

ВОЗМОЖНОСТИ ДВУХЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ МУЛЬТИСРЕЗОВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ СМЕШАННОГО И НЕУРАТНОГО УРОЛИТИАЗА

*С.С. Винниченко – врач рентгенолог^{1,2}
Т.Ю. Алексахина – врач-рентгенолог, к.м.н.¹
А.Ю. Васильев – д.м.н., профессор, чл.-корр. РАН^{2,3}

¹МЧУ «Отраслевой клинико-диагностический центр ПАО «Газпром»
117420 Российская Федерация, г. Москва, ул. Наметкина, 16, к.4
²ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет
им. А.И. Евдокимова» Минздрава России
127473 Российская Федерация, г. Москва, ул. Десятская, 20, стр.1
³ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики»
109431 Российская Федерация, г. Москва, ул. Авиастроителя Милая, 15 к.1

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

- двухэнергетическая мультисрезовая компьютерная томография
- мочекаменная болезнь
- химический состав камня

АННОТАЦИЯ:

Цель исследования: оценить возможности двухэнергетической мультисрезовой компьютерной томографии (МСКТ) в определении состава почечных камней.

Материалы и методы: двухэнергетическая МСКТ проведена у 60 пациентов с уролитиазом различной локализации (мужчины - 63,3%, женщины - 36,7%). Выделены 2 группы пациентов: со смешанным (одновременно у пациента диагностировались камни как уратного, так и неуратного строения) и неуратным составом камней. Из 60 пациентов у 16 (10 человек – из смешанной группы и 6 человек – из неуратной) проводился химический анализ камней методом ИК-спектроскопии и рентгенофазовым анализом. Полученные данные сопоставлялись с данными двухэнергетической МСКТ.

Результаты: в большинстве случаев (93,7 %) результаты химического анализа камней подтверждали строение уролитов, полученное методом двухэнергетической МСКТ.

Выводы: метод двухэнергетической мультисрезовой компьютерной томографии эффективен в определении состава камней мочевыделительной системы, представляется перспективным методом в диагностике мочекаменной болезни, расширяет возможности современной урологии в планировании ведения больных уролитиазом.

Для цитирования: Винниченко С.С., Алексахина Т.Ю., Васильев А.Ю. «ВОЗМОЖНОСТИ ДВУХЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ МУЛЬТИСРЕЗОВОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ В ДИАГНОСТИКЕ СМЕШАННОГО И НЕУРАТНОГО УРОЛИТИАЗА». Журнал «Диагностическая и интервенционная радиология». 2018; 12(2);51–55.

POSSIBILITIES OF DUAL-ENERGY MULTISLICE COMPUTED TOMOGRAPHY IN THE DIAGNOSIS OF MIXED AND NON-URATE UROLITHIASIS

*Vinnichenko S.S. – MD^{1,2}
Aleksahina T.Yu. – MD, PhD¹
Vasilev A.Yu. – MD, PhD, professor, corresponding member of RAS^{2,3}

¹Medical Private Institution Clinical Diagnostic Center of PJSC «Gazprom»
16, bld. 4, Nametkina st., Moscow, Russian Federation, 117420
²A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry of Ministry of Healthcare of Russia,
Department of Radiology
20 p.1, Delegatskaya str., Moscow, Russian Federation, 127473
³Central Research Institute of Radiation Diagnostics LLC
15 str.1, Aviakonstruktora Miya str., Moscow, Russian Federation, 109431

KEY-WORDS:

- dual Energy Multislice Computed Tomography
- Urolithiasis Disease
- Chemical Composition of Stone

ABSTRACT:

Aim: was to evaluate possibilities of dual-energy multislice computed tomography (MSCT) in determining the composition of kidney stones.

Materials and methods: a dual-energy MSCT was performed in 60 patients with urolithiasis of different locations (63.3% male, 36.7% female). Two groups of patients were identified: with mixed (simultaneously, the patient was diagnosed with stones of urate and non-urate structure) and non-urate composition of stones. Out of 60 patients, 16 (10 patients from a mixed group and 6 from a

non-urate) were subjected to chemical analysis of stones by IR-spectrometry and X-ray phase analysis. Obtained data were compared with data of the dual-energy MSCT.

Results: in most cases (93,7 %), results of the chemical analysis of stones confirmed the structure of uroliths obtained by the dual-energy MSCT method.

Conclusions: The method of dual-energy multislice computed tomography is effective in determining the composition of stones of the urinary system, appears to be a promising method in the diagnosis of urolithiasis, and expands possibilities of modern urology in planning patients with urolithiasis.

Введение

Мочекаменная болезнь (МКБ, уролитиаз) – широко распространенное во всем мире заболевание. В различных странах распространенность МКБ варьирует от 1 до 5,3% населения. Заболеваемость этой патологией повсеместно имеет тенденцию к неуклонному росту [1]. В связи с длительными сроками реабилитации пациентов и потерей трудоспособности МКБ представляет собой актуальную медицинскую и социальную проблему.

В структуре общей урологической патологии МКБ занимает третье место после инфекций мочевых путей и болезней предстательной железы, составляя от 30 до 40% (в среднем по России – 34,2%). На долю больных МКБ приходится от 30 до 50% всего контингента урологических стационаров. Рост заболеваемости МКБ присутствует во всех возрастных группах. Однако стоит отметить, что возраст начала заболевания становится все моложе. Риск заболеть МКБ на протяжении всей жизни достигает 10% [2].

Уролитиаз встречается не менее чем у 1-3% населения России, наиболее часто у людей в трудоспособном возрасте 20-50 лет [3].

В случаях отсутствия профилактических мероприятий почти у 50% больных отмечается рецидив камнеобразования [4].

В последнее время активно развивающаяся методика двухэнергетической мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) значительно расширила возможности современной урологии [5, 6]. Сканирование с двумя энергетическими уровнями – это передовой метод визуализации, который стал одним из важных этапов развития современной КТ. Он позволяет увеличить количество информации о тканях за счет применения рентгеновского излучения на двух разных энергетических уровнях.

По данным различных авторов, двухэнергетическая МСКТ более эффективна в определении химического состава уролитов по сравнению со стандартной (бесконтрастной) МСКТ [7, 8]. Методика вызывает интерес и в нашей стране, где существуют отдельные публикации по данной тематике [4, 9]. Однако в настоящее время отмечается небольшое количество работ по этой теме.

Цель исследования: оценить возможности двухэнергетической мультисрезовой компьютерной томографии (МСКТ) в определении состава почечных камней.

Материалы и методы

Обследовано 60 пациентов (мужчины – 63,3%, женщины – 36,7%) с уролитиазом различной локализации. На первичном этапе больным проводили ультразвуковое исследование почек на аппарате EpiQ7 (Philips) для определения локализации и размеров конкрементов, после выполняли двухэнергетическую МСКТ на рентгеновском компьютерном томографе Aquilion Prime 160 (Toshiba) для определения состава камней мочевыделительной системы. Методика основана на сканировании с двумя энергетическими уровнями (напряжение на рентгеновской трубке 135 и 80 кВ). Анализ строения камней выполнялся полуавтоматически, с отображением результата на цветном графике.

Выделены 2 группы пациентов: со смешанным составом камней (одновременно у пациента диагностировали конкременты как уратного, так и неуратного строения) – 30 (50%) человек; с неуратным составом уролитов – 30 (50%) человек.

Пациенты имели разные клинико-анамнестические данные: не предъявляли жалобы либо имели типичную картину почечной колики. Больным проводилось клинико-лабораторное обследование в виде общего анализа мочи, мочевой кислоты в сыворотке крови, определялся индекс массы тела (ИМТ), для подтверждения химического состава использовались ИК-спектрометрия или рентгенофазовый анализ.

Статистическую обработку проводили с использованием программы IBM SPSS Statistics 23.0. Во всех случаях использовали двусторонние варианты статистических тестов. Нулевую гипотезу отвергали при $p < 0,05$. Для оценки предсказательной способности результатов МСКТ в плане предсказания истинного типа камня использовали бинарную логистическую регрессию с поправкой Фирта.

Результаты и их обсуждение

Возраст пациентов варьировал в пределах от 27 до 82 лет, наибольшая часть пациентов – люди трудоспособного возраста (**рис. 1**). Средняя плотность камней, измеренная у пациентов в смешанной группе, составила $712,3 \pm 270,7$ ед. Н, автоматическая плотность – $869,7 \pm 364,4$ ед. Н, в неуратной группе –

553,7±215,7 ед. Н и 727,8±235,8 ед. Н соответственно. Для оценки взаимосвязи между плотностными характеристиками камней использовали непараметрический анализ – корреляция между ручным и автоматическим определением плотности подтверждена (корреляция значима на уровне 0,01).

Среди камней уратного строения у 60% пациентов были выявлены особенности в виде неоднородной структуры: уратный ободок (до 1000 ед. Н) и более плотное (оксалатное) ядро (более 1000 ед. Н) – предположительно это камни со смешанным строением. Плотность у таких камней статистически значимо выше плотности в «чисто» уратных камнях. При неточном выставлении порога плотностей в группе пациентов с уrolитами со смешанным строением возникали затруднения в трактовании полученных данных, в результате чего камни можно было принять за конкременты только с уратным или неуратным составом.

У 16 (26,6%) пациентов из 60 (n=10 в смешанной группе и n=6 в неуратной) провели химический анализ камней методом ИК-спектроскопии или рентгенофазовым анализом. У 13 (81%) больных (из смешанной группы 10 человек и из неуратной - 3) отмечалось самостоятельное отхождение конкрементов, у 3 (19%) пациентов из неуратной группы камни подвергали дистанционной ударно-волновой литотрипсии (ДУВЛ) или контактной уретеролитотрипсии (КУЛТ).

В смешанной группе (n=10) методом двухэнергетической МСКТ было выделено 8 больных с уратным и 2 пациента с неуратным составом камней. Средняя плотность камней в этой группе составила 643,7±281,5 ед. Н, автоматическая плотность при двухэнергетической МСКТ – 811,2±385,1 ед. Н. По итогам химического анализа камней у 7 пациентов с уратным составом камней был получен положительный результат, подтверждающий данные двухэнергетической МСКТ. У 1 больного с предположительно уратным строением уrolита был получен фосфатный состав. Ложноотрицательный результат можно объяснить тем, что плотностные характеристики фосфатного камня находятся в одном диапазоне с плотностными характеристиками уратных камней – дифференцировать их двухэнергетической методикой на рентгеновском компью-

терном томографе Aquilion Prime 160 не представляется возможным.

В неуратной группе (n=6) методом двухэнергетической МСКТ было выделено 6 человек с неуратным составом уrolитов. Средняя плотность камней составила 684,5±191,8 ед. Н, автоматическая плотность при двухэнергетической МСКТ – 802,6±131,7 ед. Н.

У 8 человек с неуратным составом уrolитов (из смешанной группы – 2, из неуратной - 6) химический анализ камней (ИК-спектроскопия, рентгенофазовый анализ) полностью совпадал с данными двухэнергетической МСКТ (рис. 2).

Камни или фрагменты оставшихся 44 (73,4%) пациентов продолжают подвергаться комплексному физико-химическому исследованию (рентгенофазовый анализ, ИК-спектроскопия). Материал набирается, работа по ним еще не закончена.

Для оценки предсказательной способности результатов двухэнергетической МСКТ в плане предсказания истинного типа камня использовали бинарную логистическую регрессию с поправкой Фирта – определяемый тип камня по двухэнергетической МСКТ статистически значимо совпадает с результатами определения типа камня по химическому анализу (P = 0,045, отношение шансов - 3,8) (табл. 1).

В зарубежной литературе в последние годы опубликованы как обзоры литературы [10, 11], так и проспективные исследования по применению двухэнергетической мультисрезовой МСКТ для дифференциации состава почечных камней. Характеристика различных камней основана на разнице напряжения в рентгеновских трубках и ослаблении рентгеновского излучения или ед. Н (с вычислением коэффициента разницы напряжения). [12, 13].

В отечественной литературе существуют отдельные обзорные публикации о перспективах применения двухэнергетической МСКТ в диагностике мочекаменной болезни, ее физических принципах и роли в анализе состава конкрементов [4, 9]. В представленном нами исследовании проведен анализ собственного материала, выполнена оценка состава камней различной локализации методом двухэнергетической МСКТ, исследовали пациентов с уратными и неуратными

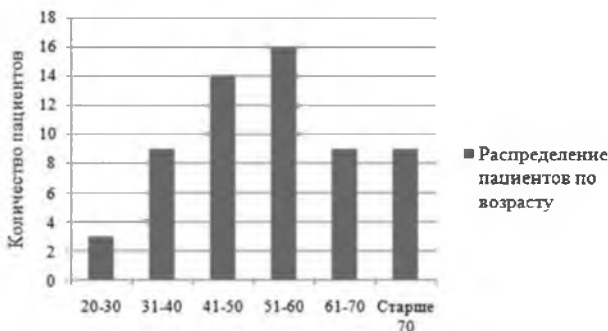


Рис. 1. Распределение пациентов по возрасту.

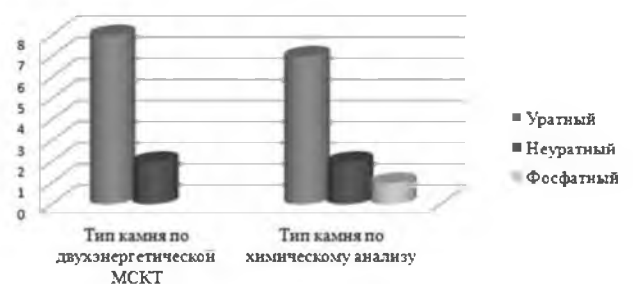


Рис. 2. Сопоставление результатов двухэнергетической МСКТ с лабораторными данными.

Таблица 1. Регрессионный анализ для оценки предсказания вероятности

Компоненты логистической модели	Коэффициент	Стандартная ошибка	Нижняя граница доверительного интервала	Верхняя граница доверительного интервала	Хи-квадрат	Значимость
Intercept	2,833	1,543	0,752	7,695	8,615	0,003
Тип камня по двухэнергетической МСКТ	-1,224	1,812	-6,269	1,858	0,586	0,044

Примечание: зависимая переменная – Sum_Chem_firth.

уролитами. Обращали внимание среди камней уратного строения на особенности в виде неоднородной структуры, выделяя в них уратный и оксалатный компоненты. Сопоставляли результаты двухэнергетической МСКТ с лабораторными данными.

Выводы

1. Определение типа камня по МСКТ позволяет значимо предсказать тип камня по химическому анализу (бинарная логистическая регрессия с поправкой Фирта).
2. Плотность уратных камней статистически выше плотности неуратных, так как среди них встречаются

уролиты со смешанным строением (одновременно с наличием уратного и оксалатного компонента).

3. Плотностные характеристики фосфатного камня находятся в одном диапазоне с плотностными характеристиками уратных камней – дифференцировать их двухэнергетической методикой на рентгеновском компьютерном томографе Aquilion Prime 160 не представляется возможным.

4. Метод двухэнергетической МСКТ по сравнению со стандартной (бесконтрастной) МСКТ позволяет более точно предположить состав камней мочевыделительной системы (уратный / смешанный / неуратный). ■

Список литературы/References

1. Акопян А.В., Зоркин С.Н., Воробьева Л.Е., Шахновский Д.С., Мазо А.М. Оценка состава конкремента в лечении мочекаменной болезни. *Детская хирургия*. 2015;19(1):42–45.
Akopyan A.V., Zorkin S.N., Vorobyova L.E., Shakhnovsky D.S., Mazo A.M. Ocenka sostava konkrementa v lechenii mochekamennoj bolezni. [Evaluation of the concrement in the treatment of urolithiasis.] *Detskaya khirurgiya*. 2015; 19(1): 42–45 (in Rus).
2. Türk C., Knoll T., Petrik A., Sarica K., Straub M., Seitz C. Guidelines on urolithiasis. *European Association of Urology*. 2014; 128 p.
3. Суслеева Н.М. Возможности лучевых методов исследования в диагностике висцерального ожирения. *Бюллетень Сибирской медицины*. 2010; 9(5): 121–128.
Suslyeva N.M. Vozmozhnosti luchevykh metodov issledovaniya v diagnostike visceral'nogo ozhireniya. [Possibilities of radiation research methods in the diagnosis of visceral obesity.] *Bulleten Sibirskoy Meditsini*. 2010; 9(5): 121–128 (in Rus).
4. Климкова М.М., Синицин В.В., Мазуренко Д.А., Берников Е.В. Перспективы применения двухэнергетической компьютерной томографии в диагностике мочекаменной болезни и определении химического состава мочевых камней (обзор литературы). *Медицинская визуализация*. 2016;6:84–92.
Klimkova M.M., Sinitsin V.V., Mazurenko D.A., Bernikov E.V. Vozmozhnosti luchevykh metodov Perspektivy primeneniya dvuhehnergeticheskoy komp'yuternoj tomografii v diagnostike mochekamennoj bolezni i opredelenii himicheskogo sostava mochevykh kamnej (obzor literatury). *Meditsinskaya vizualizatsiya*. 2016;6: 84–92 (in Rus).
5. Graser A. Dual energy CT characterization of urinary calculi: initial in vitro and clinical experience. *Invest Radiol*. 2008; 43(2): 112–119.
6. Капсаргин Ф.П., Дябкин Е.В., Бережной А.Г.

Современные подходы хирургического лечения мочекаменной болезни. *Новости хирургии*. 2013; 21(1): 101–106.

Kapsargin F.P., Dyabkin E.V., Berezhnoy A.G. Sovremennye podhody hirurgicheskogo lecheniya mochekamennoy bolezni. [Modern approaches to the surgical treatment of urolithiasis.] *Novosti khirurgii*. 2013; 21(1): 101–106 (in Rus).

7. Яненко Э.К., Меринов Д.С., Константинова О.В., Епишов В.А., Калиниченко Д.Н. Современные тенденции в эпидемиологии, диагностике и лечении мочекаменной болезни. *Эксперим. и клин. урология*. 2012; 3: 19–24.

Yanenko E.K., Merinov D.S., Konstantinova O.V., Epishov V.A., Kalinichenko D.N. Sovremennye tendencii v ehpide-miologii, diagnostike i lechenii mochekamennoy bolezni. [Modern trends in the epidemiology, diagnosis and treatment of urolithiasis]. *Experim. I klinich. urology*. 2012; 3: 19–24 (in Rus).

8. Gucuk. A., Uyeturk U. Usefulness of hounsfield unit and density in the assessment and treatment of urinary stones. *World J. Nephrol.* 2014; 3(4): 282–286.

9. 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.

Kapanadze L.B., Serova N.S., Rudenko V.I. Aspekty primeneniya dvuhehnergeticheskoy komp'yuternoy tomografii v diagnostike mochekamennoy bolezni. [Aspects of the use of dual-energy computed tomography in the diagnosis of urolithiasis.] *Russian electronic journal of radiation diagnostics*. 2017;1(3):165–173 (in Rus).

10. Kambadakone A.R., Eisner B.H., Catalano O.A., Sahani D.V. New and evolving concepts in the imaging and management of urolithiasis: urologists' perspective. *Radiographics*. 2010; 30(3):603–623. DOI: 10.1148/rg.303095146.

11. Eliahou R., Hidas G., Duvdevani M., Sosna J. Determination of renal stone composition with dual-energy computed tomography: an emerging application. *Seminars in Ultrasound, CT and MRI*. 2010; 31(4): 315–320. DOI: 10.1053/j.sult.2010.05.002.

12. Leng S., Huang A., Cardona J.M., Duan X., Williams J.C., McCollough C.H. Dual-Energy CT for Quantification of Urinary Stone Composition in Mixed Stones: A Phantom Study. *American Journal of Roentgenology*. 2016;207: 321–329. DOI: 10.2214/AJR.15.15692.

13. Yadav B., Maharjan S. Characterization of Urinary Tract Stones with Dual Energy Computed Tomography. *Radiography Open*. 2017; 3(1): 11. DOI: 10.7577/radopen.2001