

ID: 2013-04-1276-R-2687

Обзор

Емельянова Н.В., Чехонацкая М.Л., Россоловский А.Н., Кондратьева О.А., Седова Л.Н., Абрамова А.П.

Ультразвуковая диагностика мочекаменной болезни*ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В.И.Разумовского Минздрава России, НИИ фундаментальной и клинической уронефрологии*

Emelyanova N.V., Chekhonatskaya M.L., Rossolovsky A.N., Kondratieva O.A., Sedova L.N., Abramova A.P.

Ultrasonic diagnostics of urolithiasis*Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Scientific Research Institute of Fundamental and Clinical Urology***Резюме**

На основании анализа данных отечественной и зарубежной литературы рассмотрены современные аспекты ультразвуковой диагностики и мониторинга лечения мочекаменной болезни и обструктивного синдрома. Рассмотрены особенности реакции гемодинамических параметров почки на обструкцию верхних мочевых путей и воздействие ударной волны на почечную паренхиму. Освещены возможности доплерометрии в оценке ренального кровотока как до, так и после операции.

Ключевые слова: мочекаменная болезнь, ультразвуковое исследование, доплерометрия, дистанционная ударно-волновая литотрипсия

Abstract

Based on the analysis of national and foreign literature the current aspects of ultrasound diagnostics and monitoring of treatment of urolithiasis and obstructive syndrome were discussed. The features of the reaction of hemodynamic parameters of the kidney to obstruction of the upper urinary tract and the impact of the shock waves on renal parenchyma were considered. The potential of Doppler study in the evaluation of renal blood flow both before and after surgery were highlighted.

Key words: urolithiasis, ultrasound test, Doppler study, remote shock-wave lithotripsy

Мочекаменная болезнь (МКБ) является одним из самых распространенных урологических заболеваний и занимает второе место в мире после воспалительных неспецифических заболеваний почек и мочевых путей. Доля ее среди всех урологических заболеваний составляет около 40% [1]. У 70% пациентов МКБ диагностируется в возрасте 30-60 лет, причем отмечается преобладание лиц мужского пола. Рост заболеваемости [2], тяжесть осложнений, склонность к рецидивам, преимущественное поражение лиц молодого и наиболее трудоспособного возраста выдвигают вопросы диагностики и лечения нефролитиаза в ряд важнейших проблем урологии [3].

Мочекаменная болезнь (МКБ) – это болезнь обмена веществ, вызванная различными экзогенными и/или эндогенными факторами, нередко имеет наследственный характер и определяется наличием конкремента в мочевыделительной системе. Причины и механизм камнеобразования остаются открытыми в урологии. До сих пор нет окончательной теории развития мочекаменной болезни. Основные теории литогенеза сводятся к ведущей роли следующих факторов: повышение уровня литогенных ионов, дефицит ингибиторов кристаллизации и агрегации кристаллов, наличие в моче активаторов камнеобразования, локальные изменения в почках. У пациентов с МКБ обнаружено повышение содержания L-γ-глутамилтрансферазы (GGT) и щелочной фосфатазы (ALP, EC) в моче, что, по-видимому, обусловлено повышением проницаемости клеточных мембран [4]. Одним из возможных механизмов камнеобразования могут являться аквапориновые каналы переноса ионов и молекул воды через клеточную мембрану [5].

Смертность при МКБ за последние десятилетия существенно снизилась благодаря широкому внедрению в клиническую практику современных методов лечения: дистанционная литотрипсия (ДУВЛ), контактная литотрипсия (КЛТ), пункционная нефролитолапаксия. Однако проведение ДУВЛ всегда сопровождается травмой почки. В тяжелых случаях возможно формирование интрапаренхиматозных, субкапсулярных или паранефральных гематом, приводящих к склерозированию почечной ткани и снижению функции почки [1].

Основными симптомами уролитиаза являются боль, гематурия, дизурия и отхождение конкрементов. Одним из проявлений мочекаменной болезни является почечная колика, которая обусловлена окклюзией мочеточника, в результате чего повышается внутривисцеральное давление, нарушается внутривисцеральный кровоток с выраженным отеком паренхимы почки. В первые четыре часа после возникновения обструкции отмечается возрастание почечного кровотока в результате предгломерулярной вазодилатации сосудов почки. Через четыре часа кровоток снижается, а давление в мочеточнике возрастает вследствие постгломерулярной вазоконстрикции. Повышенное давление в мочеточнике активирует ренин-ангиотензиновую систему и увеличивает уровень вазоконстрикторов, что проявляется снижением почечного кровотока и давления в мочевых путях вследствие сужения приносящих артериол [6].

Своевременная и точная диагностика МКБ позволяет избежать осложнений заболевания. Лучевые методы диагностики: ультразвуковой, рентгеновский, радионуклидный, магнитно-резонансный – позволяют получить необходимую информацию об анатомическом и функциональном состоянии мочевыделительной системы; выявить аномалии развития, проводить дифференциальную диагностику с другими заболеваниями и вести динамический контроль за лечением. В настоящее время, когда дистанционная литотрипсия, контактная литотрипсия, нефролитолапаксия широко применяются в урологической практике, остается открытым вопрос о выработке диагностического алгоритма, позволяющего выбрать оптимальный способ удаления конкремента. Важнейшую роль в выявлении конкремента, определения его локализации, размеров и развившихся осложнений играет ультразвуковая диагностика с использованием В-режима. Применение цветной и энергетической доплерометрии дает возможность оценить нарушение уро- и гемодинамики. Важным преимуществом метода является его неинвазивность, отсутствие

лучевой нагрузки и развития аллергических реакций. Использование ультразвукового исследования делает его незаменимым для изучения динамики раннего и позднего послеоперационного периода.

Использование В-режима УЗ-исследования позволяет оценить как прямой, так и косвенные признаки почечной обструкции. Так, по мнению А.И. Громова пиелокаликоектазия выявляется в 90,9%. Чувствительность и специфичность УЗИ составляет 90,9 и 93,0% соответственно; в диагностике уретероектазии частота визуализации расширенного мочеточника зависит от уровня обструкции. Расширение мочеточника в прилоханочном отделе и в верхней трети визуализируется в 74,6% случаев, в средней трети – в 46,6%, в нижней трети – в 12,3%, в интрамуральном отделе – в 81,4%. Для изучения последнего используется трансвагинальное сканирование у женщин и трансректальное – у мужчин. Чувствительность и специфичность УЗИ составляют 55,9 и 77,8% соответственно [7]. К косвенным признакам уретеролитиаза относятся также локальное утолщение стенки мочеточника, периуретеральный отек, нарушение мочеточниковых выбросов, утолщение стенки лоханки, отек почечной паренхимы.

По мнению Ю.Ю. Мигушовой и В.М. Китаева, уретероектазия обнаруживается в 97,8% случаев, пиелоектазия выявлена в 30,1%, а гидронефроз – 51,5% случаев [8].

Оценка косвенных признаков показала, что степень расширения при уретероектазии находилась в прямой зависимости от длительности пребывания конкремента и сопутствующего воспалительного процесса. Трудности диагностики УЗ-признаков обструкции возникают при осмотре тучных пациентов и при проведении исследования после купирования приступа почечной колики [8].

Прямым ультразвуковым признаком нефро- и уретеролитиаза является эхопозитивная структура в полостной системе почки и/или в просвете мочеточника с акустической тенью. В исследованиях Ю.Ю. Мигушовой появление акустической тени зависело от размера камня. Так, акустическая тень уверенно обнаруживалась при размерах камня 4мм и больше. При меньших размерах акустическая тень, как правило, не определялась. Для ее визуализации применяли уточняющее УЗИ интракорпоральным датчиком и при наличии конкремента акустическая тень, как правило, обнаруживалась, что позволяло проводить дифференциальную диагностику между камнем, стриктурами и другой патологией. Диагностические возможности УЗИ при конкрементах нижнего отдела мочеточника оказались наиболее высокими [8].

Ультрасонографию можно считать информативным методом в оценке почечной колики. В ряде случаев при «немой» почке она становится единственным приемлемым способом трактовки ситуации. При подозрении на обструкцию верхних мочевых путей должна явиться первичной диагностической методикой в клинической программе, и ее данные могут обосновать весь комплекс дальнейшего обследования и определения тактики лечения [9].

Цветное доплеровское картирование (ЦДК) является конкурентным методом контрастной ангиографии, его точность по сравнению с последней по данным различных авторов составляет от 85% до 100%. Относительно ангиографии ЦДК имеет неоспоримое преимущество – неинвазивность метода. Улучшение технологии ультразвукового исследования, а также применение ультразвуковых контрастов (левовиста, соновиста и др.) позволяет проследить ветвление почечной артерии вплоть до подкапсульных отделов. С помощью внутривенно вводимых эхоконтрастных препаратов можно изучить истинную перфузию органа, выявить участки ишемии или деструкции при самых ранних проявлениях [8, 10, 11].

Анализ спектральной доплеровской кривой проводят, учитывая качественные и количественные показатели, которые в свою очередь подразделяются на угловзависимые и углонезависимые.

Пограничные значения показателей гемодинамики в дистонике обструктивных уропатий по данным ряда авторов [12, 13]: индекс резистентности (Ri) >0,7, пульсационный индекс (Pi) >1,2, толщина паренхимы в среднем сегменте < 0,9 см, разность минимальных скоростей на здоровой и пораженной почках >2 см/с, разность между Ri почки с острой обструкцией и Ri контралатеральной почки – >0,08. При отсутствии нарушения уродинамики значения индексов резистентности и пульсативности близки к норме [14].

Так, по данным А. Нагуон, индекс резистентности (индекс Пурсело) при почечной колике и полной обструкции мочеточника равен 0.7 ± 0.06 и разница в индексах резистентности на стороне обструкции и на здоровой стороне составляет 0.09 ± 0.02 . У пациентов с частичной обструкцией индекс резистентности на стороне обструкции равен $0,64 \pm 0.06$ и разница в индексах составляет $0,03 \pm 0.05$, а у здоровых добровольцев индекс Пурсело составляет 0.59 ± 0.05 и разница между индексами 0.03 ± 0.01 [6].

По мнению Е.В. Ольшанской [6], рост периферического сопротивления при острой обструкции связан с повышением давления в стенке чашечно-лоханочной системе (ЧЛС), провоцирующего рост уровня простагландинов, вызывающих вазоконстрикцию, чем объясняется увеличение Ri.

В работах В.А. Фокаса [15] исследованы изменения внутрипочечной гемодинамики при обструктивных уропатиях. Автор указывает, что сдавление паренхимы почки расширяющимися полостями сопровождается повышением внутривенного давления, атрофией пирамид мозгового вещества и дальнейшей их облитерацией. Это приводит к интерстициальному воспалению и еще большему повышению сосудистого сопротивления в артериях мозгового вещества. Интерлобарные артерии истончаются и удлиняются. Отмечается перераспределение крови из коркового вещества в мозговое. Развиваются артериовенозные шунты, и в дальнейшем происходит гибель почечных клубочков [13, 16].

В результате внутриполостной гипертензии развивается отек почечной паренхимы, и венозный отток из почки затрудняется. В литературе данная ситуация мало изучена и представляется целесообразным проведение специального исследования этой проблемы.

По мнению некоторых авторов, наиболее ценные данные приносит сравнительная оценка кровотока в пораженной и здоровой почке [17].

В работе Е.В. Ольшанской было выявлено статистически достоверное повышение индекса резистентности на стороне колики и разницы индексов резистентности больше 0,05 между почками, а так же по данным радиотермометрии разница температурных показателей почек составила более 0,3 С [6].

При УЗ-доплерографии венозного русла почки необходимо учитывать особенности венозной гемодинамики. Вены характеризуются непостоянством давления и потока крови в них, которое зависит от присасывающего действия грудной полости, «мышечного насоса» и запирающей функции венозных клапанов. Являясь тонкостенными, относительно легко сдавливаются при патологических состояниях, связанных с давлением на их стенку извне. Кровь поступает в вены под давлением 8-12 мм рт. ст., что

составляет 10-20% давления в аорте. На давление и скорость кровотока в центральных венах оказывают влияние сердечные сокращения, а именно затруднение венозного оттока в правое предсердие при его сокращении [12].

Вследствие близости расположения венозных и артериальных сосудов в венах может регистрироваться передаточная артериальная пульсация. Давление и скорость кровотока в крупных венах связаны с дыхательным циклом. В большинстве вен на вдохе кровоток снижается, на выдохе возрастает. В связи с изложенным выше, колебания скорости кровотока, регистрируемые в венах, имеют иное смысловое значение, чем в артериях. По этой причине определение индексов, характеризующих колебания скорости, синхронные с сердечным циклом, не является информативным и не проводится. Поэтому количество показателей для характеристики венозного кровотока ограничено [12].

Полное отсутствие фазности доплеровской кривой, соответствующей фазам систолы и диастолы, а также отсутствие синхронизации с дыханием, являются признаками патологии – нарушения венозной проходимости, эластичности сосудистой стенки и др. В оценке характера венозного кровотока особое значение имеют функциональные нагрузочные пробы: проба Вальсальвы (компрессия нижней полой вены при надавливании на переднюю брюшную стенку), дыхательная, кашлевая пробы и проба с натуживанием. Применение этих проб приводит к повышению давления в венах. При исследовании патологических состояний в органах, связанных с нарушением оттока крови, мы считаем целесообразным введение для использования индексов, связывающих доплерометрические характеристики артериального и венозного кровотока и отражающих, прежде всего, венозный стаз в органе [12].

При анализе влияния врожденных изменений почечных вен на вероятность развития МКБ показатели не являлись статистически достоверными из-за редкости этих аномалий [18].

Для оценки паренхиматозного кровотока при гидронефротической трансформации различной степени проводили фармакодоплерографию. Характер ответной реакции почечного кровотока на введение вазопростана свидетельствовал о степени обратимости сосудистых изменений, резервных возможностях кровообращения в почках [9]. По мнению Ю.Г. Аляева и А.В. Амосова [9], высокая информативность, безопасность и техническая простота фармакоэхографии позволяют широко применять этот метод исследования в клинической практике для определения реакции чашечно-лоханочной системы на усиленный диурез при гидронефротической трансформации, нефролитиазе. Использование фармакоэхографии в ближайшем послеоперационном периоде как контрольное исследование позволяет своевременно выявить нарушение уродинамики верхних мочевых путей и определить необходимый метод медикаментозной или инструментальной коррекции, что является профилактикой развития осложнений [18].

Б.А. Круглов и Н.С. Игнашин [13] для оценки степени поражения сосудистого русла почки, определения резервных возможностей и обратимости изменений проводили фармакопробу с внутривенным введением 20 мл 2% кофеина в качестве вазодилатора.

С появлением цветной доплерографии стало возможным выявление аберрантных сосудов – как одной из распространенных причин гидронефроза.

Все вышеизложенное делает цветную доплерографию оптимальным методом неинвазивной оценки почечной гемодинамики.

Рядом авторов [14] было оценено влияние дистанционной ударно-волновой литотрипсии (ДЛТ) на почечную паренхиму. Было обнаружено изменения со стороны почечной паренхимы в виде полнокровия сосудов микроциркуляторного русла, отека интерстиция и окружающих почку тканей, венозного стаза с признаками деструкции эндотелия, тромбоза почечных сосудов, парциального некроза канальцев, субкапсулярных и периренальных гематом. Выраженность повреждающего действия на канальцы и сосудистую систему зависима от величины и плотности воздействующей энергии [14, 19].

T. Karadeniz отмечает при наличии обструкции увеличение индекса резистентности (R_i) до $0,70 \pm 0,03$, в то время как в норме он равен $0,60 \pm 0,03$ [20].

В работе Э.Н. Сайдыкова [14] наибольшее увеличение R_i и P_i было отмечено в случае дезинтеграции конкрементов внутривенных лоханок до $0,78 \pm 0,03$ ($p < 0,05$) и до $1,42 \pm 0,05$ ($p < 0,001$) соответственно. Наименьший прирост R_i и P_i при разрушении камня во внепочечной лоханке до $0,72 \pm 0,02$ ($p < 0,005$) и до $1,22 \pm 0,03$ ($p < 0,01$) соответственно. Сроки восстановления гемодинамики зависели от типа строения лоханки, определяющего травматичность воздействия ударной волны. Пациенты с внутривенным типом строения лоханки являются «группой риска» по выраженности изменений кровотока, так как исходно имеются условия для нарушения уродинамики [21]. При наличии пиелэктазии отмечались исходно высокие показатели R_i и P_i , которые после проведения сеанса ДЛТ достигали максимально высоких значений не зависимо от строения чашечно-лоханочной системы (ЧЛС): $R_i - 0,81 \pm 0,03$ ($p < 0,05$) и $P_i - 1,59 \pm 0,06$ ($p < 0,01$).

Ю.Г. Аляевым исследовалась зависимость между R_i на разных уровнях сосудистой системы почки и степенью увеличения лоханки. Коэффициент корреляции между R_i на уровне почечной артерии и расширением почечной лоханки составил $0,02$ ($p = 0,9$), в сегментарных артериях $0,03$ ($p = 0,8$), на уровне аркуатных артерий $0,11$ ($p = 0,6$). Отмечается тенденция к увеличению R_i на уровне почечной артерии с увеличением дилатации ЧЛС и уменьшение R_i на уровне сегментарных и паренхиматозных сосудов на фоне длительного расширения полостной системы [22].

В работе С.В. Выходцева основными гемодинамическими характеристиками по данным УЗДГ служили P_i , максимальная систолическая скорость (V_{max}), минимальная диастолическая скорость (V_{min}) [21]. R_i является более полезным, чем P_i , ввиду того, что он имеет меньший коэффициент вариации, составляющий не более 5%, в тоже время более чувствительным параметром является P_i , так как при расчете R_i учитывается огибающая спектра доплеровского сдвига частот и оценивается кровоток в течение всего сердечного цикла [23].

Таким образом, изменение почечного кровотока у больных МКБ зависит от характера нарушения уродинамики, локализации и размера конкремента, длительности заболевания, наличия осложнений, возраста больного. Сопутствующий указанным выше факторам воспалительный процесс в различной степени активности также отражается на состоянии кровотока.

Уродинамика верхних мочевых путей (ВМП) нарушена при мочекаменной болезни. Для проведения диагностики нарушений пассажа мочи необходимо тонкое понимание процессов уродинамики. Однако до настоящего времени нет единого мнения о регуляции физиологической деятельности верхних мочевых путей и, в связи с этим, остаются актуальными несколько различных

теорий. В 1931 г. Фуком была предложена цистоидная теория. В этой теории мочеточник рассматривался как орган, состоящий из сфинктеров, способных удерживать порции мочи и их эвакуировать. Но циркулярного хода гладкомышечной мускулатуры обнаружено не было. Были выявлены кавернозоподобные сосудистые образования в стенке мочеточника в зоне лоханочно-мочеточникового сегмента, в средней и нижней трети мочеточников и в его интрамуральном отделе [24]. Порционное накопление и опорожнение осуществляется путем барорецепции. При функциональной полиурии мочеточник быстро перестраивается и представляет один цистоид. Одна из последних теории функционирования верхних мочевых путей была выдвинута Ю.А. Пытелем и В.В. Борисовым. Авторы отводят главную роль электрохимическому потенциалу, под воздействием которого происходит сокращение гладкой мускулатуры почечной лоханки. При накоплении мочи и перерастяжении стенки лоханки повышается проницаемость уротелия, в особенности для ионов натрия. Генерируется разность потенциалов между просветом мочевых путей, заполненным мочой, и мышечной стенкой. В результате чего происходит мышечное сокращение [24, 25]. Таким образом, функционирование верхних мочевых путей представляется как сложный многоуровневый процесс.

Выраженный гидронефроз, стриктуры мочеточника являются факторами риска, способствующими осложненному течению после выполнения ДЛТ. Анализ ближайших результатов дистанционной литотрипсии выявил взаимосвязь эффективности этого лечения с исходной степенью расширения ВМП и их тонусом, а сократительная активность мочеточника имеет значение для отхождения раздробленных осколков лишь при невыраженной дилатации [26, 27].

С внедрением методик цветной доплерографии появилась возможность неинвазивно оценивать сократительную способность верхних мочевых путей. I.H. Cox, E. Thomas, H.Y. Burge [13] исследовали характеристики выбросов мочи в области мочеточников. С помощью данного метода выявлялись характер обструкции (полная или неполная), максимальная, минимальная и средняя скорость потока, количество выбросов с обеих сторон. С помощью данного метода можно получить качественные и количественные различия кривых мочеточниковых выбросов у здоровых лиц в зависимости от уровня диуреза и степени наполнения мочевого пузыря. Метод неинвазивно позволяет определять раздельный диурез каждой почки [13]. Регистрация мочеточниковых выбросов может осуществляться как с помощью наружных, так и с помощью трансвагинального или трансректального датчика [13].

По мнению ряда авторов [13, 25], для диагностики нарушений уродинамики являются информативными только скорость и частота выброса.

Рассматривая роль отдельных факторов в компенсации нарушений уродинамики, следует отметить, что давление в лоханке почки при локализации обструктивного фактора в верхней трети мочеточника повышается пропорционально степени обструкции и в соответствии с его компенсацией внутрпочечными механизмами. Такими механизмами является чашечно-лоханочная реабсорбция, пиелоренальные, пиеловенозные, пиелолимфатические рефлюксы. Компенсация повышенного давления может происходить также в результате дилатации чашечно-лоханочной системы и мочеточника [28].

Так, по данным ряда авторов у пациентов с конкрементом в мочеточнике максимальное количество выбросов не превышало 3 в мин. (в норме 4-7), отсутствие выбросов или их значительная асимметрия относительно противоположной стороны с большой вероятностью свидетельствует об обструкции верхних мочевых путей [11, 18]. Спектр потока при наличии камня в мочеточнике существенно отличается от спектра потока в норме: кривая лишена характерных пиков и представлена монофазной низкоамплитудной кривой с низким ускорением потока, так называемый «венозный спектр» [11]. В работе А.Г. Дыбунова это не нашло отражения, что автор связывает с различным возрастным составом и считает возможным получение «венозного спектра» с обструкцией в нижней трети мочеточника [25].

Феномен визуализации струи мочи основан на разнице плотности мочи в пузыре и мочи, поступающей в него. После водной нагрузки и последующего мочеиспускания плотность мочи в пузыре и плотность мочи в мочеточнике постепенно уравниваются, что приводит к резкому снижению возможности получения УЗ-сигналов [25]. Показатели ЦДК и импульсной доплерографии в норме при различных степенях наполнения мочевого пузыря и определенном уровне диуреза достаточно стабильны и воспроизводимы, что позволяет предложить определенную методику исследования и подготовки больного, дифференцировать норму и патологию путем анализа доплерограмм мочеточниковых выбросов [11].

Таким образом, алгоритм изучения уродинамики ВМП должен начинаться с УЗИ параллельно с УЗДГ. Комплексное ультразвуковое исследование больных с обструктивной уропатией, учитывая состояния гемо- и уродинамики, позволяет не только установить наличие обструкции и ее характер (полная или неполная), но и оценить функциональное состояние почки и верхних мочевых путей, что необходимо для выбора адекватной тактики лечебных мероприятий. Сканирование необходимо осуществлять полипозиционно, что позволяет получить полное представление обо всех отделах почек и верхних мочевых путей.

Перед эндоскопическими вмешательствами, КЛТ и ДЛТ проводится экскреторная урография с выполнением экскреторной урограммы в вертикальном положении больного для изучения ортостатической реакции ВМП, мультиспиральная компьютерная томография, магнитно-резонансная томография [29-33].

Литература

1. Лопаткин Н.А., Дзеранов Н.К. Пятнадцатилетний опыт применения ДЛТ в лечении МКБ // Матер. Пленума Правления Рос. Об-ва урологов. Сочи-Москва, 2003. С. 5-25.
2. Состояние урологической заболеваемости в Российской Федерации по данным официальной статистики / О.И. Аполихин, Е.П. Какорина, А.В. Сивков [и др.] // Урология. 2008. № 3. С. 3-9.
3. Тиктинский О.Л., Александров В.П. Мочекаменная болезнь. СПб: Изд-во Питер, 2000. С. 9-10.
4. Неймарк А.И., Фридкин А.В. Диагностическое значение энзимуррии в оценке функции почек у больных мочекаменной болезнью // Урология и нефрология. 1997. № 1. С. 5-7.
5. Кадыров З.А., Истратов В.Г., Сулейманов С.И. Некоторые вопросы этиологии и патогенеза мочекаменной болезни // Урология. 2006. № 5. С. 98-101.
6. Ольшанская Е.В. Допплерографическая и радиотермометрическая оценка почечного кровотока у больных мочекаменной болезнью: дис. ... канд. мед. наук. М., 2007. 137 с.
7. Громов А.И., Сытник К.А., Мартыненко А.В. Косвенные компьютерно-томографические признаки уретеролитиаза и мочеточниковой обструкции // Медицинская визуализация. 2004. № 2. С. 34-39.
8. Мигушова Ю.Ю., Китаев В.М. Возможности УЗИ в диагностике уретеролитиаза // Медицинская визуализация. 2006. № 5. С. 68-73.

9. Аляев Ю.Г., Амосов А.В. Ультразвуковые методы функциональной диагностики в урологии // Урология. 2004. № 4. С. 26-32.
10. Зубарев А.В. Исследование почечного кровотока: новые возможности эхографии // Терапевтический архив. 2006. № 4. С. 26-28.
11. Цветовое картирование и импульсная доплерография в диагностике уретеролитиаза и сопутствующих нарушений уродинамики / В.В. Митьков, А.Н. Хитрова, И.Ю. Насникова [и др.] // Ультразвуковая диагностика. 1998. № 1. С. 63-74.
12. Квятковский Е.А., Квятковская Т.А. Ультрасонография и доплерография в диагностике заболеваний почек. Днепропетровск: Новая идеология, 2005. 318с.
13. Допплерографическая оценка уродинамики при обструктивных уропатиях у детей раннего возраста / М.И. Пыков, А.И. Гуревич, Е.В. Шмиткова [и др.] // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2004. № 3. С. 71-76.
14. Сайдыков Э.Н. Влияние дистанционной пьезоэлектрической нефролитотрипсии на почечную гемодинамику у больных уролитиазом // Казанский мед. журн. 2001. Т. 82, № 3. С. 184-186.
15. Фокас В.А. Роль фармакологических функциональных проб в обследовании больных обструктивной нефропатией // Матер. 2-го съезда ассоциации специалистов ультразвуковой диагностики в медицине. М., 1995. 111 с.
16. Применение энергетической доплерографии при остром пиелонефрите / В.А. Максимов, В.И. Борисик, А.В. Прохоров [и др.] // Ультразвуковая и функциональная диагностика. 2005. № 1. С. 11-17.
17. Intrarenal duplex Doppler sonographic evaluation of unilateral native kidney obstruction / B. Brkljacic, I. Drinkovic, M. Sabljari-Matovinovic [et al.] // J. Ultrasound Med. 1994. Vol. 13 (3). P. 197-204.
18. Влияние аномалий почек и верхних мочевых путей на возникновение мочекаменной болезни / Ю.Г. Аляев, С.К. Терновой, В.Е. Сеницын [и др.] // Медицинская визуализация. 2006. № 3. С. 88-93.
19. Белый Л.Е. Патологические нарушения у больных с острой обструкцией верхних мочевых путей: дис. ... канд. мед. наук. Саранск, 2003. 167 с.
20. Renal hemodynamics in patients with obstructive uropathy evaluated by color Doppler sonography / T. Karadeniz, M. Topsakal, A. Eksioglu [et al.] // Eur. Urol. 1993. Vol. 84. P. 298-301.
21. Выходцев С.В. Оценка функционального состояния почек и верхних мочевых путей у больных мочекаменной болезнью (по данным ультразвукового исследования): дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2004. 147 с.
22. Аляев Ю.Г. Допплерография почек в условиях хронической обструкции верхних мочевых путей // Врач. 2006. № 7. С. 60-61.
23. Аверченко М.В. Клинико-гемодинамическая характеристика заболеваний почек у детей: дис. ... канд. мед. наук. Екатеринбург, 2006. 130 с.
24. Пытель Ю.А., Борисов В.В. Роль электрохимического потенциала в функционировании мочевых путей // Урология. 1999. № 5. С. 21-25.
25. Дыбунов А.Г. Допплерографическая оценка состояния уродинамики при обструктивных уропатиях у детей: дис. ... канд. мед. наук. М., 2001. 108 с.
26. Дзеранов Н.К., Мудрая И.С., Кирпатовский В.И. Влияние нарушений уродинамики и сократительной функции верхних мочевых путей на отхождение фрагментов камней после дистанционной литотрипсии // Урология. 2001. № 2. С. 6-9.
27. Мудрая И.С., Кирпатовский В.И. Нарушение уродинамики и сократительной функции верхних мочевыводящих путей при урологических заболеваниях и методы их диагностики // Урология. 2003. № 3. С. 66-71.
28. Роль уровня обструкции в нарушении уродинамики верхних мочевых путей при осложнениях мочекаменной болезни (клинико-экспериментальное исследование) / Э.К. Яненко, Н.В. Ступак, И.С. Мудрая [и др.] // Урология. 2004. № 3. С. 3-5.
29. Магнитно-резонансная урография в комплексном обследовании нефрологических больных / Ю.Г. Аляев, Н.А. Мухин, В.А. Григорян [и др.] // Терапевтический архив. 2002. № 6. С. 73-76.
30. Буйлов В.М. Экскреторная урография и рентгеновизионная пиелоретероскопия в диагностике нарушений уродинамики верхних мочевых путей // Медицинская визуализация. 2007. № 3. С. 81-90.
31. Мультиспиральная компьютерная томография- универсальный метод диагностики болезней почек и мочевыводящих путей / С.К.Терновой, Ю.Г. Аляев, В.Е. Сеницын [и др.] // Терапевтический архив. 2005. № 4. С. 30-32.
32. Шимановский Н.Л., Наполов Ю.К. Диагностика заболеваний мочевыделительной системы с помощью магнитно-резонансной визуализации с контрастным усилением // Вестник рентгенологии и радиологии. 2005. № 4. С. 47-56.
33. Шимановский Н.Л., Наполов Ю.К. Применение магнитно-резонансной визуализации с контрастным усилением для диагностики заболеваний мочевыделительной системы // Урология. 2006. № 6. С. 93-95.