

Ю.Г. Аляев, С.К. Терновой, С.Б. Хохлачев, Н.Д. Ахвледиани, М.Н. Нагорный, Д.Н. Фиев
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПЛАНИРОВАНИИ
ОРГАНОСОХРАНЯЮЩИХ ОПЕРАЦИЙ ПО ПОВОДУ ОПУХОЛЕЙ ПОЧКИ
Московская медицинская академия им. И.М. Сеченова, г. Москва

Мы внедрили в клиническую практику компьютерное моделирование опухолевого процесса в почках на основе данных мультиспиральной томографии. Данная методика позволяет совмещать все фазы исследования на одном интегральном изображении и обеспечивает хирурга необходимой информацией, что повышает вероятность выполнения успешных органосохраняющих операций. Благодаря специальному программному решению хирург и рентгенолог совместно со специалистом по компьютерным технологиям до операции выполняют ее "виртуально", обеспечивая тем самым надежность предстоящих реальных оперативных действий. Мы располагаем опытом применения компьютерного моделирования при органосохраняющих операциях на почках у 13 пациентов в возрасте от 56 до 68 лет, в стадии заболевания T1-T3N0M0. Путем сравнения данных компьютерного моделирования и интраоперационной картины мы получили совпадение всех данных у 12 больных. У одного пациента данные не совпали, а ретроспективная оценка этого наблюдения показала, что недооценка распространенности процесса была обусловлена не недостатком метода, а ошибочной интерпретацией результатов компьютерной томографии.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, мультиспиральная томография, органосохраняющие операции.

U.G. Alayev, S.K. Ternovoy, S.B. Khokhlachov, N.D. Akhvlediani, M.N. Nagorny, D.N. Fiyev
COMPUTER MODELING IN NEPHRONSPARING SURGERIES SCHEDULING
FOR KIDNEY TUMORS

Computer simulation of kidney tumor based on multidetector tomography (MDCT) was introduced by us into clinical practice. This method allows you to combine/visualise all the phases of multislice/multilayer computer tomography on an integral image and provides the surgeon with the necessary information, which increases the likelihood of successful implementation nephronsparing surgery. With the special software solution the surgeon and radiologist in collaboration with a computer technologies specialist perform the operations in the "virtual" mode before it is done, thus ensuring reliability of the upcoming real action. We have experience in using computer simulation in partial nephrectomy on kidneys with 13 patients aged from 56 to 68 years in the disease stage T1-T3N0M0. Comparative assessment of the computer modeling data and intraoperative pictures of 12 patients revealed the same clinical presentation. One of the 13 patient's data differed, but a retrospective evaluation of this observation showed that the underestimation of the prevalence of the process was not due to a drawback of the method, but rather incorrect interpretation of the MDCT results.

Key words: Computer simulation, multislice computer tomography, nephronsparing surgeries.

По нашим сведениям процент успешных органосохраняющих вмешательств, при локализованном почечно-клеточном раке, не превышает 40. Это связано с тем, что техническая выполнимость резекции органа вытекает из данных о размере, расположении и направлении роста новообразования, соотношения его с магистральными и внутрипочечными сосудами, а также чашечно-лоханочной системой [1]. Применение мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) с контрастированием, с возможностью мультипланарных реформаций, с трехмерным построением, отчасти позволило решить проблему дефицита информации на дооперационном этапе. Однако, значительным недостатком данного исследования является получение разобщенных сведений по артериальной, паренхиматозной, венозной и экскреторной фазам визуализации, что не позволяет произвести всестороннюю оценку внутрипочечной анатомии опухолевого процесса. Оперирующий хирург не имеет информации о том, чем же будет представлено так называемое дно зоны резекции, не возникнет ли массивное кровотечение после восстановления почечного кровотока и

не произойдет ли обширное повреждение элементов чашечно-лоханочной системы, что обусловит высокую вероятность образования мочевого свища.

Материал и методы

Благодаря современным программным решениям, позволяющим провести постпроцессинговую обработку получаемых при МСКТ изображений, нами в клиническую практику внедрено компьютерное моделирование патологического процесса при опухоли почки (номер государственной регистрации 01201052373; «Разработка новых методов визуализации для планирования операций при заболеваниях почек»). Данная методика визуализации предоставляет возможность совмещать все фазы исследования на одном интегральном изображении, что обеспечивает необходимой информацией оперирующего хирурга и повышает вероятность выполнения органосохраняющей операции.

Компьютерное моделирование базируется на обработке данных МСКТ с помощью специального РС-ориентированного программного обеспечения. Благодаря данному программному решению оперирующий хи-

рург и врач рентгенолог совместно со специалистом по компьютерным технологиям на дооперационном этапе «выполняют» предстоящую операцию виртуально. Программа позволяет: 1) совмещать различные фазы МСКТ между собой и с патологическим процессом, производя при этом «вычитание» и «прибавление» этих фаз в соответствии с поставленными задачами; 2) варьировать прозрачность паренхимы, с визуализацией внутривисцеральных сосудов, мочевых путей и определять их взаимоотношение с опухолевым узлом; 3) точно локализовать опухоль и установит направление ее роста, а также структуру кратера почки после виртуального удаления новообразования; 4) поворачивать трехмерно совмещенные изображения в различных направлениях, получая точки обзора из различных ракурсов; 5) делать получаемые анатомические блоки цветными в соответствии с изображениями в атласе, что значительно улучшает восприятие получаемых объектов.

Мы располагаем опытом применения компьютерного моделирования при органосохраняющих операциях на почках у 13 пациентов в возрасте от 56 до 68 лет. У 10 человек диагностирована опухоль почки в стадии T3aN0M0, у двух больных опухоль единственной почки в стадии T3aN0M0 и T1aN0M0 соответственно. У одного пациента синхронный рак почки в стадии T3aN0M0. Всем больным на дооперационном этапе на основе данных МСКТ выполнено компьютерное моделирование опухолевого процесса с последующим выполнением виртуальных оперативных действий.

Результаты

Путем сравнения данных компьютерного моделирования и интраоперационной картины мы получили совпадение всех данных у 12 больных. У всех этих пациентов метод позволил достаточно подробно изучить особенности как внутриорганной, так и внеорганной сосудистой системы почек, топографоанатомические взаимоотношения опухоли с наиболее важными сосудистыми структурами (аортой, нижней полой веной, почечной ножкой), внутри- и внепочечными мочевыми путями, а также окружающими органами. Данная информация значительно облегчила интраоперационные действия хирурга, благодаря подробным топографическим знаниям интересующей анатомической зоны. Помимо этого результаты компьютерного моделирования позволили спрогнозировать возможные осложнения и спланировать ход предстоящей операции таким образом, чтобы предотвра-

тить их развитие. У одного пациента с опухолью перешейка подковообразной почки предоперационная интерпретация местной распространенности процесса была значительно ниже, чем оказалось во время операции. Ретроспективная оценка этого наблюдения показала, что недооценка распространенности процесса была обусловлена не недостатком метода, а ошибочной интерпретацией данных МСКТ.

Весьма важными данные компьютерного моделирования могут представляться у пациентов с абсолютными показаниями к органосохраняющей операции. Это группы больных с опухолью единственной почки, множественными опухолевыми узлами в почке и с двухсторонними почечными новообразованиями. Только активная хирургическая тактика у этой категории больных позволяет добиться продления их жизни, а в ряде наблюдений излечения [2]. Результаты таких вмешательств оказываются вполне удовлетворительными [3].

У пациентов с опухолью единственной почки подробная информация об особенностях интересующей анатомической зоны до операции, полученная по данным компьютерного моделирования, имеет жизненно важное значение. Указанные сведения позволяют спланировать возможность проведения оперативных действий на фоне селективного выделения и пережатия ветви почечной артерии, питающей опухоль, что является мерой профилактики развития острой почечной недостаточности. Высокая угроза перевода пациентов данной группы в ренопривное состояние делает необходимым выполнение деликатных хирургических манипуляций, что становится осуществимо с достаточной гарантией благодаря компьютерному моделированию.

В качестве иллюстративного примера приводим клиническое наблюдение пациентки К., 57 лет с конкрементом и опухолью единственной левой почки в стадии T3aN0M0. В 1979 году больной выполнена нефрэктомия справа по поводу гидронефроза. При плановом УЗИ в конце 2008 года случайно выявлено новообразование единственной левой почки размером до 5,0 см. Консультирована и госпитализирована в урологическую клинику ГОУ ВПО ММА имени И.М. Сеченова, для обследования и определения тактики лечения.

При ультразвуковом исследовании ложе удаленной правой почки без патологических изменений. В нижнем сегменте левой почки, на $\frac{1}{2}$ интраренально, определяется округлое

объемное образование, размерами 5,7 x 5,2 см., вдающееся в почечный синус. В проекции нижней чашечки, прилегая к опухоли, визуализируется гиперэхогенная структура, размером до 0,7 см., с акустической дорожкой (рис. 1).

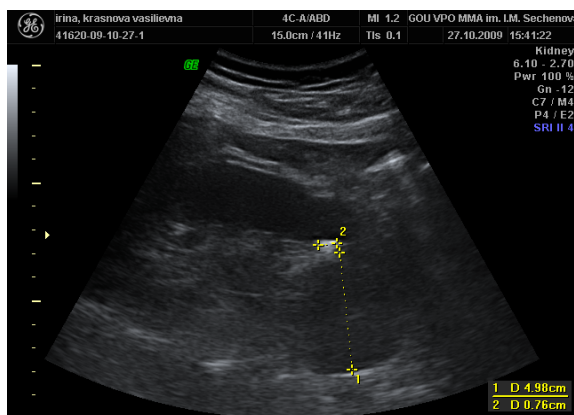


Рис. 1. Ультразвуковая картина почки с опухолью (1) и камнем (2) больной К.

При МСКТ с контрастированием ложе удаленной правой почки без патологических изменений. В среднем и нижнем сегменте левой почки, преимущественно по передней поверхности, определяется образование размерами 6,2 x 6,7 x 6,0 см. с неровными нечеткими контурами неоднородной структуры, активно и неравномерно накапливающее контрастный препарат (от 25 ед. Н в нативную фазу до 137 ед. Н в артериальную фазу). Опухоль проникает в синус на 25 мм. Нижняя чашечка четко не определяется. Образование локализовано в непосредственной близости от нижней сегментарной ветви почечной артерии. К магистральному стволу почечной артерии опухолевая структура не прилежит. В средней чашечке определяется конкремент 0,5 см. (рис. 2,3).

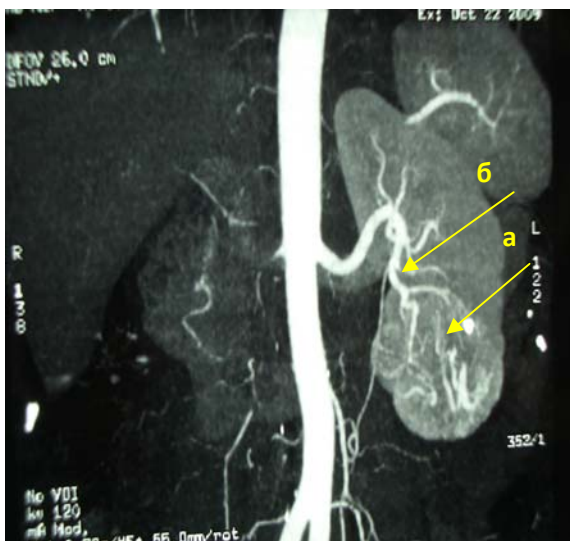


Рис. 2. МСКТ с контрастированием (артериальная фаза). Стрелками указаны опухоль нижнего и частично среднего сегментов почки (а), а также ветвь нижней сегментарной артерии (б).



Рис. 3. МСКТ с контрастированием (паренхиматозная фаза). Стрелкой указана опухоль, занимающая нижний и часть среднего сегментов почки.

Наличие опухоли единственной почки определило абсолютные показания к органосохраняющему пособию. Однако, принимая во внимание локализацию (глубина проникновения в синус и тесная связь с магистральными сосудами) и размеры опухоли, выполнение резекции почки представлялось технически крайне сложным, в связи с этим запланированное пособие принимало характер операции «отчаяния». В то же время, только оперативное лечение позволяло надеяться на избавление пациентки от опухоли и продление ее жизни.

Для уточнения особенностей взаимоотношения патологического процесса с почечными и околопочечными анатомическими структурами и улучшения результатов предстоящей операции осуществлено компьютерное моделирование патологического процесса на основе данных МСКТ с контрастированием, с последующим выполнением виртуальных действий. Важной информацией, полученной при данном исследовании, было выявление дополнительного сосудистого пучка идущего к нижнему сегменту почки, где располагается опухоль. Причем артериальный компонент его был представлен двумя веточками, отошедшими от основного ствола почечной артерии (рис. 4).

При использовании режима, позволяющего делать изображение паренхимы прозрачным, была получена подробная информация об особенностях интраорганного кровоснабжения почки. Установлено, что передняя ветвь нижней сегментарной артерии идет к передней части нижнего сегмента кровоснабжая его и опухоль, а задняя, - к задней части

нижнего сегмента. Вена, идущая от нижнего сегмента, идет параллельно передней веточки нижней сегментарной артерии. Так же важно, что лоханка с верхней третью мочеточника располагаясь позади пучка нижних сегментарных сосудов почки, стала ориентиром для их поиска (рис. 5).

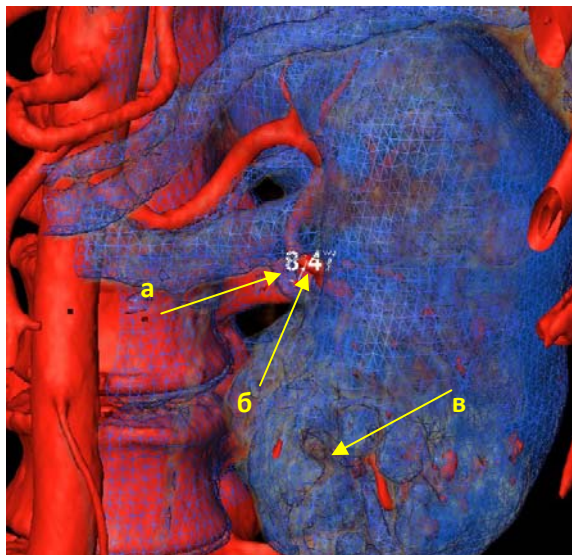


Рис. 4. 3-D модельное построение (а - вена в сосудистом пучке от нижнего сегмента почки; б - передняя ветвь нижней сегментарной артерии; в - опухоль почки; расстояние между артерией и веной 0,84 см.).

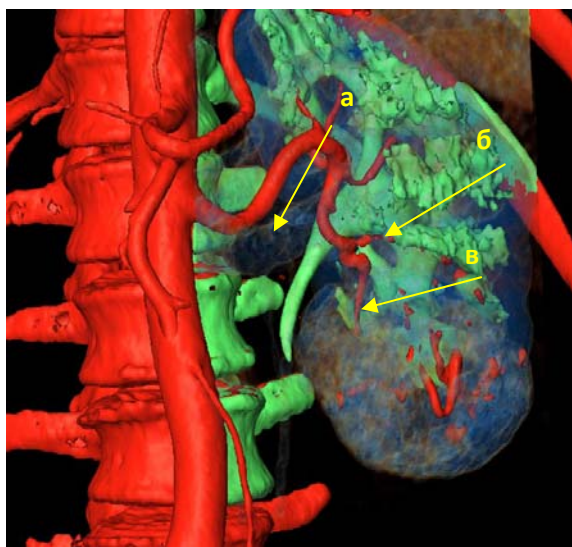


Рис. 5. 3-D модельное построение (а - основной ствол почечной вены; б - задняя ветвь нижней сегментарной артерии; в - передняя ветвь нижней сегментарной артерии).

Опухоль, согласно результатам 3-D моделирования располагается на передней поверхности нижнего сегмента почки, ближе к ее медиальному краю (рис. 6, 7). Полученная информация о расположении опухоли позволила с достаточной точностью предположить выполнение передней фронтальной резекции.

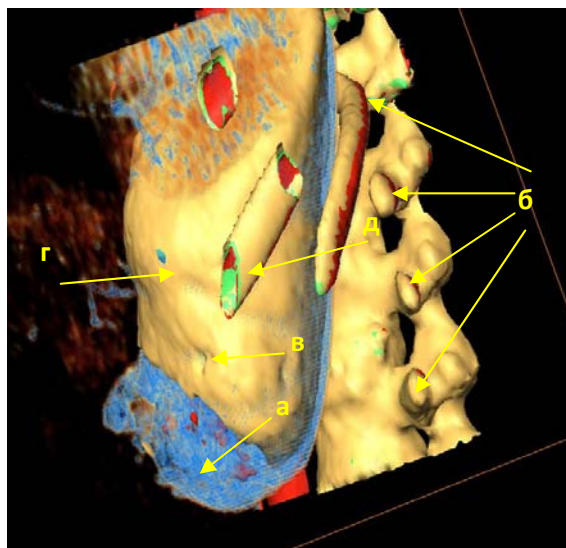


Рис. 6. 3-D модельное построение - вид на почку со стороны латеральной поверхности (а - опухоль располагается по передней поверхности почки в нижнем сегменте; б - левые поперечные отростки поясничных позвонков; в - латеральная поверхность почки; г - передняя поверхность почки; д - задняя поверхность почки).

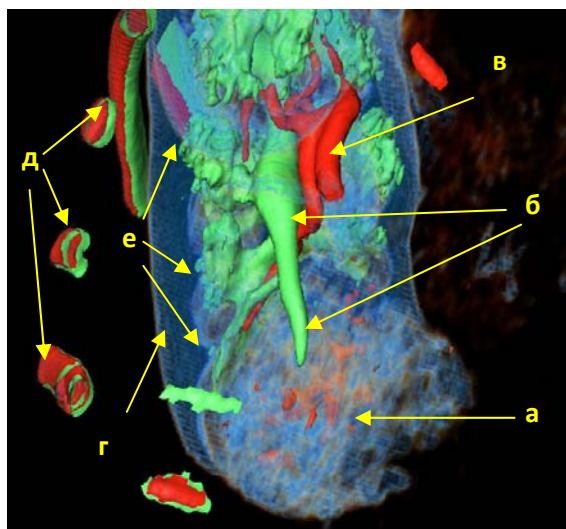


Рис. 7. 3-D модельное построение - вид на почку с медиальной поверхности, со стороны ворот почки (а - опухоль почки; б - лоханка и мочеточник; в - передняя поверхность почки; г - задняя поверхность почки; д - элементы ребер; е - группы чашечек).

На рисунках 8 и 9 представлены раневая поверхность и вид культи почки после ее виртуальной передней фронтальной резекции. Также, после виртуального удаления опухолевого узла, заранее спланирован способ гемостаза и ушивания раневой поверхности органа.

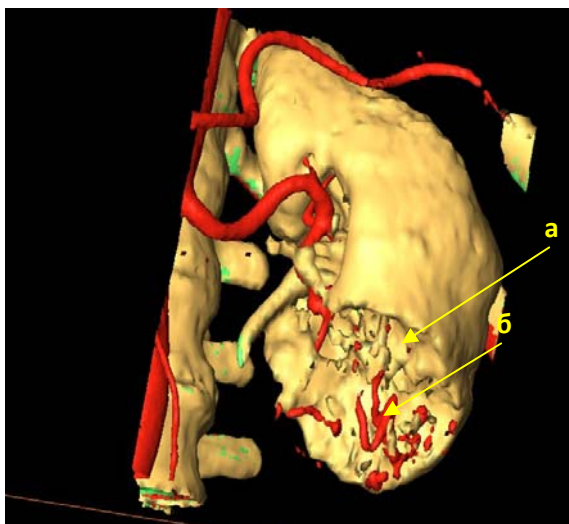


Рис. 8. 3-D модельное построение - вид на почку спереди (а – резецированная поверхность, «кратер опухоли»; б – сосуды лежащие на дне зоны резекции).



Рис. 9. 3-D модельное построение - вид на почку с латеральной поверхности (а - культя оставшейся части паренхимы после резекции; б - направление закрытия культей паренхимы раневой поверхности).

Таким образом, получив подробную информацию об интересующей зоне предстоящей операции, было решено первым этапом выполнить мобилизацию лоханки, чтобы затем выйти на нижний сегментарный сосудистый пучок. Данный сосудистый пучок решено было выделить, пережать, пересечь и лигировать, после чего произвести переднюю фронтальную резекцию. Принимая во внимание единственную левую почку, для профилактики почечной недостаточности, все манипуляции было запланировано осуществлять без пережатия магистральных почечных сосудов. Заднюю ветвь нижней сегментарной артерии решено сохранить, ввиду того, что она кровоснабжает заднюю часть нижнего сегмента, не пораженную опухолью, и которая станет частью культи паренхимы, для закрытия раневой поверхности после передней фронтальной резекции.

28.10.2009 г. операция была выполнена с точностью поставленного эксперимента. На рисунке 10 представлена интраоперационная картина выделенных структур почечной ножки и зоны опухоли в сопоставлении с данными 3-D построения.

По передне-медиальной поверхности в нижнем сегменте определяется овальной формы образование (до 6,0 см. в диаметре), на $\frac{1}{4}$ распространяющееся экстраренально.

Перед выполнением резекции пережаты дополнительный ствол почечной артерии и вены для определения демаркационной зоны.

Выявлено, что зона демаркации незначительно выходит за пределы предполагаемой зоны резекции. Сосуды выделены и пережаты между зажимами, лигированы (рис. 11).

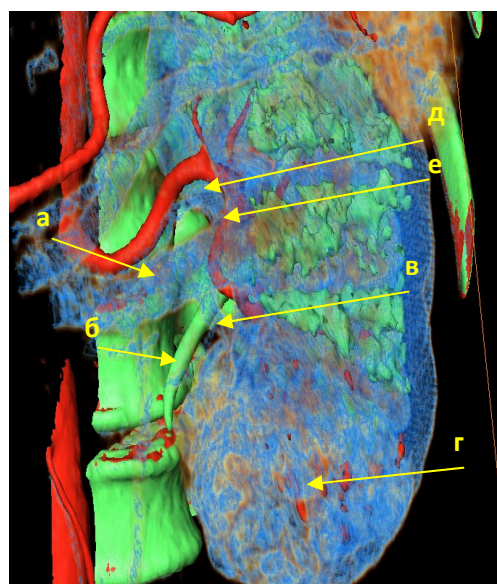
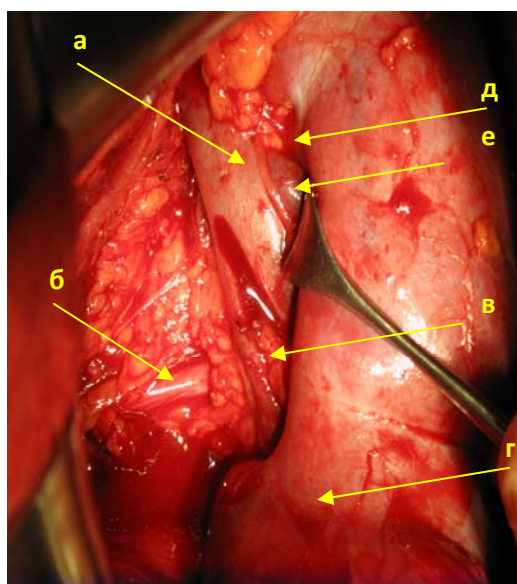


Рис. 10. Интраоперационная картина и 3-D модельное построение патологического процесса в левой почке пациентки К. (а - основной ствол почечной вены; б - мочеточник; в - пучок нижних сегментарных сосудов; г - опухоль; д - ветвь почечной вены от верхнего сегмента; е - нижняя сегментарная ветвь почечной артерии).

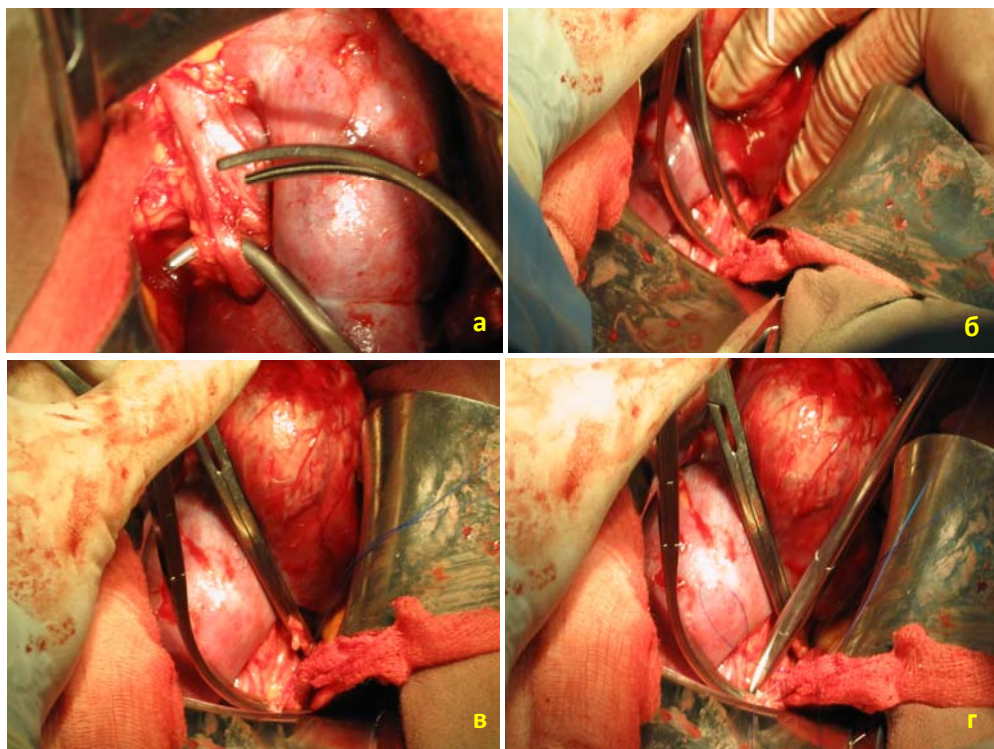


Рис. 11. Интраоперационная картина (выделение (а), пережатие (б), лигирование (в) и прошивание проксимальной культи (г) нижнего сегментарного сосудистого пучка).

Временный дополнительный гемостаз на момент резекции почки и ушивания зоны резекции осуществлен путем пальцевого сдавления почечной паренхимы. При контроле зоны резекции резидуальной опухоли не выявлено. Вскрыта нижняя чашечка. Последняя и зона резекции ушиты непрерывным крестообразным возвратным швом, с предвари-

тельным прикрытием раневой поверхности из оставшегося лоскута паренхимы задней части нижнего сегмента почки (как и предполагалось при компьютерном моделировании). Зона резекции дополнительно укрыта гемостатической губкой «тахокомб». При контроле гемостаза кровотечения нет (рис. 12).

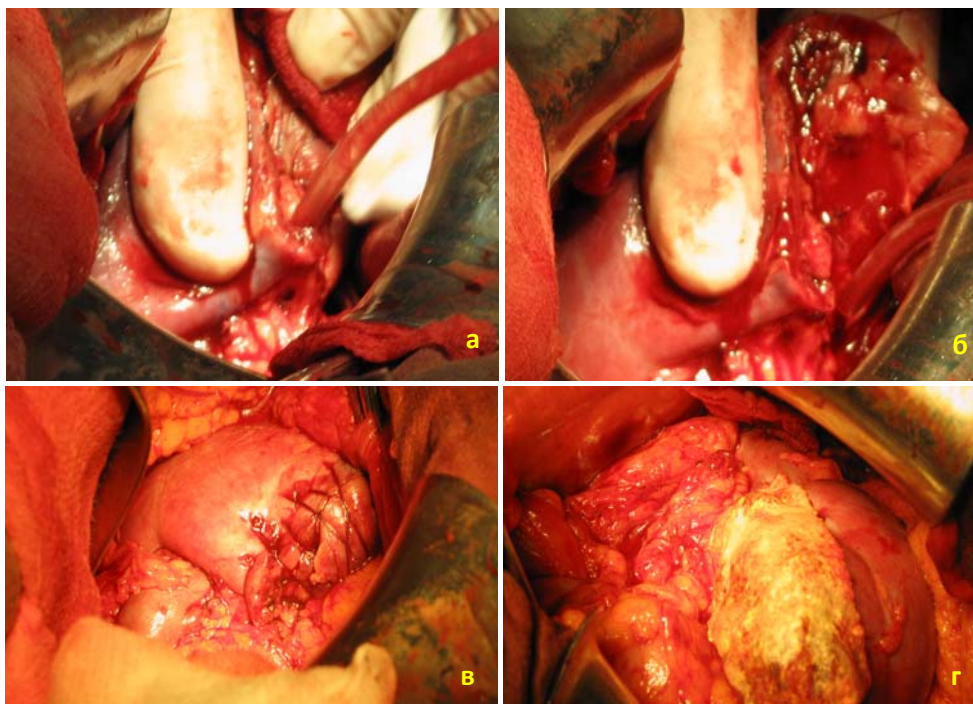


Рис. 12. Интраоперационная картина (а - пальцевое пережатие участка паренхимы с гемостатической целью; б - лоскут паренхимы из заднего сегмента почки; в - окончательный вид ушитой раны почки; г - дополнительное укрытие зоны резекции гемостатической губкой "тахокомб").

На рисунке 13 представлен макропрепарат удаленного опухолевого узла.

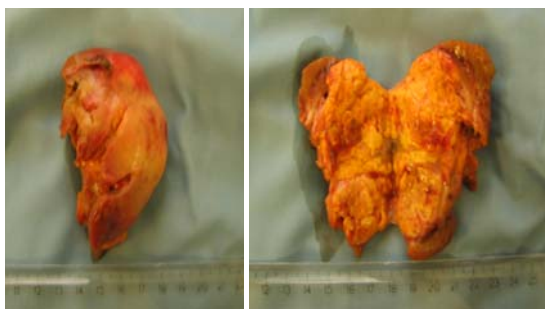


Рис. 13. Опухоль размером до 6,0 см., на разрезе желто-бурого цвета с участками кровоизлияний. К новообразованию прилежит участок нормальной паренхимы шириной до 0,5 см.

По данным морфологического исследования у пациентки умеренно дифференцированный светлоклеточный почечно-клеточный рак. При морфологическом анализе ткани из хирургического края – явления умеренного нефросклероза и дистрофии эпителия канальцев. Опухолевой ткани не выявлено.

На рисунке 14 представлена ультразвуковая картина левой почки пациентки К. на 11-е сутки после резекции.

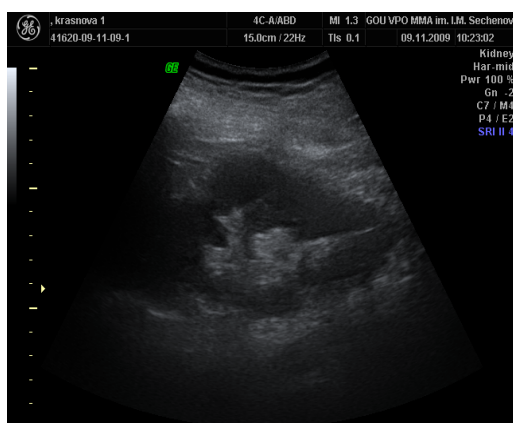


Рис. 14. Ультразвуковая картина единственной левой почки пациентки К., на 11-е сутки после ее резекции.

Заключение

Таким образом, благодаря компьютерному моделированию можно определять объем необходимой операции (нефрэктомия, резекция почки), планировать ход оперативного пособия, намечая очередность рукодействий – к примеру, первоначальную мобилизацию почечной артерии для пережатия ветви, питающей опухоль. Получаемая и правильно интерпретированная информация позволяет осуществлять операцию с точностью задуманного эксперимента. Информирован, значит вооружен. Этот тезис позволяет выполнять наиболее ответственные моменты операции, сводя к минимуму вероятность массивной, иногда угрожающей жизни кровопотери. Анализ раневой поверхности после виртуальной резекции почки позволяет планировать методику гемостаза, а также «обработку» вскрытых мочевых путей для предупреждения формирования свищей в послеоперационном периоде. Иначе говоря, компьютерное моделирование позволяет: 1) прогнозировать возможные осложнения и предпринимать заблаговременно меры по их профилактике, 2) планировать наиболее оптимальные пути выполнения оперативного пособия с целью сохранения паренхимы в особенности при операциях на единственной почке и при двустороннем почечно-клеточном раке; 3) облегчать ориентировку для хирурга в особенностях топографо-анатомического взаимоотношений опухолевого узла с нормальной тканью и внутривисцеральными структурами, 4) получать информацию об особенностях топографии сосудов почечной ножки и их синтопии с мочевыми путями и новообразованием.

Сведения об авторах статьи

Аляев Юрий Геннадьевич, член-корр. РАМН, заслуженный деятель науки РФ, директор клиники и заведующий кафедрой урологии 1-го МГМУ им. И.М. Сеченова

Терновой Сергей Константинович, академик РАМН, заведующий кафедрой лучевой диагностики и лучевой терапии 1-го МГМУ им. И.М. Сеченова, профессор, д.м.н.

Хохлачев Сергей Борисович, инженер по 3D-моделированию ЦНИИС, к.ф.м.н.

Ахмедов Никита Джумберович, доцент кафедры урологии 1-го МГМУ им. И.М. Сеченова

Нагорный Михаил Николаевич, врач-рентгенолог отдела лучевой диагностики ЦКК 1-го МГМУ им. И.М. Сеченова.

Фиев Дмитрий Николаевич, врач-уролог 2-ой университетской больницы 1-го МГМУ им. И.М. Сеченова, fiev@mail.ru

ЛИТЕРАТУРА

1. Аляев, Ю.Г. Выбор диагностической и лечебной тактики при опухоли почки / Ю.Г.Аляев, А.А.Крапивин // М., - 2005.
2. Аляев, Ю.Г. Органосохраняющие операции при опухоли почки / Ю.Г.Аляев, П.В.Глыбочко, З.Г.Григорян, М.А.Газимиев // М., - 2009.
3. Переверзев, А.С. Отдаленные результаты органосохраняющих операций почечно-клеточного рака почки / А.С.Переверзев, Д.В.Щукин, Ю.А.Илюхин // Урология. - №1. - 2002. - С. - 28.