

DOI: 10.24835/1607-0763-2018-4-59-64

Опыт применения двухэнергетической компьютерной томографии у пациента с мочекаменной болезнью

Капанадзе Л.Б.^{1*}, Серова Н.С.¹, Руденко В.И.², Александрова К.А.¹

¹ Кафедра лучевой диагностики и лучевой терапии лечебного факультета ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

² Кафедра урологии ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва, Россия

Experience of using dual-energy computed tomography in patient with urolithiasis

Kapanadze L.B.^{1*}, Serova N.S.¹, Rudenko V.I.², Aleksandrova K.A.¹

¹ Radiology department, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

² Urology department, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia

Представлено клиническое наблюдение применения двухэнергетической компьютерной томографии (ДЭКТ) у пациента с мочекаменной болезнью. Проведена комплексная оценка специфических показателей, полученных при ДЭКТ: двухэнергетическое отношение, двухэнергетическая разность, двухэнергетический индекс, эффективный атомный номер (Z_{eff}), а также определен физико-химический состав мочевого камня у пациента в предоперационном периоде для выбора оптимального хирургического пособия и метафилактики.

Ключевые слова: мочекаменная болезнь, нефролитиаз, мочевые камни, мультиспиральная компьютерная томография, двухэнергетическая компьютерная томография.

Ссылка для цитирования: Капанадзе Л.Б., Серова Н.С., Руденко В.И., Александрова К.А. Опыт применения двухэнергетической компьютерной томографии у пациента с мочекаменной болезнью. *Медицинская визуализация*. 2018; 22 (4): 59–64. DOI: 10.24835/1607-0763-2018-4-59-64.

We presented a clinical case of dual-energy computed tomography in a patient with urolithiasis. Was performed a complex evaluation of the specific parameters obtained in dual-energy computed tomography: dual-energy ratio, dual-energy difference, dual-energy index, Z effective and the chemical composition of the urinary stone in a patient

in vivo to determine the tactics of surgical treatment and metaphylaxis.

Key words: urolithiasis, nephrolithiasis, urinary stones, multispiral computed tomography, dual-energy computed tomography.

Recommended citation: Kapanadze L.B., Serova N.S., Rudenko V.I., Aleksandrova K.A. Experience of using dual-energy computed tomography in patient with urolithiasis. *Medical Visualization*. 2018; 22 (4): 59–64. DOI: 10.24835/1607-0763-2018-4-59-64.

Введение

Мочекаменная болезнь (МКБ) – одна из самых часто встречающихся урологических патологий, поражающая около 3% населения по всему миру, распространенность МКБ в разных странах колеблется от 5 до 10%. На сегодняшний день создание новых методов диагностики, лечения, профилактики и метафилактики МКБ является приоритетным направлением исследований и имеет огромную клиническую и социальную значимость. В настоящее время оценка состава мочевых конкрементов остается крайне актуальной задачей, поскольку помогает в том числе прогнозировать



результаты оперативного лечения [1–3]. Мульти-спиральная компьютерная томография (МСКТ) является “золотым стандартом” в диагностике МКБ. В настоящее время в урологической практике происходит активное освоение нового метода – двухэнергетической компьютерной томографии (ДЭКТ). Принцип ДЭКТ заключается в получении специфических данных на основе использования источника, генерирующего излучение с разными параметрами энергии, и датчиков, способных различать рентгеновские кванты на разных уровнях энергии. Особенность данного метода заключается в способности дифференцировать материал на основе не только его плотности, но также элементарного состава и энергии поглощаемого фотонного пучка. В урологической практике ДЭКТ используется для оценки состава мочевого камня для последующего планирования лечебной тактики. В процессе исследования возможно определение различных показателей, на основе которых происходит прогнозирование химического состава конкрементов: двухэнергетическое отношение (ДЭО), двухэнергетический индекс (ДЭИ), двухэнергетическая разность (ДЭР), эффективный атомный номер материала (Z_{eff}).

Материал и методы

Пациент А., 34 лет, обратился в клинику урологии Сеченовского Университета с жалобами на тупую, ноющую боль в левой половине поясничной области. Пациент был госпитализирован в клинику с диагнозом: МКБ, камень левой почки. Из анамнеза заболевания: в 2011 г. пациент впервые обратился к урологу по поводу камня правого мочеточника, в урологическом стационаре была выполнена контактная уретеролитотрипсия. В 2015 г. при плановом ультразвуковом исследовании (УЗИ) был выявлен камень левой почки. В течение длительного времени пациент за медицинской помощью не обращался. Жалобы стали беспокоить в течение последнего месяца.

При объективном осмотре: общее состояние удовлетворительное, кожные покровы и видимые слизистые бледно-розовые. При аускультации в легких дыхание везикулярное, ЧДД 17 в минуту. Область сердца визуально не изменена, сердечные тоны ясные, ритмичные, ЧСС 78 в минуту, АД 120/70 мм рт.ст. Живот не вздут, при пальпации мягкий, безболезненный. Перитонеальных симптомов нет. Отмечается болезненность при пальпации в поясничной области слева, слабopоложительный симптом Пастернацкого слева. Мочится самостоятельно, дизурии нет.

Проведены исследования: общий анализ крови, биохимический анализ крови, анализ мочи, УЗИ мочевыделительной системы. В клиническом и биохимическом анализах крови изменений не выявлено. В общем анализе мочи отмечались лейкоцитурия (20–30 клеток в поле зрения), эритроцитурия (10–15 клеток в поле зрения), повышенное содержание белка (0,3 г/л). При УЗИ в нижней группе чашечек левой почки была обнаружена гиперэхогенная структура овальной формы с акустической тенью размерами 10,9 × 11 мм, дилатации нет. С целью более детальной диагностики пациенту была выполнена МСКТ с внутривенным болюсным контрастированием (контрастный препарат Ультравист-370, 90 мл), в том числе в двухэнергетическом режиме, на компьютерном томографе Toshiba Aquillion One (Canon), Япония (рис. 1). Параметр энергии трубки в стандартом режиме – 120 кВ, при ДЭКТ – 80 кВ/135 кВ, режим томографирования спиральный/объемный, сила тока – 50 мА/290 мА, толщина среза 0,5 см.

В описании был использован предложенный нами расширенный протокол, включающий в себя следующие пункты:

- локализация конкремента;
- размер, объем конкремента;
- плотность конкремента (на изображениях при 120, 80 и 135 кВ);

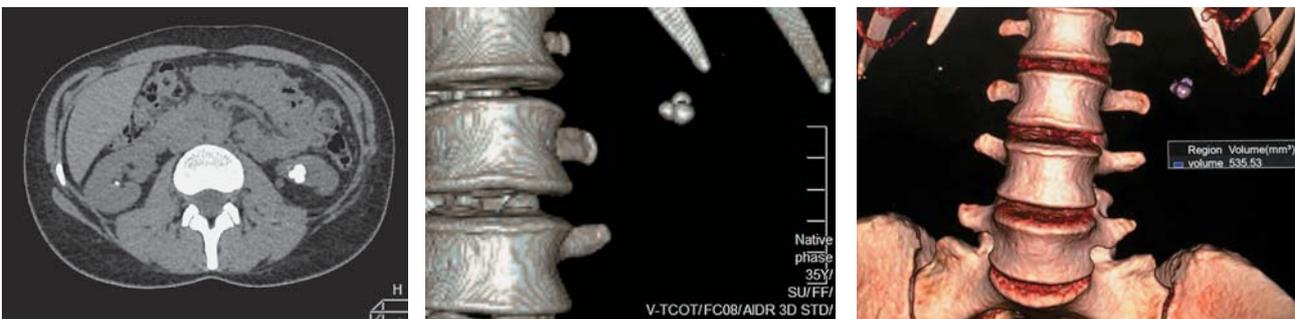


Рис. 1. МСКТ, аксиальная и мультипланарные реконструкции. В нижней группе чашечек левой почки определяется конкремент неправильной округлой формы размерами 10,9 × 11,2 см, объемом 535 см³.

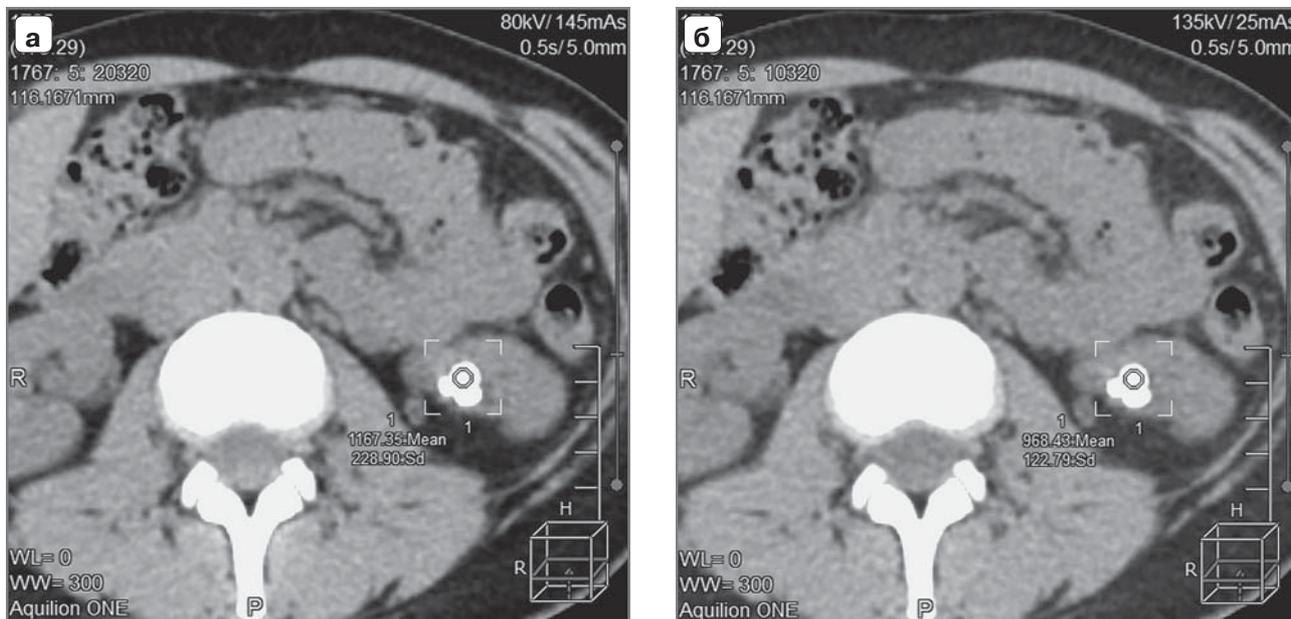


Рис. 2. Двухэнергетическая компьютерная томография, аксиальные реконструкции. а – изображение при 80 кВ; б – изображение при 135 кВ.

- оценка специфических показателей, полученных при ДЭКТ: ДЭО, ДЭИ, ДЭР, Z_{eff} ;
- зональная структура конкремента (измерение плотности в центре и по периферии);
- прогнозирование химического состава конкремента;
- оценка чашечно-лоханочной системы и мочевых путей.

Специфические показатели при ДЭКТ определялись следующим образом: ДЭО = $(X_{80 \text{ кВ}}/X_{135 \text{ кВ}})$; ДЭИ = $(X_{80 \text{ кВ}} - X_{135 \text{ кВ}})/(X_{80 \text{ кВ}} + X_{135 \text{ кВ}} + 2000)$; ДЭР = $(X_{80 \text{ кВ}} - X_{135 \text{ кВ}})$, где $X_{80 \text{ кВ}}$ – плотность камня при 80 кВ, $X_{135 \text{ кВ}}$ – плотность камня при 135 кВ (рис. 2).

При измерении плотности было выявлено следующее значение ДЭО: плотность при 80 кВ (1167 HU)/плотность при 135 кВ (968 HU) = $1167/968 = 1,2$. Таким образом, показатель ДЭО = 1,2, ДЭИ = 0,048, ДЭР = 199.

Вывод сделан на основе низкого ДЭО, характерного для камней, состоящих из мочевой кислоты, и высокого Z_{eff} , свидетельствующего о наличии Са-содержащего компонента.

Таким образом, по результатам МСКТ мы получили следующее заключение: в нижней группе чашечек левой почки определяется конкремент неправильной округлой формы, с четкими ровными контурами, размерами 1,2 × 1,1 × 1,2 см, объемом 535 см³, плотностью от +968 до +1167 HU, специфические показатели: ДЭО 1,2, ДЭИ = 0,048, ДЭР = 199, Z_{eff} 15,23; смешанный химический со-

став конкремента с уратными Са-содержащим компонентом (рис. 3, 4).

С учетом выявленных изменений в плановом порядке пациенту было выполнено оперативное лечение: дистанционная нефролитотрипсия слева. Камень фрагментировался в послеоперационном периоде в течение 5 дней, фрагменты отошли

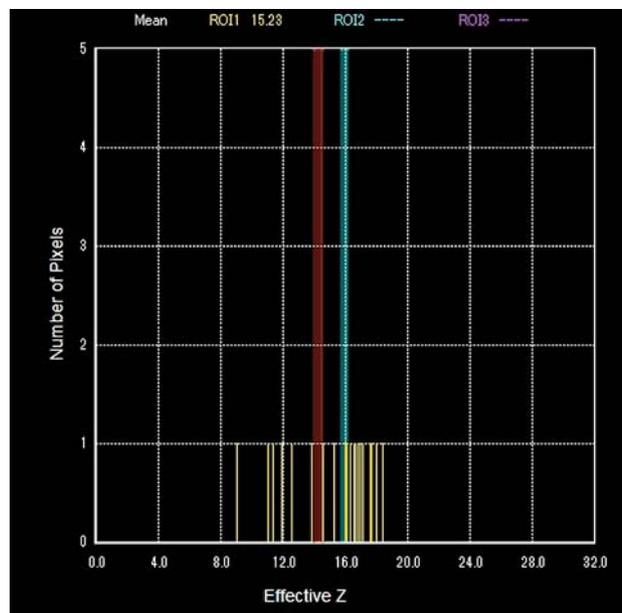


Рис. 3. Двухэнергетическая компьютерная томография, определение Z_{eff} . Показатель эффективного атомного номера (Z_{eff}) соответствовал 15,23.

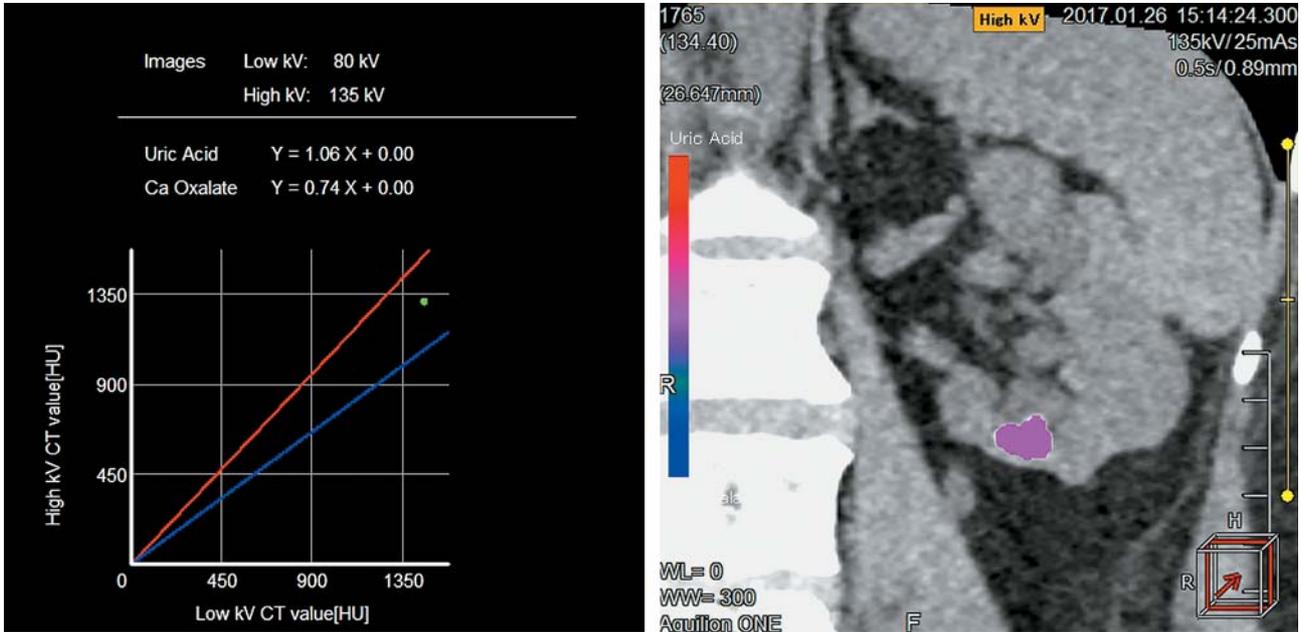


Рис. 4. Предполагаемый химический состав: смешанный камень с преобладанием уратного компонента.

на фоне литокинетической терапии (канефрон, баралгин), в последующем фрагменты камня были подвергнуты комплексному физико-химическому исследованию, по данным которого образец имел следующий состав (см. таблицу).

Рентгенофазовый анализ полученных конкрементов. Фрагменты камней представлены в 70,2% мочевой кислотой, в 23,1% вевелитом, 6,7% вевделлитом

Компонент	%
Мочевая кислота дигидрат	70,2
Кальция оксалата моногидрат (вевелит)	23,1
Кальция оксалата дигидрат (ведделлит)	6,7

Обсуждение

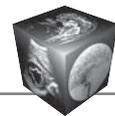
В представленном клиническом наблюдении возраст и пол пациента был характерен для группы риска МКБ. Учитывая результаты предварительного клинического обследования: осмотр, жалобы пациента, результаты лабораторных исследований, УЗИ, с целью детализации клинической формы МКБ, вида камнеобразования и определения тактики лечения (дистанционная нефролитотрипсия или рентгенэндоскопическая хирургия) была проведена МСКТ, в том числе ДЭКТ.

Данное наблюдение представляет интерес вследствие возможности точного предоперационного определения состава камня при помощи инновационного метода – ДЭКТ, которая позволяет определить оптимальный метод лечения и про-

филактики [1, 3, 4]. К примеру, камни из мочевой кислоты поддаются цитратному литолизу, а моногидрат оксалата кальция, фосфаты кальция и цистиновые конкременты имеют повышенную устойчивость к дистанционной литотрипсии и требуют больше сеансов по сравнению с камнями других физико-химических составов (струвитные камни, дигидрат оксалата кальция и т.д.) [5–9].

На основе данных проанализированной литературы были получены пороговые значения специфических показателей для разных видов камней. При этом наиболее часто используемыми показателями являлись ДЭО и Z_{eff} , взятые за основу классификации в нашем клиническом случае. Так, например, в работах S. Acharya и соавт. (2015), G. Hidas и соавт. (2010), B. Matlaga и соавт. (2008) ДЭО для камней со 100% содержанием мочевой кислоты составил 0,88–1,18, менее 1,1, 1,04–1,09 соответственно [10–12]. N.M. Kulkarni и соавт. (2013) в своей работе указывают, что Z_{eff} от 6,2 до 7,8 характерен для камней со 100% содержанием мочевой кислоты, а Z_{eff} от 11,2 до 14,4 – для 100% вевеллита [13].

Трудности диагностики в представленном наблюдении были обусловлены пограничными специфическими показателями, полученным при ДЭКТ, характерными для разных типов камней. Так, ДЭО менее 1,22 характерно для уратных камней, но Z_{eff} более 12 – для Ca-содержащих камней. Полученный результат был обусловлен неоднородным составом камня и отсутствием выраженного преобладания одного компонента.



В данном клиническом наблюдении на тактику лечения повлияли результаты предоперационной оценки химического состава с помощью ДЭКТ. Так, при обнаружении вевелита (ДЭО в диапазоне 1,33–1,41) пациенту было бы рекомендовано эндоурологическое вмешательство – чрескожная нефролитотрипсия, по причине наличия нескольких факторов риска неэффективности дистанционной литотрипсии (ДЛТ): относительно высокой плотности камня (968–1167 НУ) и наличия вевелита – относительно резистентного к ДЛТ камня [5–13]. Однако выявление с помощью ДЭКТ камня преимущественно из мочевой кислоты позволило сделать выбор в пользу менее инвазивного вмешательства – ДЛТ.

В послеоперационном периоде в случае невозможности проведения физико-химического анализа полученных фрагментов (недостаточность полученного материала для проведения анализа, экономическая несостоятельность или незаинтересованность пациента) на основе данных ДЭКТ пациентам может быть рекомендована специфическая метафилактика камнеобразования с учетом высокой диагностической эффективности метода в отношении уратного и Са-оксалатного вида камнеобразования [1, 3, 4, 10–13].

Таким образом, данное клиническое наблюдение показывает клиническую целесообразность и значимость ДЭКТ в диагностике МКБ, так как позволяет детализировать физико-химические характеристики мочевого камня (размер, структурность, плотность), прогнозировать физико-химический состав с учетом специфических показателей, а также анатомо-функциональное состояние мочевых путей. Мы считаем, что разработанный нами протокол и технические возможности ДЭКТ позволяют выбрать наиболее рациональный метод хирургического лечения и разработать оптимальную метафилактику рецидивного камнеобразования.

Список литературы

1. Аляев Ю.Г., Руденко В.И., Газимиев М.-С.А. Мочекаменная болезнь. Актуальные вопросы диагностики и выбора метода лечения. М., Триада, 2006: 10–16.
2. Константинова О.В., Шадеркина В.А. Эпидемиологическая оценка мочекаменной болезни в амбулаторной урологической практике. *Экспериментальная и клиническая урология*. 2015; 1: 11–14.
3. Ngo T.C., Assimos D.G. Uric acid nephrolithiasis: recent progress and future directions. *Rev. Urol.* 2007; 9: 17–27.
4. Капанадзе Л.Б., Серова Н.С., Руденко В.И. Аспекты применения двухэнергетической компьютерной томографии в диагностике мочекаменной болезни. *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2017; 7 (3): 165–173. DOI: 10.21569/2222-7415-2017-7-3-165-173.
5. Dretler S.P. Stone fragility—a new therapeutic distinction. *J. Urol.* 1988; 139: 1124–1127.
6. Pittomvils G., Vandeursen H., Wevers M., Lafaut J.P., De Ridder D., De Meester P., Boving R., Baert L. The influence of internal stone structure upon the fracture behaviour of urinary calculi. *Ultrasound Med. Biol.* 1994; 20: 803–810.
7. Rutchik S.D., Resnick M.I. Ureteropelvic junction obstruction and renal calculi: pathophysiology and implications for management. *Urol. Clin. N. Am.* 1998; 25: 317–21.
8. Saw K.C., Lingeman J.E. Management of calyceal stones. *AUA Update Series*. 1999; 20: 154–159.
9. Zhong P., Preminger G.M. Mechanisms of differing stone fragility in extracorporeal shockwave lithotripsy. *J. Endourol.* 1994; 8 (4): 263–268.
10. Acharya S., Goyal A., Bhalla A.S., Sharma R., Seth A., Gupta A.K. In vivo characterization of urinary calculi on dual-energy CT: going a step ahead with sub-differentiation of calcium stones. *Acta Radiol.* 2015; 56 (7): 881–889. DOI: 10.1177/0284185114538251.
11. Hidas G., Eliahou R., Duvdevani M., Coulon P., Lemaitre L., Gofrit O.N., Pode D., Sosna J. Determination of renal stone composition with dual-energy CT: in vivo analysis and comparison with x-ray diffraction. *Radiology*. 2010; 257 (2): 394–401. DOI: 10.1148/radiol.10100249.
12. Matlaga B.R., Kawamoto S., Fishman E. Dual source computed tomography: a novel technique to determine stone composition. *Urology*. 2008; 72 (5): 1164–1168. DOI: 10.1016/j.urology.2008.03.051
13. Kulkarni N.M., Eisner B.H., Pinho D.F., Joshi M.C., Kambadakone A.R., Sahani D.V. Determination of renal stone composition in phantom and patients using single-source dual-energy computed tomography. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2013; 37 (1): 37–45. DOI: 10.1097/RCT.0b013e3182720f66

References

1. Alyaev Yu.G., Rudenko V.I., Gazimiev M.-S.A. Urolithiasis. Modern aspect of diagnostics and treatment. Moscow, Triada, 2006: 10–16. (In Russian)
2. Konstantinova O.V., Shaderkina V.A. Epidemiological assessment of urolithiasis in outpatient urological practice. *Experimental and clinical urology*. 2015; 1: 11–14. (In Russian)
3. Ngo T.C., Assimos D.G. Uric acid nephrolithiasis: recent progress and future directions. *Rev. Urol.* 2007; 9: 17–27.
4. Kapanadze L.B., Serova N.S., Rudenko V.I. Application of dual-energy computer tomography in diagnostics of urolithiasis. *REJR*. 2017; 7 (3): 165–173. DOI: 10.21569/2222-7415-2017-7-3-165-173. (In Russian)
5. Dretler S.P. Stone fragility—a new therapeutic distinction. *J. Urol.* 1988; 139: 1124–1127.
6. Pittomvils G., Vandeursen H., Wevers M., Lafaut J.P., De Ridder D., De Meester P., Boving R., Baert L. The influence of internal stone structure upon the fracture behaviour of urinary calculi. *Ultrasound Med. Biol.* 1994; 20: 803–810.
7. Rutchik S.D., Resnick M.I. Ureteropelvic junction obstruction and renal calculi: pathophysiology and implications for management. *Urol. Clin. N. Am.* 1998; 25: 317–21.
8. Saw K.C., Lingeman J.E. Management of calyceal stones. *AUA Update Series*. 1999; 20: 154–159.



9. Zhong P., Preminger G.M. Mechanisms of differing stone fragility in extracorporeal shockwave lithotripsy. *J. Endourol.* 1994; 8 (4): 263–268.
10. Acharya S., Goyal A., Bhalla A.S., Sharma R., Seth A., Gupta A.K. In vivo characterization of urinary calculi on dual-energy CT: going a step ahead with sub-differentiation of calcium stones. *Acta Radiol.* 2015; 56 (7): 881–889. DOI: 10.1177/0284185114538251.
11. Hidas G., Eliahou R., Duvdevani M., Coulon P., Lemaitre L., Gofrit O.N., Pode D., Sosna J. Determination of renal stone composition with dual-energy CT: in vivo analysis and comparison with x-ray diffraction. *Radiology.* 2010; 257 (2): 394–401. DOI: 10.1148/radiol.10100249.
12. Matlaga B.R., Kawamoto S., Fishman E. Dual source computed tomography: a novel technique to determine stone composition. *Urology.* 2008; 72 (5): 1164–1168. DOI: 10.1016/j.urology.2008.03.051
13. Kulkarni N.M., Eisner B.H., Pinho D.F., Joshi M.C., Kambadakone A.R., Sahani D.V. Determination of renal stone composition in phantom and patients using single-source dual-energy computed tomography. *J. Comput. Assist. Tomogr.* 2013; 37 (1): 37–45. DOI: 10.1097/RCT.0b013e3182720f66

Для корреспонденции*: Капанадзе Лидия Бадриевна – 142408, Московская область, Ногинский район, ул. Жасминовая, д. 8. Тел.: +7-903-599-71-66. E-mail: Lidakap@rambler.ru

Капанадзе Лидия Бадриевна – ассистент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии лечебного факультета ФGAOY BO Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва.

Серова Наталья Сергеевна – член-корр. РАН, доктор мед. наук, профессор, профессор кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии лечебного факультета ФGAOY BO Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва.

Руденко Вадим Игоревич – доктор мед. наук, профессор кафедры урологии ФGAOY BO Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва.

Александрова Ксения Александровна – ассистент кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии лечебного факультета ФGAOY BO Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Москва.

Contact*: Lidia B. Kapanadze – 142408, Moscow region, Jasminovaya str., 8. Phone: +7-903-599-71-66. E-mail: lidakap@rambler.ru

Lidia B. Kapanadze – research assistant, radiology department of I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow.

Natalya S. Serova – corresponding member RAS, doct. of med. sci., Professor, Professor of Radiology dept., I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow.

Vadim I. Rudenko – doct. of med. sci., Professor, urology department of I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow.

Kseniya A. Aleksandrova – research assistant, radiology department of I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow.

Поступила в редакцию 05.06.2018.
Принята к печати 27.09.2018.

Received on 05.06.2018.
Accepted for publication on 27.09.2018.