoscopic partial nephrectomy // J. Endourol. – 2012; 26 (10): 1372–9.
10. Аляев Ю.Г., Терновой С.К., Ахвледзиани Н.Д. и др. Инновационная диагностика урологических заболеваний // Врач. – 2010; 6: 2.
11. Аляев Ю.Г., Терновой С.К., Хохлачев С.Б. и др. Компьютерное моделирование в планировании органосохраняющих операций по поводу опухоли почки // Мед. вестн. Башкортостана. – 2010; 2: 29–35.
12. Аляев Ю.Г., Ахвледзиани Н.Д., Фиев Д.Н. и др. Возможности методов визуализации в диагностике и мониторинге опухоли почки // Эксп. и клин. уrol. – 2011; 2–3: 96–7.
13. Аляев Ю.Г., Фиев Д.Н., Петровский Н.В. и др. Использование интраоперационной навигации при органосохраняющих хирургических вмешательствах по поводу опухоли почки // Онкоурология. – 2012; 3: 31–6.
14. Федоров В.Д. и др. Виртуальное хирургическое моделирование на основе данных компьютерной томографии / М., 2003; с. 184.
15. Fuchs J., Warmann S., Szavay P. et al. Three-dimensional visualization and virtual simulation of resections in pediatric solid tumors // J. Pediatr. Surg. – 2005; 40 (2): 364–70.
16. Слободской А.Б. Трехмерное моделирование репозиции отломков при переломах длинных трубчатых костей / Саратов: ИЦ «НАУКА», 2012; с. 18–9.
17. Аляев Ю.Г., Сеницын В.Е., Рапопорт Л.М. и др. Заболевания аномалийных почек и верхних мочевых путей / М., 2007.
18. Kutikov A., Uzzo R. 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.

### VIRTUAL SIMULATION OF SURGERY FOR KIDNEY TUMOR

Professor **P. Glibochko**, MD, Correspondent Member of the Russian Academy of Medical Sciences; Professor **Yu. Alyaev**, MD, Correspondent Member of the Russian Academy of Medical Sciences; **N. Dzeranov**; **S. Khokhlachev**; **D. Fiev**; **N. Petrovsky**, **E. Syrota**  
Research Institute of Urology and Human Reproductive Health, Department and Clinic, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University

*Computer simulation in the preoperative planning of organ-sparing urologic surgery makes it possible to define the most optimal ways of surgical intervention, to predict complications, and to undertake measures for their prevention in advance.*

**Key words:** computer simulation; virtual planning of operations; tissue transparency regimen; three-dimensional objects.

## ОСТЕОАРТРОЗ: СОВРЕМЕННЫЕ КОНЦЕПЦИИ И РОЛЬ МЕТАБОЛИЧЕСКИХ НАРУШЕНИЙ В ПОВРЕЖДЕНИИ СУСТАВНЫХ КОМПОНЕНТОВ

**Л. Широкова**<sup>1</sup>, доктор медицинских наук,

**М. Мокроусова**<sup>1</sup>, **С. Симионова**<sup>2</sup>,

**К. Широкова**<sup>1</sup>, **Р. Буланов**<sup>3</sup>, **Е. Андрейченко**<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ярославская государственная медицинская академия

<sup>2</sup>Филиал ОАО «РЖД–Здоровье» санаторий-профилакторий

«Железнодорожник», Ярославль

<sup>3</sup>Клиническая больница №3, Ярославль

**E-mail:** Larshir@gmail.com

*Анализируются современные концепции патогенеза остеоартроза (ОА) и роль нарушений метаболизма в повреждении структур сустава. Обсуждаются возможные пути повышения эффективности фармакотерапии ОА.*

**Ключевые слова:** остеоартроз, патогенез, метаболические нарушения, провоспалительные и анаболические цитокины, фармакотерапия.

Последняя четверть XX века убедительно показала, что болезни костей и суставов занимают все большее место в патологии людей старше 50 лет. Остеоартроз (ОА) — одно из наиболее часто встречающихся заболеваний, на его долю приходится 60–70% всех ревматических болезней [8]. Распространенность ОА среди населения земного шара достигает 20%, а рентгенологические признаки заболевания выявляются по меньшей мере у 50% лиц старше 65 лет. Частота ОА увеличивается с возрастом; в старшей возрастной группе (75–90 лет) ОА диагностируется приблизительно у 85% населения. При этом ОА является одной из самых частых причин инвалидизации больных [1, 6]. Именно этим можно объяснить большой интерес к изучению патогенеза, особенностей течения различных вариантов ОА, поиску новых возможностей эффективной терапии этого заболевания.

При кажущейся локальности эта болезнь является системной с точки зрения вовлечения в патологический процесс всех структур сустава и отдельных его составляющих [7], включая синовиальную оболочку, субхондральную кость, суставную капсулу, внутрисуставные связки и околосуставные мышцы. Уже на ранних этапах развития этого патологического процесса наблюдаются в той или иной степени рецидивирующий синовит, дегенерация хряща с уменьшением его объема, а позже — костное ремоделирование, склероз суставной капсулы, дегенерация мениска, периартикулярная мышечная атрофия [2, 15].

ОА возникает в результате взаимодействия механических и биологических факторов. Этот процесс начинается как изменения в хряще или в субхондральной кости в результате либо заболевания внутри самих этих тканей (например, генные дефекты коллагена 2-го типа — охроноз), либо внешнего аномального механического стресса (например, при нестабильности сустава, повышенной нагрузке, травмах).