

Глыбочко П.В., Аляев Ю. Г., Терновой С.К., Дзеранов Н.К., Ахвледiani Н.Д., Фиев Д.Н., Хохлачев С.Б., Петровский Н. В., Матюхов И.П., Песегов С.В.

Компьютерное моделирование – инновационная методика в диагностике и планировании лечения пациентов с хирургическими заболеваниями почек

НИИ Уронефрологии и репродуктивного здоровья человека РосЗДРАВА., г. Москва

Glybochko P.V., Alyaev Y.G., Ternovoy S.K., Dzeranov N.K., Akhvediani N.D., Fiev D.N., Khokhlachev S.B., Petrovsky N.V., Matyukhov I.P., Pesegov S.V.

Computer-assisted simulation as an innovation technique in diagnosis and planning of treatment of patients with surgical kidney diseases

Резюме

Цель: улучшить визуализацию и результаты оперативного лечения у пациентов с заболеваниями почек и верхних мочевых путей. Процедура исследования: всем пациентам с опухолью почек, коралловидным нефролитиазом и гидронефрозом на дооперационном этапе выполнена МСКТ почек с контрастированием по стандартному протоколу (исследование выполнялось по программе 1.25/1.25 мм. с внутривенным введением 100 мл. контрастного вещества со скоростью 3 мл/сек., напряжение 80 кВ, сила тока 350 мА). В последующем результаты МСКТ подвергались компьютерной обработке в специальной программе для 3D изображений, что позволяло получать трехмерные объекты пораженного патологическим процессом органа. Полученные в 3D и 4D формате изображения подвергались тщательному анализу в каждом индивидуальном наблюдении, что позволяло вначале воссоздать единую патологическую картину, а в последующем спланировать ход предстоящих оперативных действий. Результаты: во всех представленных наблюдениях компьютерное моделирование дало исчерпывающую картину о патологическом процессе в почках и верхних мочевых путях. Данная информация позволила не только спрогнозировать возможные осложнения во время операции (кровотечение, формирование мочевого свища, создание «лишних» портов при перкутанных операциях и т.д.), но также разработать меры по их профилактике, определить объем и этапы предстоящего пособия. Выводы: у пациентов с заболеваниями почек компьютерное моделирование, по нашему собственному опыту, становится важным и неотъемлемым этапом в их предоперационной подготовке на сегодняшний день.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, интраоперационные шаблоны, лазерная стереолитография, мульти-спиральная компьютерная томография

Summary

Aim: to improve visualization and outcomes of surgical management in patients presenting with diseases of the kidneys and upper urinary tracts. **Patients and methods:** all patients with renal tumours, coral-like nephrolithiasis, and hydronephrosis were preoperatively subjected to a routine protocol of contrast-enhanced multispiral computed tomography (MSCT) of the kidneys, with the study performed according to the programme 1.25/1.25 mm with intravenous administration of 100 µL of a contrast medium at a rate of 3 ml/sec, at a tube voltage of 80 kV, and current strength of 350 mA). The findings of MSCT were then computer-processed using a special program for 3D images, thus making it possible to obtain 3D objects of the pathologically damaged organ. The obtained 3D and 4D images were subjected to thorough analysis in each individual case, thus making it possible to initially reconstruct the common pathological pattern, followed by duly planning the course of the future operative procedures to perform. **Results:** in all cases presented, computer-assisted simulation gave a comprehensive pattern of the pathological process in the kidneys and upper urinary tracts. The obtained findings allowed us not only to predict possible intraoperative complications (haemorrhage, formation of a urinary fistula, creation of "extra" ports during percutaneous operations, etc.) but also to work out measures aimed at their prevention, as well as to determine the scope and the stages of the would-be care and cure. **Conclusion:** according to our own experience, computer-assisted simulation is currently becoming an important and intrinsic stage during preoperative preparation of patients presenting with kidney diseases.

Key words: computer-assisted simulation, intraoperative templates, laser stereolithography, multispiral computed tomography

Введение

На сегодняшний день современные компьютерные технологии значительно расширили возможности визуализирующих методов диагностики. В последние годы в медицинскую практику стали широко внедряться информационно-лазерные технологии, которые значительно усовершенствовали диагностические возможности и улучшили результаты лечения больных с различными заболеваниями [1-5]. В данной работе мы хотели бы коснуться нашего собственного опыта внедрения современных компьютерных и информационно-лазерных технологий в диагностике и планировании лечения больных с заболеваниями почек.

Материалы и методы

В исследование включены пациенты с такими заболеваниями как опухоль почек, коралловидный нефролитиаз, гидронефроз. На дооперационном этапе всем пациентам выполнена мультиспиральная компьютерная томография с контрастным усилением (МСКТ). МСКТ почек с контрастированием проводилась по стандартному протоколу (исследование выполнялось по программе 1.25/1.25 мм. с внутривенным введением 100 мл. контрастного вещества со скоростью 3 мл/сек., напряжение 80 кВ, сила тока 350 мА). Данный метод позволял получить информативные мультипланарные и 3-х мерные построения, опираясь на которые можно судить о точных размерах, расположении и распространенности опухоли, моно- или мультифокальности последней, состоянии магистральных и почечных сосудов, при этом также возможно оценить состояние регионарных лимфатических узлов [6, 7]. Помимо этого по данным МСКТ можно судить о размерах и плотности конкрементов, уточнять стадию коралловидного нефролитиаза, определять причину и характер изменений почек и верхних мочевых путей при гидронефрозе. Пожалуй, единственным, но весьма значимым недостатком данного метода является получение разобщенных сведений по артериальной, паренхиматозной, венозной и экскреторной фазам визуализации (рисунок 1 - *эти и другие рисунки к статье см. на специальной цветной вставке журнала - прим. ред.*).

При попытке получить совмещенное изображение с применением стандартного программного обеспечения графической станции компьютерного томографа возникает необходимость в повторном болюсном введении рентгеноконтрастного препарата неионного состава. При этом совместить более 2 фаз обычно не представляется возможным, что делает применение данного метода в клинической практике малорентабельным и медицински нецелесообразным. Очевидно, что разобщенность сведений по 4 фазам контрастного компьютерного исследования не позволяет судить об истинной внутриорганный анатомии опухолевого процесса, так как при рассмотрении стандартных мультиспиральных томограмм мы не можем сделать окончательный вывод о взаимоотношении опухоли с крупными сегментарными сосудами и элементами чашечно-лоханочной системы. Особенную важность указанная информация несет при органосо-

храняющих пособиях. В то же время, как при планировании резекции почки, так и при нефрэктомии, еще до операции, хирургу важно детально изучить особенности почечного кровоснабжения, чтобы не допустить фатального кровотечения во время операции. В результате масштабного изучения нами установлено, что аномалии почечных сосудов встречаются в человеческой популяции весьма часто. Исходя из всего вышесказанного, насущной задачей разработки новых методов визуализации и пост-процессинговой обработки получаемых при томографии графических данных стала для нас совершенно очевидной [8]. Нами освоено и внедрено в клиническую практику применение ПИ-СИ-ориентированных программных способов обработки первичных аксиальных томограмм, получаемых при мультиспиральном исследовании. Данная инновационная методика (компьютерное моделирование) позволяет без искажений эффективно совместить все четыре фазы визуализации на одном интегральном изображении, что дает исчерпывающую информацию об анатомических особенностях пораженной опухолевым процессом почки.

При этом дополнительно становится возможным создать эффект послойной тканевой прозрачности, что обеспечивает оперирующего хирурга уникальными данными о взаимоотношении новообразования с крупными внутрпочечными сосудами и элементами чашечно-лоханочной системы (рисунок 2).

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. Получаемые изображения могут быть представлены в виде двухмерных построений в произвольной плоскости виртуального среза, а также в статичных 3D и динамично вращаемых 4D моделях (рисунок 3) [9].

При планировании органосохраняющего вмешательства разработана методика виртуального удаления опухоли, что позволяет увидеть, чем же представлено дно плоскости резекции. Означенный способ помогает спрогнозировать повреждение сегментарного сосуда или чашечно-лоханочной системы.

Результаты и обсуждение

Полученные в ходе настоящей работы результаты компьютерного моделирования являются индивидуальными для каждого конкретного пациента и могут быть представлены в данной статье в виде нескольких клинических иллюстративных наблюдений.

Рак почки является одним из редких, но агрессивных онкологических процессов. Основным методом лечения больных раком почки является операция. Как было сказано выше, компьютерное моделирование обеспечивает оперирующего хирурга информацией, которая

позволяет предотвратить угрожающее жизни пациента кровотечение и исключить риск развития мочевого свища после вскрытия элементов чашечно-лоханочной системы. Приведем несколько клинических наблюдений, подтверждающих ценность разработанного метода.

Клиническое наблюдение №1. Больной Ф., 49 лет, И/Б № 3329; диагноз: опухоль правой почки. В представленной клинической ситуации информация о дополнительном артериальном сосуде, питающем новообразование нижнего сегмента, позволила произвести его прицельное выделение и пережатие на момент клиновидной резекции органа, что исключило тепловую ишемию почки и кровотечение при органосохраняющей операции (рисунок 4).

Клиническое наблюдение №2. Больная А., 33 лет, И/Б № 3324; диагноз: опухоль правой почки, ангиомиолипому почек. В этом клиническом наблюдении, сведения о наличии элементов чашечно-лоханочной системы на дне пострезекционного кратера после виртуального удаления опухоли, побудило к тщательной ревизии раны почки с ушиванием выявленного дефекта поврежденной верхней чашечки. Это позволило избежать в послеоперационном периоде образования мочевого свища (рисунок 5).

Клиническое наблюдение №3. Больная К., 57 лет И/Б № 1387; диагноз: опухоль единственной левой почки. В данном наблюдении у больной с единственной левой почкой имелось образование нижнего сегмента размером 5,6 см. Наличие единственной почки повышало риск развития ОПН в послеоперационном периоде, что требовало выполнения резекции без пережатия магистрального почечного кровотока. По данным 3D-моделирования, с использованием эффекта послонной тканевой прозрачности, установлено, что зону паренхимы с опухолью кровоснабжает отдельный сегментарный сосудистый пучок, который располагается экстрааренально. Ориентиром для поиска данного сосудистого пучка служили лоханка и мочеточник, которые он «пересекал». Интраоперационно первым этапом мобилизованы верхняя треть мочеточника и лоханка. После селективного пережатия сегментарного сосудистого пучка, выполнена передняя фронтальная резекция (рисунок 6).

Следует подчеркнуть, что выше приведенные возможности компьютерного моделирования патологического процесса при почечных новообразованиях на этом не исчерпываются. В последнее время в планировании органосохраняющих вмешательств, при опухоли почки, нами применяется уникальная методика. С помощью лазерной стереолитографии, с использованием данных компьютерного моделирования, реализована возможность изготовления полимерных индивидуальных шаблонов, применяемых интраоперационно и позволяющих четко наметить зону резекции на поверхности почки, в пределах здоровых тканей, ориентируясь на внутренний край отверстия шаблона (рисунок 7). Данные шаблоны преимущественно применяются в тех случаях, когда большая часть опухолевого узла находится внутри паренхимы почки (или же практически полностью интрааренально). Применение интраоперационного УЗИ у такой категории пациентов дает лишь примерные ориентиры внутренних границ опухоли для хирурга и выполнение ре-

зекции в такой ситуации сопряжено с риском возникновения «положительного края», необходимостью повторных резекций с неоправданно излишним захватом здоровой ткани. «Дополнительные резекции» увеличивают риск интраоперационных кровотечений, нефрэктомий, удлиняют время искусственной ишемии почки, увеличивают протяженность наркоза, что не может не оказывать отрицательного влияния на течение послеоперационного периода. Все выше сказанное подчеркивает актуальность применения индивидуальных шаблонов для интраоперационной навигации.

Для подтверждения ценности предложенной методики, приводим следующее клиническое наблюдение.

Клиническое наблюдение №4. Больной К., 60 лет, И/Б № 64835; диагноз: опухоль левой почки, мочекаменная болезнь. Случайной находкой при профилактическом УЗИ, у данного пациента, явилась небольшая опухоль левой почки размером до 2-х см., которая располагалась преимущественно интрааренально. Наличие мочекаменной болезни в анамнезе, а также небольшие размеры образования формируют относительные показания к резекции почки. В качестве предоперационной подготовки пациенту выполнено компьютерное моделирование с приготовлением индивидуального шаблона для маркировки внешних границ опухоли на поверхности почки. Интраоперационно к нижнему полюсу левой почки адаптирован навигационный шаблон. Произведена маркировка бриллиантовым зеленым по краю отверстия в шаблоне. По линии маркировки выполнена клиновидная резекция паренхимы почки с опухолью в пределах здоровых тканей. При визуальном контроле элементов опухолевой ткани на дне кратера резекции нет. Отсюда же взят материал для морфологического исследования на предмет радикальности выполненного пособия (рисунок 8).

Мочекаменная болезнь является частым урологическим заболеванием. Ее лечение в ведущих учреждениях страны проводят исключительно малоинвазивными методами. Применение МСКТ с контрастированием позволяет нам получить информацию о состоянии верхних мочевых путей при наличии в них конкрементов. Так называемая КТ-урография, в особенности, в 3-х мерном исполнении позволяет определить оптимальный чрескожный доступ к камням чашечно-лоханочной системы. При планировании перкутанных вмешательств необходимо представлять внутриорганные расположение крупных почечных сосудов для предотвращения выраженного интраоперационного кровотечения. Относительно наглядную информацию об ангиоархитектонике почки помогают получить 3-х мерные ангиограммы, при МСКТ с контрастированием. Если при К1-К2 и ампулярных чашечно-лоханочных системах выбор доступа, как правило, очевиден, то при К3-К4, древовидных, многочашечковых чашечно-лоханочных системах, ренттенегазивном характере конкрементов, правильный выбор доступа более сложен, что может явиться причиной дополнительных пункций и (или) неполного удаления конкрементов. При коралловидных камнях, с учетом планирования перкутанного их удаления, информации, получаемой при компьютерной томографии не достаточно, ввиду упомянутой ранее разобщенности сведений по фазам визуализации. Постпроцессинговое компьютерное моделирование позволяет получить

точное совмещение коралловидного конкремента, чашечно-лоханочной системы, паренхимы и крупных внутрипочечных сосудов на одном интегральном изображении. При этом в зависимости от задач доступно мгновенное вычитание или добавление соответствующей фазы визуализации с созданием необходимой интенсивности эффекта прозрачности окружающих камень структур (рисунок 9).

В результате, возможно рассчитать действительно оптимальный перкутанный доступ к коралловидному конкременту, при котором будет пройдена наименьшая толщина паренхимы почки не затрагивая крупные внутрипочечные сосуды, что поможет оптимизировать пособие – уменьшение вероятности повторных пункций и создание дополнительных («лишних») портов. Компьютерное моделирование позволяет оценить строение чашечно-лоханочной системы, детализировать локализацию конкрементов чашечек, измерить угол между шейками чашечек для прогнозирования возможности их ревизии ригидным инструментом (рисунок 10).

Ретроспективный сравнительный анализ результатов компьютерного моделирования, особенностей эндоскопической анатомии чашечно-лоханочной системы способствует формированию более осознанного подхода к чрескожным эндоскопическим вмешательствам, а в ряде наблюдений – отказу от таковых в пользу открытых нефротомических или пиелотомических пособий.

Гидронефроз приводит к прогрессивному снижению функции пораженной почки. И если раньше для выявления добавочного сосуда при данном заболевании нередко выполнялась инвазивная ангиография, то в последнее время с этой целью успешно используется МСКТ с контрастированием. Метод позволяет детально оценить сохранность почечной паренхимы и состояние чашечно-лоханочной системы. Кроме того, с помощью применения виртуальной эндоскопии, удастся изнутри рассмотреть лоханочно-мочеточниковый сегмент с точным измерением его просвета. В особенно сложных диагностических ситуациях, когда имеют место множественные почечные сосуды, наиболее ценную информацию дает новая методика компьютерного моделирования

патологического процесса (рисунок 11). Возможность получения интегрального изображения почки вместе с чашечно-лоханочной системой и всеми сосудистыми структурами позволяет иметь на дооперационном этапе исчерпывающую информацию об анатомии гидронефротически измененного органа. Это в свою очередь помогает детально спланировать операцию с прогнозом возможного интраоперационного кровотечения и мер по его предотвращению.

Заключение

Подытоживая представленные данные, мы можем объективно сделать вывод о высокой практической значимости моделирования патологического процесса и хода операции. Тезис, высказанный великим российским хирургом Пироговым Н. И. о том, что «операция должна быть выполнена с точностью задуманного эксперимента», нашел полное отражение в проведенной нами работе по компьютерному моделированию патологического процесса в почке и верхних мочевых путях, и планированию предстоящей операции. Таким образом, у пациентов с заболеваниями почек данная инновационная методика, по нашему собственному опыту, становится важным и неотъемлемым этапом в их предоперационной подготовке на сегодняшний день. Совершенно очевидно, что все возможности применения ее в урологии нами до конца не исследованы. В связи с этим, дальнейшее изучение практического приложения компьютерного моделирования в клинической практике будет с интересом продолжено. ■

Глыбочко П.В. член-корр. РАМН, д.м.н.; Аляев Ю. Г. член-корр. РАМН, д.м.н.; Терновой С.К. академик РАМН, д.м.н.; Дзеранов Н.К., д.м.н.; Ахмеддани Н.Д., д.м.н.; Фиев Д.Н., к.м.н.; Хохлачев С.Б.; Петровский Н. В.; Матюхов И.П.; Песегов С.В., НИИ Уронефрологии и репродуктивного здоровья человека РОСЗДРАВА, г. Москва; Автор, ответственный за переписку - Фиев Дмитрий Николаевич, Московская область, г. Реутов, ул. Комсомольская дам 18/2, кв. 245, индекс 143964. e-mail: fiev@mail.ru

Литература:

1. Миргазизов М.З., Гюнтер В.Э., Итин В.И., Монасевич Л.А., Сысолятин П.Г., Староха А.В. Сверхэластичные имплантаты и конструкции из сплавов с памятью формы в стоматологии. - М.: Квинтэссенция 1993. - 231 с.
2. Рогинский В.В., Евсеев А.В., Коцуба Е.В., Попов В.К., Пасечников А.В., Иванов А.Л., Топольницкий О.З. Лазерная стереолитография – новый метод биомоделирования в черепно-лицевой хирургии. Новое в стоматологии. – 2002. - №3 – с.92-95.
3. Стучилов В.А., Никитин А.А., Евсеев А.В., Панченко В.Я., Коцуба Е.В., Лобанов Д.А., Герасименко М.Ю. Клинические аспекты использования метода лазерной стереолитографии при хирургическом лечении травм средней зоны лица. Клиническая стоматология. – 2001. - №3 – с.54-58.
4. Кулагин В.В. Стереолитография в медицинской промышленности. Новое в стоматологии. – 2002. - №3. - С.37-38.
5. Митрошенков П.Н. Планирование реконструктивных операций с использованием метода лазерной стереолитографии. Вестник стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. – 2004. - Т.1, Вып.4. -С. 14-27.
6. Аляев Ю.Г., Крапивин А.А. Выбор диагностической и лечебной тактики при опухоли почки. Москва 2005.
7. Аляев Ю.Г., Глыбочко П.В., Григорян З.Г., Газимиев М. А. Органосохраняющие операции при опухоли почки. Москва 2009.
8. Аляев Ю.Г., Сивильян В.Е., Ралопорт Л.М., Цариченко Д.Г. Заболевания анормальных почек и верхних мочевых путей – М: Брянское политехническое областное объединение, 2007.
9. Федоров, В. Д. [и др.] Виртуальное хирургическое моделирование на основе данных компьютерной томографии. М., 2003. 184 с.

Глыбочко П.В., Аляев Ю. Г., Терновой С.К., Дзеранов Н.К., Ахведиани Н.Д.,
Фиев Д.Н., Хохлачев С.Б., Петровский Н. В., Матюхов И.П., Песегов С.В.

Компьютерное моделирование – инновационная методика в диагностике и планировании лечения пациентов
с хирургическими заболеваниями почек

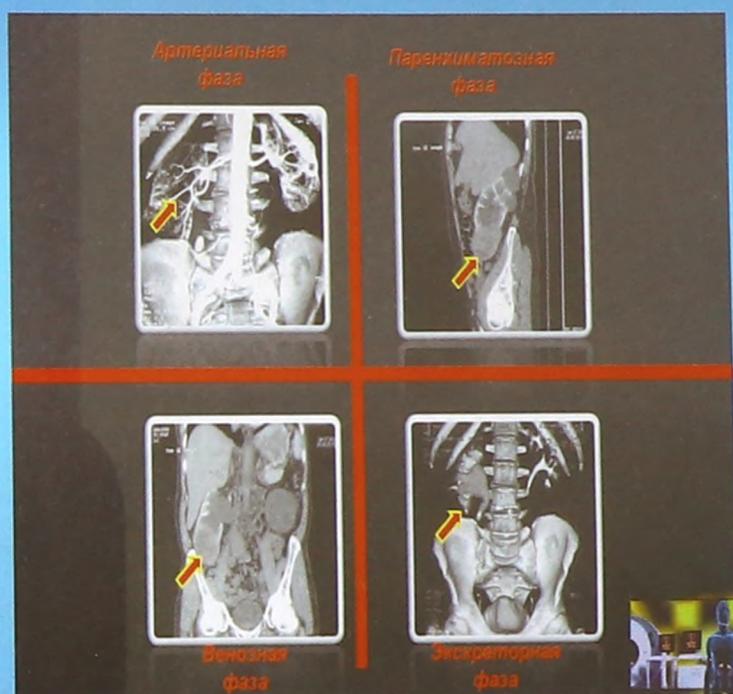


Рисунок 1. Фазы МСКТ в исследовании почек

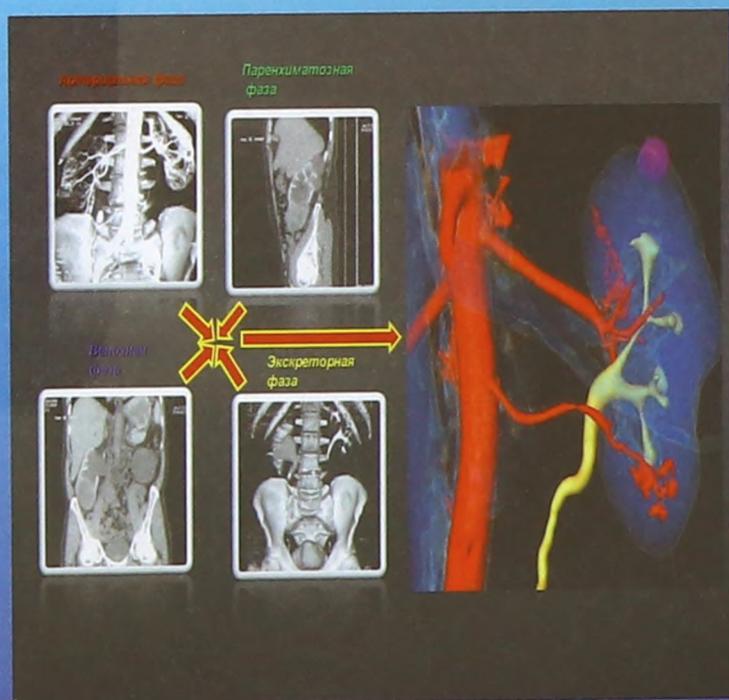


Рисунок 2. Эффект послышной тканевой прозрачности

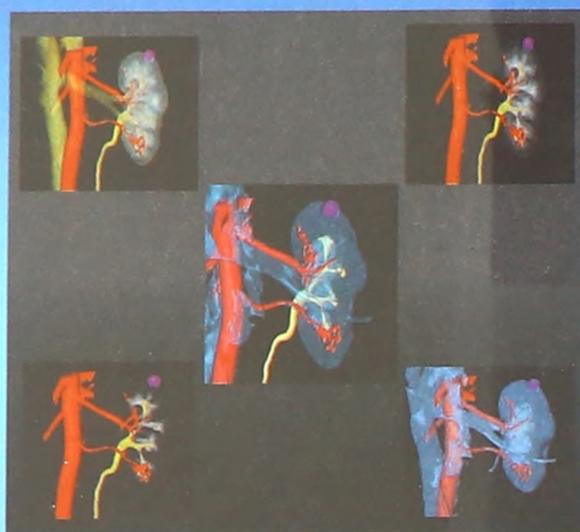


Рисунок 3. Совмещение различных фаз контрастного исследования между собой



Рисунок 4. Клиническое наблюдение №1

Рисунок 5. Клиническое наблюдение №2



Рисунок 6.

Клиническое наблюдение №3

Рисунок 7. Компьютерное моделирование полимерного шаблона для интраоперационной навигации.

**БОЛЬНОЙ К., 60 ЛЕТ, И/Б № 64835.
 ДИАГНОЗ: ОПУХОЛЬ ЛЕВОЙ ПОЧКИ.**

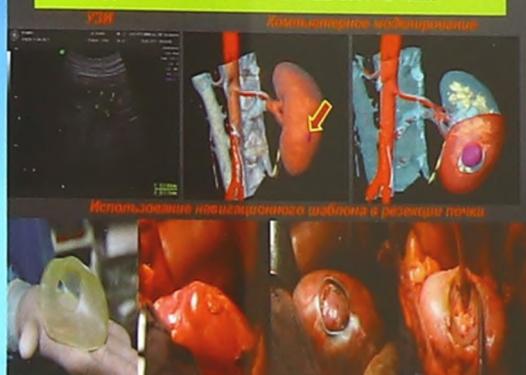


Рисунок 8.
 Клиническое наблюдение №4.



Рисунок 9. Компьютерное моделирование при коралловидных камнях.

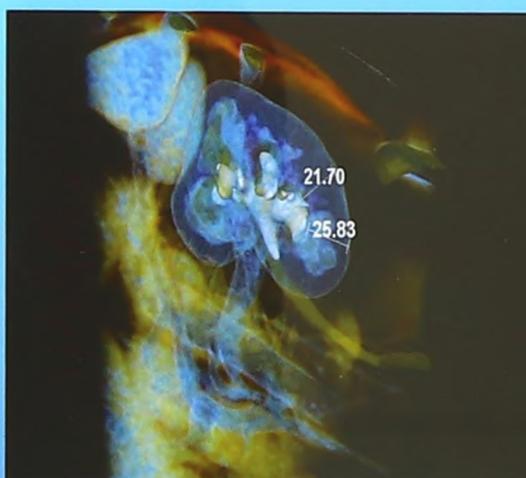


Рисунок 10. Выбор пункционного доступа на основе данных компьютерного моделирования.

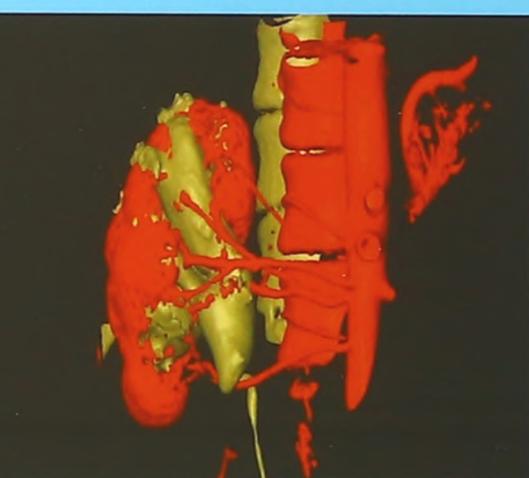


Рисунок 11. Компьютерное моделирование «конфликта» между верхними мочевыми путями и аномалийными сосудами почки.

Мекишина Л.А., Усынин А.Ф., Столяров В.В., Гаврилюк И.В.

Озонотерапия при облитерирующем атеросклерозе артерий нижних конечностей



Рис.1. Термограмма нижних конечностей больного Д., 56 лет с ОААНК ПБ ст. до проведения курса инфузионной озонотерапии.



Рис. 2. Термограмма нижних конечностей больного Д., 56 лет с ОААНК ПБ ст. после проведения курса инфузионной озонотерапии.