

Л.Е. Воробьева, О.В. Кустова

Научный центр здоровья детей РАМН, Москва

Методика проведения мультиспиральной компьютерной томографии и ее возможности в диагностике аномалий почек и мочеточников у детей

Контактная информация:

Воробьева Лидия Евгеньевна, врач-рентгенолог отделения компьютерной томографии Научного центра здоровья детей РАМН

Адрес: 119991, Москва, Ломоносовский проспект, д. 2/62, тел.: (499) 134-13-62, (495) 967-14-17

Статья поступила: 01.10.2009 г., принята к печати: 27.10.2009 г.

На данный момент в современной клинической педиатрии актуально внедрение новых технологий и широкое применение их на практике. Одним из таких методов является мультиспиральная компьютерная томография, достоинства которой заключаются в снижении времени исследования и лучевой нагрузки, возможности послойного изображения с тонкими срезами, а также дальнейшего построения трехмерных изображений. Мультиспиральная компьютерная томография представляет особую ценность при обследовании пациентов с аномалиями почек и мочеточников: определяет формы, размеры, состояние паренхимы органа и чашечно-лоханочной системы, выявляет причину и уровень нарушения. В статье представлена методика проведения мультиспиральной компьютерной томографии, продемонстрированы ее возможности в диагностике аномалий почек и мочеточников у детей, основанные на собственном опыте и подтверждающие свою достоверность и преимущества. (Вопросы диагностики в педиатрии. — 2009. — Т. 1, № 5. — С. 20–25).

Ключевые слова: мультиспиральная компьютерная томография, аномалии почек, аномалии мочеточников, методика исследования, контрастные вещества, почки, дети.

Благодаря мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) при обследовании почек у детей любого возраста достигаются отличные результаты, а именно:

- сокращается время исследования, что ведет к уменьшению артефактов от дыхательных движе-

ний, появляется возможность проводить исследование без задержки дыхания и в состоянии физиологического сна;

- наиболее точно, без применения контрастного препарата, выявляются мочевиные камни;

L.E. Vorobyeva, O.V. Kustova

Scientific Center of Children's Health, Russian Academy of Medical Sciences, Moscow

Methodology of multi-slice computer tomography and its capability in diagnosing anomalies of kidneys and ureters in children

Implementation of high technology and its wide application in practice are a pressing issue in the modern clinical pediatrics. One of such methods is a multi-slice computer tomography. It's advantages involve reduction in time required to do research and radiation exposure, capability to obtain slice-by-slice views in thin sections, as well as further 3-D imaging. Multi-slice computer tomography is especially valuable in examining patients with anomalies of kidneys and ureters: It determines shapes, sizes, status of parenchyma of the organ and pelvicalyceal system identifying the cause and level of abnormality. This article presents a methodology for performing multi-slice computer tomography, demonstrates its capabilities in diagnosing anomalies of kidneys and ureters in children based on hands-on experience and confirming its reliability and advantages. (Pediatric Diagnostics. — 2009. — V. 1. — № 5. — P. 20–25).

Key words: multi-slice computer tomography, anomalies of kidneys, anomalies of urinary tracts, methodology of research, contrast agents, kidneys, children.

- проявляются типичные характеристики контрастного усиления почек, позволяющие оптимально визуализировать почечную паренхиму, ее изменения и изменения почечных сосудов, состояние чашечно-лоханочной системы (ЧЛС), мочеточников и мочевого пузыря [1].

Однако не следует забывать о том, что все современные рентгеноконтрастные вещества, используемые для МСКТ и других исследований, являются уротропными, так как их выведение из организма на 99% осуществляется только почками. Следовательно, для исключения возможного нефротоксического действия контраста у детей с нормальной функцией почек необходимо:

- проводить своевременную (за 4–12 ч до исследования и 12–24 ч после) внутривенную или оральную гидратацию;
- использовать только низкоосмолярные контрастные препараты («Ультравист», «Омнипак», «Оптирей») с невысокой концентрацией йода (240–320 мг йода/мл) и обязательным индивидуальным подбором вводимого объема;
- устранить повторное применение контрастного средства в течение 72 ч;
- прекратить (когда это клинически возможно) за 48 ч до исследования применение нефротоксических медикаментов (нестероидные противовоспалительные препараты, дипиридабол, метформин) [2].

Применение контрастных средств у детей с почечной недостаточностью, повышенным содержанием креатинина сыворотки и протеинурией должно рассматриваться в соответствии со строгими критериями отбора, с оценкой ожидаемого выигрыша в информации, касающейся повреждения почек контрастом. В первую очередь, в таких случаях следует думать об альтернативных методах исследования, таких как ультразвуковое и/или магнитно-резонансное [2, 3].

ПАЦИЕНТЫ И МЕТОДЫ

В отделении компьютерной томографии Научного центра здоровья детей, оснащенном мультиспиральным компьютерным томографом LightSpeed 16 (General Electric, США) с высокой разрешающей способностью, стандартное исследование забрюшинного пространства у детей проводилось в следующем положении: лежа на спине, руки за головой, в краниокаудальном направлении сканирования, с толщиной среза 3,75 мм и возможностью реконструкции тонких срезов по 0,625 мм, что позволило проводить исследование даже у новорожденных — за 3–10 сек без задержки дыхания и во время физиологического сна. При проведении компьютерной томографии детям, особенно детям раннего возраста, предъявляются высокие требования к лучевой нагрузке [4] — она должна быть максимально снижена; исследование проводится дифференцированно по показаниям с использованием специально подобранных протоколов сканирования, основанных на заложенных в программном обеспечении томографа LightSpeed 16 стандартных педиатрических протоколах [5] и доработанных с учетом многолетнего опыта сотрудниками нашего отделения (табл. 1).

Компьютерный томограф оснащен автоматическим шприцем, который позволяет регулировать скорость и количество вводимого внутривенно контрастного препарата (из расчета 2 мл/1 кг веса). Для исследования используются такие надежные современные контрастные препараты, как Ультравист, Омнипак, Оптирей, Визипак. Наиболее значимые диагностические результаты достигаются при сравнении данных, полученных в нативную фазу (до начала внутривенного введения контрастного вещества) и трех фаз исследования после нее (артериальная, венозная и выделительная фазы) [1, 2, 6]. При подозрении на вазоуретральный конфликт применяется методика «двойного контрастирования» (рис. 1), когда перед исследованием

Таблица 1. Протоколы сканирования при МСКТ забрюшинного пространства с учетом возраста и веса

| Возраст и вес | Показатели напряжения и тока на трубке | |
|---------------------|--|---------|
| До 1 года | Kv | 80 |
| | mA | < 100 |
| От 1 года до 5 лет | Kv | 100 |
| | mA | < 120 |
| От 5 лет (до 50 кг) | Kv | 100–120 |
| | mA | < 150 |
| Взрослые | Kv | 120 |
| | mA | < 300 |

(не раньше, чем за 20 мин) вводится уменьшенное количество контрастного препарата, достаточного для заполнения ЧЛС и мочеточников, индивидуально рассчитанного для каждой ситуации. Такой метод контрастного усиления дает возможность одновременно хорошо визуализировать сосуды почек, их паренхиму и ЧЛС с мочеточниками.

Временные характеристики фаз контрастного усиления почек в значительной степени зависят от скорости введения препарата, веса ребенка и области постановки венозного катетера [6–8]. Возрастные особенности (в частности, неумение задерживать дыхание) приводят к необходимости сокращать время исследования и затрудняют автоматическое (программное) определение начала фаз контрастирования. В связи с этим, для снижения ошибок в трактовке исследования при различных клинических проблемах в нашем отделении опытным путем подобраны временные интервалы, представленные в табл. 2.

Рис. 1. МСКТ почек, метод «двойного контрастирования» (трехмерная реконструкция): врожденный гидронефроз левой почки с сужением лоханочно-мочеточникового сегмента. Хорошо видна расширенная лоханка левой почки (1), артерия левой почки (2), извитый и суженный прилоханочный отдел левого мочеточника (3)

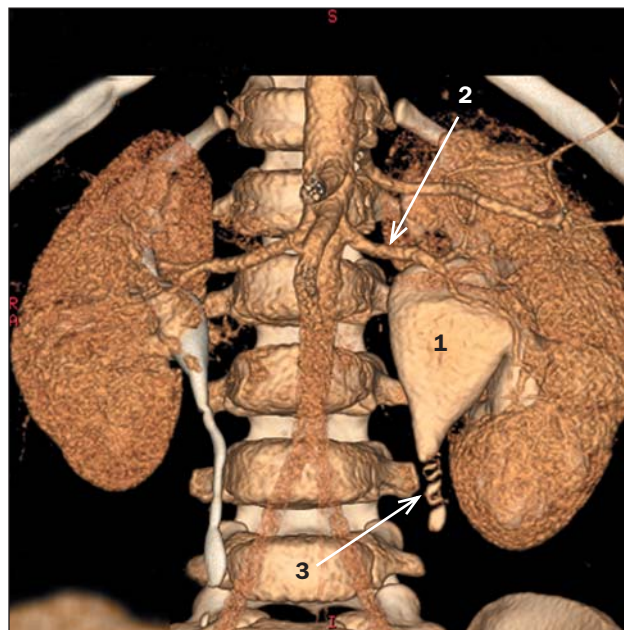


Таблица 2. Временные интервалы фаз контрастирования забрюшинного пространства в зависимости от веса и скорости внутривенного введения препарата

| Вес, кг | Скорость введения, мл/с | 1 фаза — артериальная (аорта, артериальные сосуды, корковый слой почек), сек | 2 фаза — паренхиматозная (венозные сосуды, вся почечная паренхима), сек | 3 фаза — выделительная (отсроченная), мин | |
|---------|-------------------------|--|---|---|----------------|
| | | | | Мочеточники | Мочевой пузырь |
| 3–5 | 1,8–2,0 | 10–12 | 45–50 | 3–10 | 20 |
| 6–13 | 2,0–3,2 | 14–16 | 50–60 | | |
| 14–20 | 2,2–3,2 | 16,5–18 | 55–65 | | |
| 21–30 | 2,5–3,3 | 17–19 | 55–70 | | |
| 31–45 | 2,8–3,8 | 17,5–19 | 60–70 | | |
| 46–60 | 3,2–3,9 | 18–20 | 65–70 | | |
| > 60 | 3,5–4,0 | 19–21 | 70–75 | | |

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Наиболее часто встречаются аномалии количества почек. Агенезия встречается с частотой 1:1000 новорожденных, чаще мужского пола. Агенезия — это отсутствие закладки почки (рис. 2), которое часто сочетается с агенезией мочевого пузыря и дисплазией половых органов [9]. Единственная почка, как правило, гипертрофирована и компенсирует отсутствие второй почки. Однако повышенная нагрузка на нее способствует развитию воспалительных явлений и/или появлению мочевого камня. Она может быть врожденно дефектной.

Дети с агенезией обеих почек нежизнеспособны и обычно рождаются мертвыми.

Добавочная почка — редкая аномалия. Она меньше обычной, чаще имеет нормальное анатомическое строение: кровоснабжающие артерии отходят от аорты; моче-

точник впадает в мочевой пузырь самостоятельным устьем, но может сообщаться и с мочеточником основной почки [10]. Клиническое значение добавочная почка имеет лишь при эктопии мочеточника и/или поражении его опухолевым или воспалительным процессом [1, 11]. У детей с подозрением на аномалию количества почек более эффективным методом по сравнению с рентгеновской экскреторной урографией и ультразвуковым исследованием является МСКТ, ввиду возможности исследования более обширной зоны и отсутствия артефактов, часто возникающих при отражении ультразвуковой волны от различных органов и тканей, МСКТ менее инвазивно по сравнению с ангиографией.

Аномалии положения почек встречаются достаточно часто. Дистопия (эктопия) почек — необычное расположение почки в связи с нарушением ее восхождения в эмбриогенезе. Чаще встречается у мальчиков [10]. Так как ротация связана с восхождением и опущением, почка ротирована кнаружи — чем ниже, тем вентральной лоханка. Такая почка часто имеет рассыпной тип кровоснабжения, дольчатое строение, различную форму (рис. 3). Дистопия может быть высокой (внутригрудная, торакальная) и характеризоваться местом положения, удлиненным мочеточником; артерия при этом отходит от грудной аорты. Дистопия может быть низкой (поясничная — на уровне L4, подвздошная — лоханка более ротирована кпереди L5–S1, тазовая — по средней линии под бифуркацией аорты). Перекрестная дистопия — коллатеральное смещение почки и частое сращение с образованием S- или L-образной почки.

Симметричные сращения встречаются чаще (13% от всех аномалий) [10]. Подковообразная почка — почки срастаются нижними (90%) или верхними полюсами (значительно реже) (рис. 4). Почки расположены ниже обычного, лоханки направлены кпереди или латерально, сосуды рассыпные. Мочеточники обычно короткие, направлены вперед и в стороны. Нередко сочетается с другими аномалиями — гидронефрозом, пиелонефритом, камнями и опухолевым процессом [10, 11]. Галетообразная почка (встречается 1:26000) — плоское овальное образование на уровне мыса крестца. Образуется в результате сращения почек обоими полюсами до начала ротации. Кровоснабжение множественными сосудами от бифуркации аорты. Лоханки расположены кпереди, мочеточники укорочены. 4% от всех аномалий составляют асимметричные формы сращения, такие как S-образная (лоханки

Рис. 2. МСКТ почек, артериальная фаза (трехмерная реконструкция): агенезия правой почки. Справа в ложе почка не определяется, от аорты не отходят сосудистые пучки (1). Слева визуализируется компенсаторно увеличенная в размерах единственная почка (2) с полнокровной веной (3), закрывающей (в данной проекции) для визуализации почечную артерию

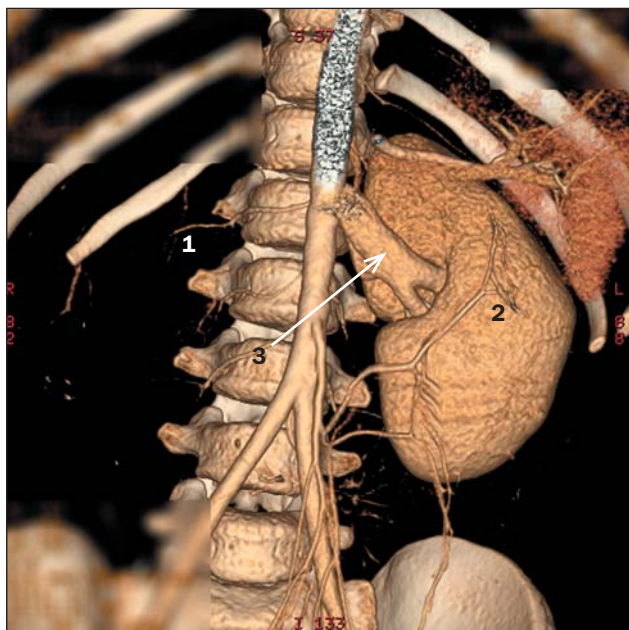


Рис. 3. МСКТ почек, артериальная фаза (двухмерные МIP-изображения): А — фронтальная проекция, Б — сагиттальная проекция): низкая (подвздошная) дистопия правой почки. Почка располагается правее от средней линии (1) на уровне L4–S1, что определяется в сагиттальной проекции (2). Имеет округлую неправильную форму, развернута воротами кпереди, с рассыпным типом кровоснабжения (3)

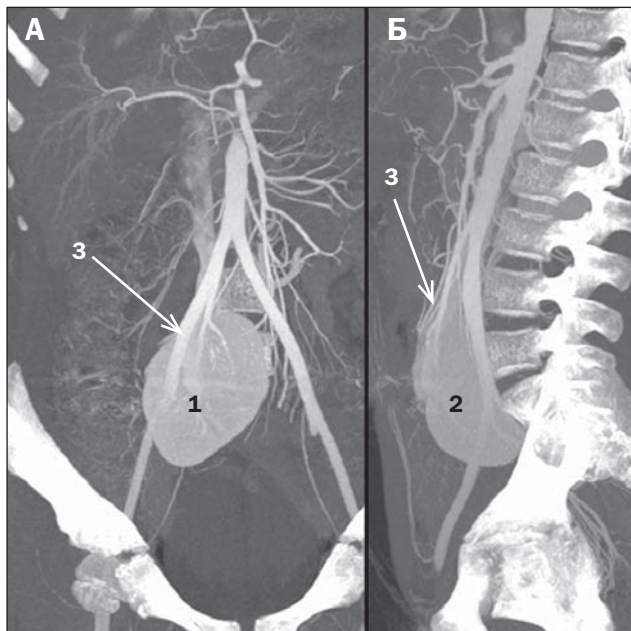
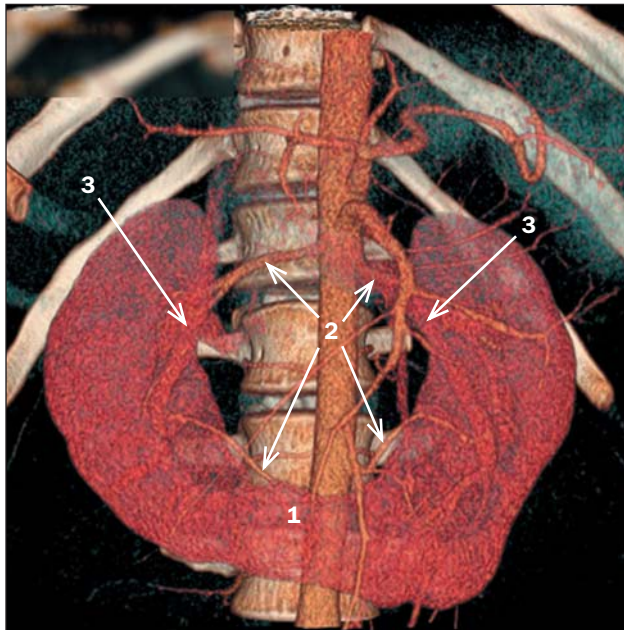


Рис. 4. МСКТ почек, артериальная фаза (трехмерная реконструкция): подковообразная почка. Визуализируются «сцепленные» нижними полюсами почки (1), образующие подковообразную форму. Хорошо видны множественные артерии (2) и вены (3) почки



обращены в противоположные стороны, чаще в сторону позвоночника) или L-, I-образные почки (рис. 5); образуются в результате дистопии одной почки, чаще правой, в противоположную сторону; срастаются, образуя единую паренхиму с лоханками, расположенными медиально. Могут сдавливать соседние органы. Возникает литиаз и пиелонефрит.

МСКТ и возможность трехмерного реконструирования изображений, по сравнению с другими методами, дают наиболее полную картину аномалий положения и топографо-анатомических взаимоотношений почек, их сосудистых пучков и ЧЛС, что немаловажно при планировании оперативного лечения.

Среди аномалий величины и структуры почек различают аплазию и гипоплазию почки, а МСКТ с высокой степенью эффективности позволит дифференцировать эти состояния между собой и зачастую исключить агенезию [9]. Аплазия характеризуется тяжелой степенью недоразвития паренхимы, нередко в сочетании с отсутствием мочеточника. При большой форме порока почка представлена комочком фибролипomatозной ткани и кистами со слабым, часто еле заметным, контрастным усилением ткани почки. При малой форме порока фиброкистозные массы сохраняют небольшое количество функционирующих нефронов, что отражается на изображениях большими участками контрастирования паренхимы почки, однако кортико-медуллярной дифференцировки не отмечается [1, 9]. Мочеточник истончен, имеет устье, но не доходит до почки, заканчиваясь слепо [10]. При врожденном уменьшении почки в связи с нарушением развития в результате недостаточного кровоснабжения говорят о гипоплазии почки (рис. 6). Сопровождается уменьшением числа чашек и нефронов, однако может сочетаться с фиброзом интерстициальной ткани, с дисплазией (развитие соединительнотканых или мышечных муфт вокруг первичных канальцев); могут возникать

кисты [11]. Односторонняя гипоплазия может и не проявиться в течение всей жизни.

Гипоплазированная почка нередко поражается пиелонефритом и служит источником нефрогенной гипертонии. Двусторонняя гипоплазия проявляется в первые годы жизни и нередко осложняется пиелонефритом [12]. Большинство детей умирают в первые годы жизни от уремии.

К кистозным аномалиям почек относятся: поликистоз почек, губчатая почка, мультикистозная дисплазия, мультикулярная и солитарная кисты. При всех этих аномалиях МСКТ не является основным методом диагностики, однако помогает оценить распространенность поражения и состояние почечной паренхимы, сосудистых пучков, наличие и сохранность выделительной системы [1, 11]. Развитие поликистоза почек связывают с нарушением эмбриогенеза в первые недели — чем раньше проявляются признаки, тем злокачественнее заболевание. Губчатая почка (медуллярная губчатая почка, спонгиозная почка) является редкой врожденной наследственной аномалией, а важнейший патологоанатомический признак заключается в кистозе мозгового слоя (рис. 7). Поскольку кисты, как полагают, представляют собой расширение дистальных канальцев и собирательных трубок, часть из них может быть выявлена и в корковом слое. Прогрессирующее интерстициальное воспаление и фиброз приводят к склерозу клубочков, атрофии коркового слоя и почечной недостаточности. Диаметр кист равняется 1–3 мм, редко бывает больших размеров. Кисты локализируются исключительно в зоне пирамид, не затрагивая кортикальный слой и бертиниевы столбы почки. Кисты иногда сообщаются с собирательными канальцами, а иногда с чашечкой. В полости кист часто обнаруживаются конкременты. Мультикистозная дисплазия — аномалия, при которой одна или реже обе почки (не совместимо с жизнью) замещены кистозными

Рис. 5. МСКТ почек, выделительная фаза (трехмерная реконструкция): L-образная почка. Почки сращены по типу «L-образной» почки — Левая почка дистопирована вправо (1), сращена и образует с правой почкой угол (2). Хорошо определяются ворота почек, развернутые кпереди и выходящие из паренхимы ЧЛС и мочеточника (3)

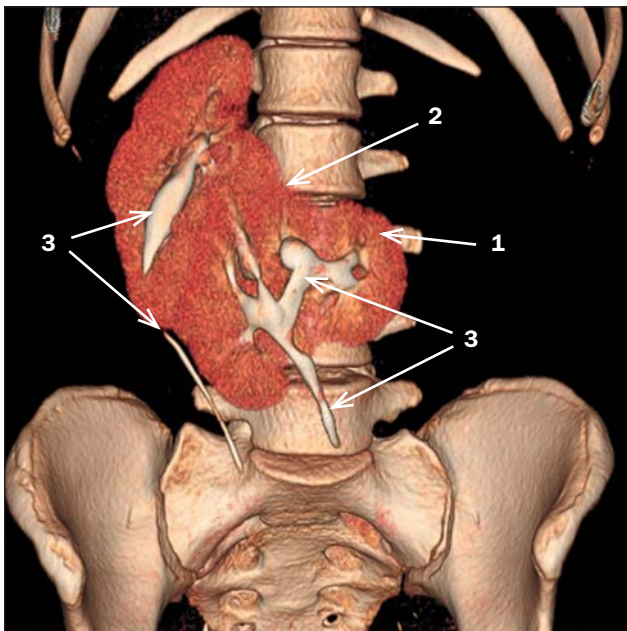
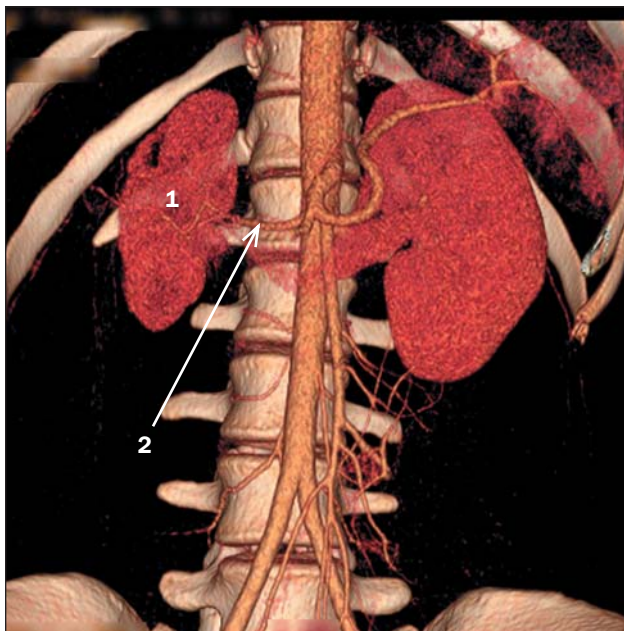


Рис. 6. МСКТ почек, артериальная фаза (трехмерная реконструкция): гипоплазия правой почки. Правая почка уменьшена в размере (1), а бобовидная форма почки сохранена. Хорошо визуализируется правая почечная артерия (2)



полостями и полностью лишены паренхимы, мочеточник отсутствует или рудиментарен [1, 11]. Иногда к почке присоединяется яичко или его придаток соответствующей стороны. При мультилокулярной кисте происходит замещение участка почки многокамерной не сообщающейся с лоханкой кистой [10]. Остальная паренхима не изменена и нормально функционирует. Солитарная киста — это одиночное кистозное образование, исходящее из паренхимы, выступающее над ее поверхностью, с серозным содержимым, изредка геморрагическим, редко — дермоидная киста с дериватами эктодермы: волосы, сальные массы, зубы. При нагноении выявляются воспалительные изменения. Осложняется пиелонефритом, артериальной гипертензией.

Об удвоении почки и мочеточников говорит наличие двух лоханок в одном массиве почечной паренхимы. Встречается 1:150, чаще у девочек. Может быть одно- и двусторонней. Связано с расщеплением мочеточникового зачатка перед врастанием его в нефрогенную бластему. В 50% случаев каждый сегмент (пиелон) удвоенной почки имеет изолированное кровообращение из аорты [10, 11]. Мочеточники, отходящие от удвоенной почки, проходят рядом, в мочевого пузыря впадают раздельно либо сливаются в один ствол (неполное удвоение), что чревато возникновением реуро-уретрального рефлюкса и способствует развитию пиелонефрита [12]. При обследовании на пиелонефрит чаще всего и выявляется эта аномалия. При полном удвоении лоханки и мочеточника чаще встречается эктопия устья мочеточника (в 10%, преимущественно у девочек). Она открывается дистальной угла мочепузырного треугольника или впадает в соседние органы. Чаще эктопированным оказывается мочеточник, дренирующий верхнюю лоханку, реже наблюдается эктопия основного или солитарного мочеточника. У девочек возможна эктопия в шейку мочевого пузыря, уретру, влагалище, матку (рис. 8), а у мальчиков — в производные вольфовых протоков, заднюю уретру, семенные пузырь-

ки, семявыносящие протоки, придаток яичка. Крайне редко мочеточник открывается в прямую кишку. МСКТ в случаях удвоения почек и мочеточников посредством создания двухмерных и трехмерных изображений достаточно точно позволяет оценить размер и ход, наличие полного или неполного удвоения мочеточников, место их слияния и впадения в мочевого пузыря или другие органы малого таза (при эктопии), одновременно с этим дает картину состояния почечной паренхимы и ЧЛС.

У детей, чаще у девочек, прогрессирующее расширение ЧЛС, вплоть до выраженных степеней гидронефроза, вследствие затруднения пассажа мочи, как правило, имеет врожденный характер [10, 11]. Причинами этого могут быть:

- стеноз лоханочно-мочеточникового сегмента;
- добавочный сосуд;
- фиксированный перегиб мочеточника;
- высокое отхождение мочеточника;
- эмбриональные спайки;
- клапан мочеточника (рис. 1).

Повышение внутрилоханочного давления ведет к ишемии и атрофии паренхимы. Скорость расширения выделительной системы, следовательно, и наступления изменений паренхимы почек, связаны со степенью обструкции. При выраженной обструкции происходит разрыв форникальных зон, моча проникает в интерстиций, попадая в венозные и лимфатические протоки форникальных зон (пиелоренальный рефлюкс), что спасает почку от быстрой гибели, но приводит к рубцовым процессам и ухудшению кровоснабжения, что, в свою очередь, способствует развитию воспалительных заболеваний почек [12].

Причинами еще одного врожденного заболевания, при котором происходит расширение и удлинение мочеточника (мегауретер), могут быть:

- 1) нервно-мышечная дисплазия стенки мочеточника;
- 2) пузырно-мочеточниковый рефлюкс;
- 3) обструкция дистального отдела мочеточника [1, 10, 11].

Рис. 7. МСКТ почек (аксиальные срезы: А — нативная фаза, Б — нефрографическая фаза): медуллярные губчатые почки. На рис. А определяется умеренное снижение плотности паренхимы почек и ее негомогенность за счет наличия уплотнения мозгового вещества и множественных кальцинатов в проекции основания пирамидок (1). Расположение кальцинатов подтверждается в нефрографическую фазу (рис. Б), в этой же фазе более отчетливо визуализируется киста в переднем сегменте левой почки (2) и сниженное контрастирование пирамидок почек (3) за счет наличия множественных мельчайших кист

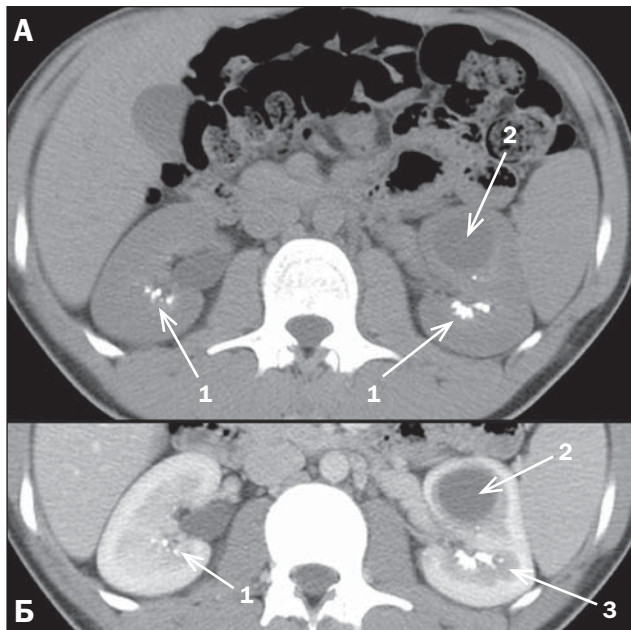
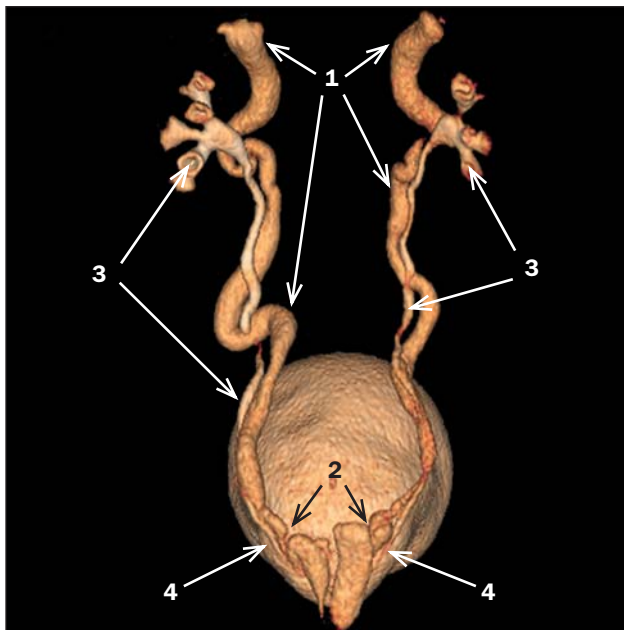


Рис. 8. МСКТ почек, выделительная фаза (трехмерная реконструкция — вид сзади): полное удвоение мочевыводящих путей с дистопией мочеточников во влагалище. Визуализируются две ЧЛС и два мочеточника с обеих сторон с дистопией верхних сегментов почек деформированы и расширены (1), мочеточники впадают во влагалище (2). ЧЛС и мочеточники нижних сегментов почек не изменены (3), мочеточники впадают в мочевой пузырь (4)



Клиника при мегауретере в основном представлена пиелонефритом неподдающимся терапии. МСКТ при врожденной гидронефрозе и мегауретере наиболее эффективна в выявлении места стеноза и его протяженности, взаимоотношении данного участка с сосудистыми пучками почек (последнее более наглядно определяется при использовании метода «двойного контрастирования»).

Таким образом, мультиспиральная компьютерная томография посредством тонких срезов, протяженности зоны исследования, четких характеристик контрасти-

рования почечной паренхимы и выделительной системы, построения двухмерных, трехмерных реконструкций и малой инвазивности дает возможность определить анатомию порока и истинную тяжесть повреждения, оценить топографо-анатомические взаимоотношения форм, размеров, состояния паренхимы органа, чашечно-лоханочной системы с архитектоникой сосудов почек; установить причины и уровень нарушения, сопутствующие anomalies развития, а также визуализировать внепочечные структуры, часто являющиеся причиной нарушения уродинамики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прокоп М. Спиральная и многослойная компьютерная томография / Под ред. А. В. Зубарева, Ш. Ш. Шотемора. — М.: МЕДпресс-информ. — 2007. — Т. 2. — 712 с.
2. Puig S., Schaefer-Prokop C., Mang T. et al. Single- and multislice spiral computed tomography of the pediatric kidney // Eur. J. Radiol. — 2002. — V. 43. — P. 139–145.
3. Кармазановский Г. Г. Спиральная компьютерная томография: болюсное контрастное усиление. — М.: Издательский дом Видар-М, 2005. — 376 с.
4. Donnelly L., Emery K., Brody A. et al. Minimizing radiation dose for pediatric body applications of single-detector helical CT: strategies at a large children's hospital // AJR 2001. — V. 176. — P. 303–306.
5. Cohnen M., Poll L. W., Puettmann C. et al. Effective doses in standard protocols for multi-slice CT scanning // Eur. J. Radiol. — 2003. — V. 13. — P. 1148–1153.
6. Fresh D. P., Spencer E. B., Donnelly L. F. et al. Optimizing contrast-enhanced abdominal CT in infants and children using bolus tracking // AJR. — 1999. — V. 172. — P. 1007–1013.

7. Meindl T., Coppens E., Kahlil R. et al. MDCT urography: retrospective determination of optimal delay time after intravenous contrast administration // Eur. J. Radiol. — 2006. — V. 16. — P. 1667–1674.
8. Ищенко Б. И. Рентгенологическое исследование органов мочевой системы. Пособие для врачей. — СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2004. — 80 с.
9. Hadar H., Gadoth N., Gillon G. Computed tomography of renal agenesis and ectopy // J. Comput. Assist. Tomogr. — 1984. — V. 8. — P. 137–143.
10. Акберов Р. Ф., Михайлов М. К., Яхин М. М. и др. Лучевая диагностика заболеваний, опухолей почек, надпочечников и пороков развития мочевых путей. — Казань, 2002. — 196 с.
11. Zieger B. Kidney diseases in childhood. 2. Congenital anomalies, cystic kidney diseases, tumors and trauma [German] // Der Radiologe. — 2000. — V. 40. — P. 656–673.
12. Dacher J.-N., Hitzel A., Avni F. E. et al. Imaging strategies in pediatric urinary tract infection // Eur. J. Radiol. — 2005. — V. 15. — P. 1283–1288.