

# Мультidetекторная компьютерная урография в визуализации патологии верхних мочевых путей — поиск оптимального протокола и пути снижения радиационной нагрузки (обзор литературы)

Е. С. Давыдова

ОКДЦ ПАО «Газпром», Москва

## Multidetector Computed Urography in the Visualization of Pathology of the Upper Urinary Tract — the Search of Optimal Protocol and Ways to Reduce Radiation Exposure (Literature Review)

E. S. Davydova

Clinical Diagnostic Center PAO «Gazprom», Moscow

### Реферат

Мультidetекторная компьютерная урография (МДКТУ) является в настоящий момент наиболее востребованным методом диагностики патологии верхних мочевых путей, все чаще вытесняя традиционную экскреторную урографию (ЭУ) как метод выбора. В обзоре литературы рассмотрены основные показания к МДКТУ, проанализированы пути снижения лучевой нагрузки: возможности модификации традиционного протокола сканирования, методика сплит-болюса и возможности двухэнергетического сканирования, позволяющего создавать виртуальные неусиленные изображения из контрастных серий. Обобщены данные отечественных и зарубежных научных источников, посвященных поиску оптимального протокола сканирования, сделан акцент на имеющихся проблемах.

**Ключевые слова:** компьютерная томография, экскреторная урография, сплит-болюс, двухэнергетическая мультиспиральная компьютерная томография.

### Abstract

Multidetector computed tomography urography (MDCTU) is currently the most widely accepted method for diagnosing diseases of the upper urinary tract, it is increasingly displacing traditional intravenous urography (IVU) as the method of choice. The literature review describes the main indications for CT urography and analyses the possible ways to reduce radiation exposure: the possibility of modifying

---

\* Давыдова Екатерина Сергеевна, врач-рентгенолог, ОКДЦ ПАО «Газпром».  
Адрес: 117997, г. Москва, ул. Наметкина, д. 16.  
Тел.: +7 (915) 229-50-29. Электронная почта: davydova\_ekaterina@yahoo.com

Davydova Ekaterina Sergeevna, Radiologist, Clinical Diagnostic Center PAO «Gazprom».  
Address: 16, ul. Nametkina, Moscow, 117997, Russia.  
Phone number: +7 (915) 229-50-29. E-mail: davydova\_ekaterina@yahoo.com

conventional scanning protocol, split-bolus techniques and dual-energy CT, which allows to create virtual unenhanced datasets. The data of russian and foreign scientific sources concerning the optimum scanning protocol search are summarized, the existing problems are highlighted.

**Key words:** Computed Tomography Urography (CTU), Intravenous Urography (IVU), Split-Bolus, Dual-Energy CT.

## Актуальность

Методика МДКТУ в настоящее время широко применяется для получения визуализации почек, мочеточников и мочевого пузыря. ЭУ долгое время являлась первым и основным инструментом диагностики патологических изменений мочевых путей. Будучи привычным исследованием, ЭУ способна предоставить информацию о ретенционных изменениях чашечно-лоханочной системы почек и мочеточников. Однако качество получаемых изображений и диагностическая ценность ЭУ в значительной мере зависят от различных факторов, таких, как подготовка кишки, адекватность функции почки пациента, отсутствие анатомической детализации, что ведет к невозможности достоверно визуализировать патологические изменения. На сегодняшний день МДКТУ все чаще вытесняет традиционную ЭУ. Во многих клинических ситуациях МДКТУ является исследованием первого ряда (гематурия, уротелиальные опухоли, постоперационное наблюдение) [1, 9, 15]. Было показано, что МДКТУ имеет ряд преимуществ перед традиционной ЭУ: она более чувствительна к конкрементам, позволяет лучше выявлять и оценивать объемные образования, воспалительные изменения паренхимы почек. Техническое развитие компьютерных томографов, появление двухэнергетической КТ и связанного с ней программного обеспечения позволяет определять

физическую плотность объекта и на этом основании судить о химическом составе конкрементов. При двухэнергетической КТ возможно создавать виртуальные бесконтрастные изображения и анализировать кинетику контрастного усиления образований почек с помощью йодных карт, при этом лучевая нагрузка не превышает таковую при традиционном КТ-исследовании [6, 7, 13]. Визуализация мочеточников может представлять сложности, в том числе из-за трудностей в получении адекватного контрастирования при нативном исследовании. МДКТУ в экскреторную фазу позволяет добиться полного контрастирования мочевых путей. Методика позволяет наглядно визуализировать изменения мочевых путей с помощью объемных 3D-реконструкций, что облегчает восприятие диагностической информации. Спектр патологических находок при МДКТУ включает аномалии развития, дефекты наполнения, расширения, сужения и отклонения от нормального хода мочеточника. МДКТУ, наряду с информацией о состоянии мочевых путей, позволяет получить прямую визуализацию прилежащих структур, дает возможность оценить брюшную полость и органы малого таза. В условиях современного стационара МДКТУ во многом заменила ЭУ и рекомендуется Европейской ассоциацией урологов в качестве «золотого стандарта» обследования верхних мочевых путей [16].

Основными показаниями к МДКТУ можно считать [8, 9, 15]:

- 1) гематурию (МДКТУ является методикой выбора как у взрослых пациентов с бессимптомной микрогематурией, определяемой при анализе мочи как 3 или более эритроцитов в поле зрения в отсутствие доброкачественной причины, например инфекции, гломерулярного заболевания, травмы, менструальных кровотечений, так и у взрослых пациентов с макрогематурией);
- 2) первичное стадирование уротелиальных опухолей и последующее наблюдение;
- 3) гидронефроз неустановленной причины;
- 4) травмы, в том числе ятрогенные повреждения, фистулы;
- 5) анатомические варианты строения мочевыделительной системы;
- 6) уролитиаз;
- 7) специфические процессы (туберкулез, эхинококкоз, микозы);
- 8) предоперационное планирование перед проведением чрескожной (перкутанной) нефролитотрипсии (ЧНЛТ);
- 9) оценка состояния почечного трансплантата.

### **Оценка почечных и уротелиальных образований, способы повышения качества изображений**

Как и традиционная ЭУ, МДКТУ обычно включает в себя нативное сканирование, кортикомедулярную (20–30 с), нефрографическую (90–100 с) и экскреторную (более 400–600 с) фазы. Возможно выполнить отсроченное исследование через 15–30 мин [8, 12]. Лучевая нагрузка и необходимость индивидуально оценивать почечную функцию

до сих пор остаются основными ограничениями методики, активно изучается безопасность рентгеноконтрастных средств и пути снижения риска развития почечной недостаточности [5, 13]. Протокол исследования адаптируется в зависимости от предварительного диагноза: для выявления конкрементов в мочевых путях у пациентов с почечной коликой используют только нативное исследование, при наличии травматического анамнеза или подозрения на ятрогенное повреждение мочеточника в некоторых случаях можно ограничиться сканированием только в экскреторную фазу [13]. Выполнение кортикомедулярной фазы не всегда является обязательным, так как известно, что объемные образования почек лучше визуализируются в нефрографическую фазу. D.H. Szolar et al. продемонстрировали в 1997 г. превосходство нефрографической фазы над кортикомедулярной в исследовании с участием 93 пациентов вследствие статистически значимой разницы между очагом и контрастированной паренхимой [14]. Очевидно, что кортикомедулярная фаза сканирования необходима для выявления сосудистых аномалий. Такие изображения особенно необходимы для поиска артериовенозных мальформаций, уретеровазального конфликта и изучения артериальной анатомии в случае планируемого хирургического лечения. У пациентов с подозрением на уретеровазальный конфликт для предварительного контрастирования возможно введение 20 мл контрастного препарата за 5–7 мин до начала исследования, что позволяет получать комбинированное изображение артерий и мочеточников [11, 13]. Другие сосудистые аномалии, такие, как аберрантные почечные вены и венозный тромбоз,

обычно могут быть визуализированы в нефрографическую фазу. Иногда от выполнения кортикомедуллярной фазы отказываются, ссылаясь на повышение лучевой нагрузки [12].

Визуализация уротелиальных очагов представляет значительные сложности, и существуют определенные ограничения в отношении МДКТУ как методики выбора в отношении объемных образований. Дефект наполнения почечной лоханки или мочеточника может быть вызван опухолью, конкрементом, сгустком крови, мицетомой или являться сосудистым вдавлением, спектр патологических изменений мочеточника также включает в себя стриктуры различного происхождения, сдавления органа извне и осложнения уретероскопии. Перистальгические сокращения мочеточника затрудняют получение адекватного контрастирования, и всегда существует теоретическая вероятность «пропустить» уротелиальную опухоль в незаконтрастированном участке. Несмотря на эти трудности, возможности МДКТУ в диагностике образований мочеточника и лоханки на сегодняшний день не вызывают сомнений, в некоторых исследованиях продемонстрировано превосходство МДКТУ над другими методами визуализации (включая ЭУ, УЗИ и ретроградную уретеропиелографию). Авторы рекомендуют МДКТУ как метод выбора у пациентов с гематурией и высокой вероятностью наличия уротелиальной опухоли, позволяющий определить целесообразность дальнейшей цистоскопии [15, 16].

Известны различные пути улучшения визуализации чашечно-лоханочной системы и мочеточников, среди них оральная гидратация, внутривенное введение физиологического раствора,

применение диуретика, сканирование на животе и использование компрессии. Специальная подготовка толстой и тонкой кишки не рекомендуется. Для увеличения гидратации и усиления диуреза возможно рекомендовать пациенту пероральный прием жидкости в объеме до 500–700 мл за 60 мин до начала исследования [17]. Оральная гидратация снижает реабсорбцию воды в почечных канальцах и таким образом уменьшает потенциальную нефротоксичность. Кроме того, снижение концентрации контрастного препарата может ослабить полосовидные артефакты, увеличивая диагностическую ценность изображения [8, 12, 17]. В качестве альтернативы (для пациентов с невозможностью принятия жидкости per os) практикуется внутривенное введение 250 мл 0,9 %-ного физиологического раствора за 30 мин до начала сканирования. Ряд исследователей подвергли сомнению эффективность использования физиологического раствора [8, 12], возможно, причина заключалась в недостаточном объеме жидкости — вводили по 100 и 250 мл соответственно. Тем не менее в большинстве случаев оральная гидратация улучшает визуализацию мочевых путей [8, 9, 17]. Было отмечено, что сложно достигнуть одинаково высокого отображения мочеточников по всей длине: в основном повышается качество изображения на уровне почечной лоханки и проксимальной части мочеточника.

По сравнению с использованием физиологического раствора внутривенное введение фуросемида (обычно в дозе 5–10 мг, за 5 мин до введения контрастного вещества) является значительно более эффективным: присутствие диуретика улучшает визуализацию как почечной лоханки, так и средней и дис-

тальной части мочеточников [8, 12]. Внутривенное введение фуросемида также используется для выявления почечных конкрементов в комбинированной нефропиелографической фазе в двухэнергетической КТ [11]. Однако существуют риски использования фуросемида у пациентов с почечной недостаточностью или дегидратацией.

Использование компрессии является неоднозначным. Как и в случае ЭУ, оно противопоказано пациентам с аневризмой брюшной аорты, острой почечной обструкцией, брюшными стомами, недавним абдоминальным хирургическим вмешательством в анамнезе. Методика часто неэффективна у тучных пациентов. Использование компрессии требует отдельного сканирования почек и проксимальных отделов мочеточника, затем средней трети мочеточника и мочевого пузыря (без компрессии). Выполнение дополнительных сканирований увеличивает лучевую нагрузку вследствие неизбежного перекрытия сканируемых областей [5]. Альтернативой может быть задержка сканирования, которая ведет к повышению качества изображений почечной лоханки, проксимальной трети мочеточника и в меньшей степени его дистальных отделов. Отсроченное сканирование также технически проще осуществить, чем методу с компрессией [8].

Анализ изображений включает стандартные проекции и построение криволинейных мультипланарных реконструкций, позволяющих проследить ход мочеточника, а также изображения максимальной интенсивности в корональной и косой корональной плоскостях. Выполнение объемных 3D-реконструкций дает возможность наглядно визуализировать изменения

мочевых путей и облегчает восприятие диагностической информации.

### **Протокол сканирования и пути снижения лучевой нагрузки**

В русскоязычной и зарубежной литературе описано несколько вариантов выполнения МДКТУ, постоянно появляются сообщения об улучшениях и совершенствовании методики, однако до сих пор не существует единого общепринятого протокола исследования. Самым большим недостатком МДКТУ является существенная доза ионизирующего излучения вследствие выполнения нескольких последовательных сканирований (средняя эффективная доза при традиционной МДКТУ составляет 14,8 мЗв, плюс-минус 9 мЗв против 3,6–9,6 мЗв при традиционной ЭУ [13], поэтому особое внимание уделяется путям снижения лучевой нагрузки на пациента (см. табл.). В настоящее время активно рекомендуется технология сплит-болюса, предполагающая получение изображений в комбинированной нефропиелографической фазе [6, 7]. Для этого после получения нативных серий последовательно с заданным интервалом времени (обычно около 10 мин) производятся 2 болюсных внутривенных введения контрастного вещества. Задержка после первого болюсного введения позволяет визуализировать чашечно-лоханочную систему, второе введение контрастного вещества контрастирует почечную паренхиму. Сканирование производится только после второго болюсного введения, что позволяет объединить нефрографическую и экскреторную фазы в одну, эффективно снижая, таким образом, дозу облучения, полученную пациентом. Длительность временной задержки между 2 болюсны-

### Основные варианты протоколов исследования при МДКТ

Методика	Протокол сканирования
Стандартный протокол — 3 фазы сканирования	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нативное сканирование.</li> <li>2. Внутривенное болюсное введение контрастного вещества.</li> <li>3. Нефрографическая фаза (около 100 с после начала болюсного введения).</li> <li>4. Экскреторная фаза (5–15 мин после начала болюсного введения)</li> </ol>
Двухфазная методика сплит-болюса (традиционное моноэнергетическое сканирование)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нативное сканирование.</li> <li>2. Первое внутривенное болюсное введение контрастного вещества.</li> <li>3. Второе внутривенное болюсное введение контрастного вещества, с 5–15-минутной задержкой.</li> <li>4. Комбинированная нефрографическая и экскреторная фаза (спустя около 100 с после второго болюсного введения контрастного вещества)</li> </ol>
Двухэнергетическая КТ, единственная фаза сканирования	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Первое внутривенное введение контрастного вещества (или сплит-болюс).</li> <li>2. Экскреторная фаза (возможно при 80 и 140 кВ).</li> <li>3. Постпроцессинговая обработка для создания виртуальных неусиленных изображений</li> </ol>

ми введениями может составлять от 5 до 15 мин, причем было показано, что увеличение временного интервала улучшает визуализацию чашечно-лоханочной системы и мочеточников [6].

Определенным недостатком этой методики считают потенциальную возможность «пропустить» небольшие уротелиальные очаги, которые недостаточно визуализировались в нативную фазу сканирования и стали менее заметными на фоне контрастного усиления во время комбинированной нефроэксреторной фазы [5].

#### Двухэнергетическое сканирование

Двухфазная КТ существует с 1970-х годов. Тем не менее только к 2006 г. появились первые серьезные попытки применения этой технологии в здравоохранении. Первоначально изображения, получаемые с помощью низкого напря-

жения, имели слишком низкое соотношение сигнал — шум и поэтому были непригодны для клинического применения. Новое поколение компьютерных томографов способно производить качественные изображения с низким напряжением, таким образом потенцируя использование технологии двухфазной КТ в клинической практике. Методика двухэнергетического сканирования великолепно отображает морфологические детали структур, характеризуется меньшей лучевой нагрузкой и имеет широкий потенциал использования в визуализации мочевой системы.

При двухэнергетическом сканировании происходит анализ поглощения не 1, а 2 спектров рентгеновского излучения. Преимущество двухэнергетической компьютерной томографии заключается в снижении лучевой нагрузки на пациента за счет одновременного ис-



пользования 2 рентгеновских трубок, на которые подается разное напряжение (обычно 80 и 140 кВ). При этом эффективная эквивалентная доза ионизирующего излучения, воздействующего на пациента, существенно снижается. На сегодняшний день существуют также двухэнергетические системы с функцией быстрого переключения напряжения между 80 и 140 кВ на рентгеновской трубке, с интервалом между излучениями от 0,25 до 0,5 мс [6].

В литературе большое внимание уделяется возможностям двухэнергетической КТ в дифференцировке почечных объемных образований. Методика использует различия в ослаблениях веществ с высокими атомными числами, такими, как у йода. Постпроцессинговые алгоритмы позволяют выполнять субтракцию контрастного вещества из контрастных серий, создавая виртуальное неусиленное изображение, что потенциально дает возможность полностью исключить нативную фазу из протокола сканирования. Также программное обеспечение позволяет создать карту распределения контрастного вещества. Полученную карту, в свою очередь, можно наложить на виртуальные неусиленные изображения и получить так называемую йодную карту. Дифференциальная диагностика сложных кист почек может представлять трудности. Их классифицируют по Bosniak (1986) на основе морфологических признаков и характера контрастного усиления компонентов кисты: образованиям присваивается низкий (Bosniak II), средний (Bosniak III) или высокий (Bosniak IV) риск озлокачествления. В 2005 г. классификация была дополнена группой IIF для образований, нуждающихся в динамическом наблюдении. Создание виртуаль-

ных неусиленных изображений позволяет отличать кисты, демонстрирующие контрастное усиление вследствие геморрагического или протеинового компонента, от злокачественных, упраздняя необходимость нативного сканирования и тем самым значительно снижая лучевую нагрузку [8] и уменьшая стоимость исследования. Создание йодных карт в дополнение к стандартным серошкальным изображениям позволяет лучше характеризовать образования и дополняет восприятие контрастного усиления. Концентрацию контрастного вещества возможно измерить количественно, что способно разрешить проблему с «псевдоусиливающимися» и «слишком маленькими для характеристики» образованиями.

Другой областью применения двухэнергетического сканирования является характеристика почечных конкрементов. Попытки определять химический состав конкрементов при помощи «традиционной» КТ не были успешными. Двухэнергетическая КТ позволяет отличать ураты от конкрементов другого состава с вероятностью, близкой к 100 % [7]. Такую высокую точность объясняют значительной разницей между атомными числами уратсодержащих и безуратных почечных конкрементов. Есть данные о возможностях дифференцировки не только продуктов мочевой кислоты, но и цистиновых, струвитных и смешанных конкрементов, что имеет значение для выбора тактики лечения [7].

Методика двухэнергетического сканирования имеет недостатки. Существующие постпроцессинговые алгоритмы недостаточно совершенны и могут «не заметить» конкременты менее 4 мм. Неэффективная субтракция йода может, напротив, создавать лож-

ное впечатление о наличии небольшого конкремента [7]. Качество полученных виртуальных неусиленных изображений незначительно, но достоверно ниже, чем у подлинных нативных серий [11]. Вследствие этого клиническое значение этой методики не вполне определено [4]. На сегодняшний день она не получила широкого распространения. Потенциально представляется целесообразным объединение методики получения бесконтрастных нативных изображений с помощью двухэнергетической КТ и технологии сплит-болюса [13, 14]. Выполнение единственной фазы сканирования при двухэнергетическом компьютерном томографе показывает хорошие результаты, снижая лучевую нагрузку на 45 % по сравнению со стандартным двухфазным протоколом [13], позволяя быстро и точно характеризовать объемные образования почек всего за одну фазу [10].

### Заключение

В условиях современного стационара МДКТУ является наиболее комплексным исследованием мочеполовой системы, во многих случаях успешно заменяет традиционную ЭУ и рекомендуется многими экспертами в качестве «золотого стандарта» для обследования верхних мочевых путей при гематурии [9, 16] и повреждениях [5]. Высокая лучевая нагрузка на пациента в связи с необходимостью проведения нескольких последовательных сканирований остается главным недостатком методики. Анализ литературных данных показывает, что на сегодняшний день отсутствует единый алгоритм проведения процедуры, каждое лечебное учреждение самостоятельно вырабатывает оптимальный для себя протокол исследования. Остаются

недостаточно изученными возможности применения технологии сплит-болюса и перспективы использования двухэнергетической КТ как пути оптимизации протокола и снижения лучевой нагрузки на пациента. Это свидетельствует о необходимости дальнейшего изучения эффективности МДКТУ, разработки ее оптимальной методики диагностики заболеваний и повреждений мочеточников.

### Список литературы

1. *Аляев Ю. Г., Ахвледуани Н. Д.* Современное применение компьютерной томографии в урологии // Медицинский вестник Башкортостана. 2011. Т. 6. № 2. С. 208–211.
2. *Васильева М. А., Егорова Е. А.* Возможности УЗИ и КТ в диагностике ограниченного перитонита при перфорации мочеточника // Вестник рентгенологии и радиологии. 2011. № 2. С. 55–58.
3. *Виноградова О. А.* Роль многосрезовой компьютерной томографии в диагностике урологических осложнений после операций на органах малого таза у женщин // Радиология — практика. 2016. Т. 55. № 1. С. 14–23.
4. *Громов А. И.* Научно-технический прогресс лучевой диагностики в урологии // Российский электронный журнал лучевой диагностики. 2012. № 2. 43–51.
5. *Громов А. И., Буйлов В. М.* Лучевая диагностика и терапия в урологии: Национальное руководство. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2011. С. 72–73.
6. *Ascenti G., Mileto A., Gaeta M. et al.* Single phase dual-energy CT urography in the evaluation of haematuria // Clin. Radiol. 2013. V. 68. № 2. P. 87–94.
7. *Botsikas D., Hansen C., Stefanelli S. et al.* Urinary stone detection and characterization with dual energy CT uro-



- graphy after furosemide intravenous injection: preliminary results // *Eur. Radiol.* 2014. № 24. P. 709–714.
8. *Cook C. K. L., Williams M., Thornton M. et al.* Computed tomography urography: a pictorial review and discussion of technique // *ECR Poster.* 2010. P. 1345.
  9. *Cowan N. C.* CT urography for hematuria // *Nat. Urol.* 2012. № 9. P. 218–226.
  10. *Graser A., Becker C. R., Staehler M. et al.* Single phase dual-energy CT allows for characterization of renal masses as benign or malignant // *Investigative Radiol.* 2010. V. 45. № 7. P. 399–405.
  11. *Kaza R. K., Platt J. F., Cohan R. H. et al.* Dual energy CT with single-and dual-source scanners: current applications in evaluating the genitourinary tract // *Radiographics.* 2012. № 32. P. 353–369.
  12. *Keynes Tze-Anns' Low, Hui Seong.* The CT urography: an update in imaging technique // *Current Radiol. Reports.* 2015. V. 8. № 3. P. 2–9.
  13. *Lundin M., Liden M., Magnuson A. et al.* Virtual non-contrast dual-energy CT compared to single-energy CT of the urinary tract: a prospective study // *Acta Radiol.* 2012. № 53. P. 689–694.
  14. *Mileto A., Marin D., Ramirez-Giraldo J. C. et al.* Accuracy of contrast enhanced dual-energy MDCT for the assesement of iodine uptake in renal lesions // *Am. J. of Roentgenol.* 2014. V. 214. № 5. P. 17–24.
  15. *Potenta D'Agostino R., Sternberg S. E., Tatsumi K.* CT urography for the evaluation of the ureter // *Radiographics.* 2015. V. 35. № 3. P. 709–726.
  16. *Roupert M., Zigeuner R., Palou J. et al.* Guidelines on urothelial carcinomas of the upper urinary tract // *Eur. Association of Urology.* 2011. P. 5.
  17. *Szolar D. H., Tillich M., Preidler K. W.* Multidetector CT urography: effect of oral hydration and contrast medium volume on renal parenchymal enhancement and urinary tract opacification – a quantitative and qualitative analysis // *Eur. Radiol.* 2010. V. 20. № 9. P. 2146–2152.

## References

1. *Alaev U. G., Ahvledani N. D.* Current place of computed tomography in urography. *Medizinskiy vestnik Bashkortostana.* 2011. V. 6. No. 2. P. 208–211 (in Russian).
2. *Vasilyeva M. A., Egorova E. A.* Capabilities of ultrasound study and computed tomography in the diagnosis of circumscribed peritonitis in ureteral perforation. *Vestnik rentgenologii i radiologii.* 2011. No. 2. P. 55–58 (in Russian).
3. *Vinogradova O. A.* The role of multislice computed tomography in the diagnosis of urological complications after pelvic surgery in women. *Radiologia – praktika.* 2016. V. 55. No. 1. P. 14–23 (in Russian).
4. *Gromov A. I.* Scientific and technical progress in urological radiology. *Rossiskiy elektronniy jurnal luchevoj diagnostiki.* 2012. No. 2. P. 43–51 (in Russian).
5. *Gromov A. I., Buylov V. M.* Radiology and radiological therapy in urology: national textbook. Moscow: GEOTAR-Media, 2011. P. 72–73 (in Russian).
6. *Ascenti G., Mileto A., Gaeta M., Blandino A., Mazziotti S. Scribano E.* Single phase dual-energy CT urography in the evaluation of haematuria. *Clinical Radiol.* 2013. V. 68. No. 2. P. 87–94.
7. *Botsikas D., Hansen C., Stefanelli S., Becker S. D., Montet X.* Urinary stone detection and characterization with dual energy CT urography after furosemide intravenous injection: preliminary results. *European Radiology.* 2014. No. 24. P. 709–714.
8. *Cook C. K. L., Williams M., Thornton M., Cole J., Hopkins R.* Computed tomography urography: a pictorial review and dis-

- cussion of technique. ECR Poster. 2010. P. 1345.
9. Cowan N. C. CT urography for hematuria. *Nature Reviews Urology*. 2012. No. 9. P. 218–26.
  10. Graser A., Becker C.R., Staehler M. et al. Single phase dual-energy CT allows for characterization of renal masses as benign or malignant. *Investigative Radiology*. 2010. V. 45. No. 7. P. 399–405.
  11. Kaza R. K., Platt J. F., Cohan R. H., Caoili E. M., Al-Hawary M. M., Wasnik Ashish. Dual energy CT with single-and dual-source scanners: current applications in evaluating the genitourinary tract. *RadioGraphics*. 2012. No. 32. P. 353–369.
  12. Keynes Tze-Anns' Low, Hui Seong. The CT urography: An update in imaging technique. *Current Radiology Reports*. 2015. V. 8. No. 3. P. 2–9.
  13. Lundin M., Liden M., Magnuson A. et al. Virtual non-contrast dual-energy CT compared to single-energy CT of the urinary tract: a prospective study. *Acta Radiology*. 2012. No. 53. P. 689–694.
  14. Mileto A., Marin D., Ramirez-Giraldo J.C. et al. Accuracy of contrast enhanced dual-energy MDCT for the assesement of iodine uptake in renal lesions. *American Journal of Roentgenology*. 2014. V. 214. No. 5. P. 17–24.
  15. Potenta D'Agostino R., Sternberg S. E., Tatsumi K., Perusse K. CT Urography for the evaluation of the ureter. *RadioGraphics*. 2015. V. 35. No. 3. P. 709–726.
  16. Roupert M., Zigeuner R., Palou J., Boehle A., Kaasinen E., Silvester R., Babjuk R., Oosterlink W. Guidelines on urothelial carcinomas of the upper urinary tract. *European Association of Urology*. 2011. P.5.
  17. Szolar D. H., Tillich M., Preidler K.W. Multidetector CT urography: effect of oral hydration and contrast medium volume on renal parenchymal enhancement and urinary tract opacification — a quantitative and qualitative analysis. *European Radiology*. 2010. V. 20. No. 9. P. 2146–2152.

### Сведения об авторе

**Давыдова Екатерина Сергеевна**, врач-рентгенолог отделения магнитно-резонансной томографии отдела лучевой диагностики ОКДЦ ПАО «Газпром».

Адрес: 117997, г. Москва, ул. Наметкина, д. 16.  
Тел.: + 7 (495) 719-24-92. Электронная почта: davydova\_ekaterina@yahoo.com

**Davydova Ekaterina Sergeevna**, Radiologist of Magnetic Resonance Division of Department of Radiology, Clinical Diagnostic Center PAO «Gazprom».

Address: 16, ul. Nametkina, Moscow, 117997, Russia.  
Phone number: + 7 (915) 229-50-29. E-mail: davydova\_ekaterina@yahoo.com

### Финансирование исследования и конфликт интересов.

*Исследование не финансировалось какими-либо источниками. Автор заявляет, что данная работа, ее тема, предмет и содержание не затрагивают конкурирующих интересов.*