

Возможности двухэнергетической мультисрезовой компьютерной томографии в первичной диагностике уратного уролитиаза

С. С. Винниченко^{*,1}, Т. Ю. Алексахина¹, А. Ю. Васильев^{2,3}

¹ МЧУ «Отраслевой клинико-диагностический центр ПАО «Газпром», Москва

² ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России, кафедра лучевой диагностики

³ ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики», Москва

Possibilities of Dual-Energy Multislated Computed Tomography in the Primary Diagnosis of Urate Urolythiaz

S. S. Vinnichenko^{*,1}, T. Yu. Aleksahina¹, A. Yu. Vasil'ev^{2,3}

¹ Medical Private Institution Clinical Diagnostic Center of PJSC «Gazprom», Moscow

² Moscow State University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia, Department of Radiology

³ Central Research Institute of Radiation Diagnostics, Moscow

Реферат

Проведена двухэнергетическая мультисрезовая компьютерная томография (МСКТ) у 30 пациентов с уратным уролитиазом (70 % — мужчины, 30 % — женщины). При анализе камней уратного строения у половины пациентов были выявлены особенности в виде неоднородной структуры: уратный ободок (до 1000 НУ) и более плотное (оксалатное) ядро (более 1000 НУ) — предположительно это камни со смешанным строением. Средняя плотность камней, измеренная в данной группе, составила $753 \pm 439,3$ НУ. Из 30 больных у 8 проводился химический анализ камней методом ИК-спектроскопии и рентгенофазовым анализом. В большинстве случаев результат был положительный, подтверждающий уратное строение камней, полученное методом двухэнергетической МСКТ.

Двухэнергетическая компьютерная томография эффективна в предположении состава камней мочевыделительной системы.

Ключевые слова: двухэнергетическая мультисрезовая компьютерная томография, мочекаменная болезнь, химический состав камня.

** Винниченко Светлана Сергеевна, врач-рентгенолог отделения компьютерной томографии МЧУ ОКДЦ ПАО «Газпром». Адрес: 117420, г. Москва, ул. Наметкина, д. 16, к. 4. Тел.: +7 (495) 719-52-40. Электронная почта: svabramova@yandex.ru*

Vinnichenko Svetlana Sergeevna, Radiologist, Medical Private Institution Clinical Diagnostic Center of PJSC «Gazprom». Address: 16/ 4, ul. Nametkina, Moscow, 117420, Russia. Phone number: +7 (495) 719-52-40. E-mail: svabramova@yandex.ru

Abstract

A dual-energy multislice computed tomography (MSCT) was performed in 30 patients with urate urolithiasis (70 % – male, 30 % – female). In the analysis of urate stones, half of the patients showed features in the form of a heterogeneous structure: a urate band (up to 1000 NU) and a denser (oxalate) core (more than 1000 HU) – presumably these are stones with a mixed structure. The average density of stones measured in this group was $753 \pm 439,3$ HU. Out of 30 patients 8 underwent chemical analysis of the stones by IR spectrometry and X-ray phase analysis. In most cases, the result was positive, confirming the urate structure of the stones, obtained by the dual-energy MSCT method. Dual-energy computed tomography is effective in assuming the composition of the stones in the urinary system.

Key words: Dual-Energy Multislide Computed Tomography, Urolithiasis Disease, Chemical Composition of Stone.

Актуальность

Мочекаменная болезнь (МКБ) является одним из самых распространенных урологических заболеваний. Несмотря на успехи, достигнутые в последние годы при оказании помощи больным с данной патологией, вопросы диагностики и лечения уролитиаза продолжают оставаться актуальными до настоящего времени. Заболеваемость МКБ в мире составляет не менее 3 % и продолжает прогрессивно возрастать [1]. При этом в случаях отсутствия профилактических мероприятий почти у 50 % больных отмечается рецидив камнеобразования [5]. Необходимо также отметить, что возраст начала заболевания становится все моложе. В последнее время активно развивающаяся методика двухэнергетической мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) значительно расширила возможности современной урологии. По сравнению со стандартной (бесконтрастной) МСКТ данный метод более эффективен в определении химического состава уrolитов.

Изучение состава и структуры конкрементов, особенностей их разрушения может помочь в оптимизации схем лечения мочекаменной болезни и улуч-

шить отдаленные результаты. Важную роль в определении этих параметров играют современные методы лучевой диагностики.

В настоящее время для диагностики камней в мочевыделительной системе доступны несколько видов исследований. Ультразвуковое сканирование является наиболее информативным, безвредным и приоритетным методом, высокоэффективно для диагностики камня в почке, однако оно редко позволяет обнаружить конкремент, попавший в мочеточник (чувствительность равна 19 %). Обзорная рентгенография – метод диагностики камня в почке, позволяющий выявить рентгеноконтрастный конкремент, определить его размер и место расположения. Диагностика камней в почках из мочевой кислоты, цистина или ортофосфата аммония-магния при обзорной рентгенографии невозможна, так как они недостаточно хорошо видны на снимке, а изображение имеет суммационный характер. В сравнении с вышеописанными методами рентгенография почек с контрастированием отличается более высокой чувствительностью и специфичностью. Недостатком данного ме-

тогда является возможность развития аллергической реакции на контрастное вещество.

Благодаря бесконтрастной мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) стало возможно визуализировать конкременты мочеполовой системы вне зависимости от их локализации, размера и состава, а также оценить состояние мочевых путей выше и ниже обструкции без применения искусственного контрастирования и инвазивных вмешательств [1, 2]. Это играет немаловажную роль при непереносимости контрастных препаратов у больных, которым противопоказано их введение [7].

В последнее время активно развивающаяся методика двухэнергетической МСКТ значительно расширила возможности современной урологии [3, 9]. По данным некоторых авторов, двухэнергетическая МСКТ более эффективна в определении химического состава уrolитов по сравнению со стандартной (бесконтрастной) МСКТ [6, 8]. Методика вызывает интерес, и в нашей стране существуют отдельные публикации по данной тематике [4, 5]. Однако работы по данной теме пока еще немногочисленны.

Цель: определение состава камней мочевыделительной системы методом двухэнергетической МСКТ.

Материалы и методы

Обследовано 30 пациентов (70 % — мужчины, 30 % — женщины) с уратным составом камней. На первом этапе больным проводили ультразвуковое исследование почек на аппарате EpiQ7 (Philips) для определения локализации и размеров конкрементов, после чего выполнялась двухэнергетическая

МСКТ на рентгеновском компьютерном томографе Aquilion Prime 160 (Toshiba) для определения состава камней мочевыделительной системы.

Методика двухэнергетического сканирования осуществлялась при получении изображений на 2 разных уровнях энергии (135 и 80 кВ). Толщина среза составила 0,5 мм. Измерялась плотность камней в единицах Хаунсфилда (HU) на сканах с 2 энергиями на аксиальных срезах. На основании полученных данных выставлялся порог плотностей для определения их состава. Анализ строения камней выполнялся полуавтоматически, с отображением результата на цветном графике, а также с определением средней автоматической плотности.

Продолжительность заболевания в уратной группе — от впервые выявленного случая до 25 лет. Пациенты имели разные клинико-anamnestические 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.

Статистическая обработка проводилась 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 взаимосвязи между вариантами оценки плотности камней использовали метод ранговой корреляции Спирмена. Для оценки предсказательной способности результатов МСКТ в плане предсказания истинного типа камня использова-

ли бинарную логистическую регрессию с поправкой Фирта.

Результаты и их обсуждение

При анализе камней уратного строения у половины пациентов были выявлены особенности в виде неоднородной структуры: уратный ободок (до 1000 НУ) и более плотное (оксалатное) ядро (более

1000 НУ) — предположительно это камни со смешанным строением. При неточном выставлении порога плотностей в группе пациентов с такими камнями возникали затруднения в трактовании полученных данных, в результате чего уrolиты со смешанным строением можно было принять за камни только с уратным или неуратным составом. Средняя

Таблица 1

Характеристика плотностных показателей камней методом ручного и автоматического измерений

Вид измерения плотности при двухэнергетической МСКТ	Тип камня по результатам двухэнергетической МСКТ	Количество пациентов	Среднее	Средне-квадратичное отклонение	Ошибка среднего
Ручное измерение	Уратный	16	556,063	174,9444	43,7361
	Смешанный	14	1075,643	314,8354	84,1433
Автоматическое измерение	Уратный	16	585,938	246,2233	61,5558
	Смешанный	14	1021,071	330,2972	88,2756

Примечание. Плотность у смешанных камней статистически значимо выше плотности в «чисто» уратных камнях.

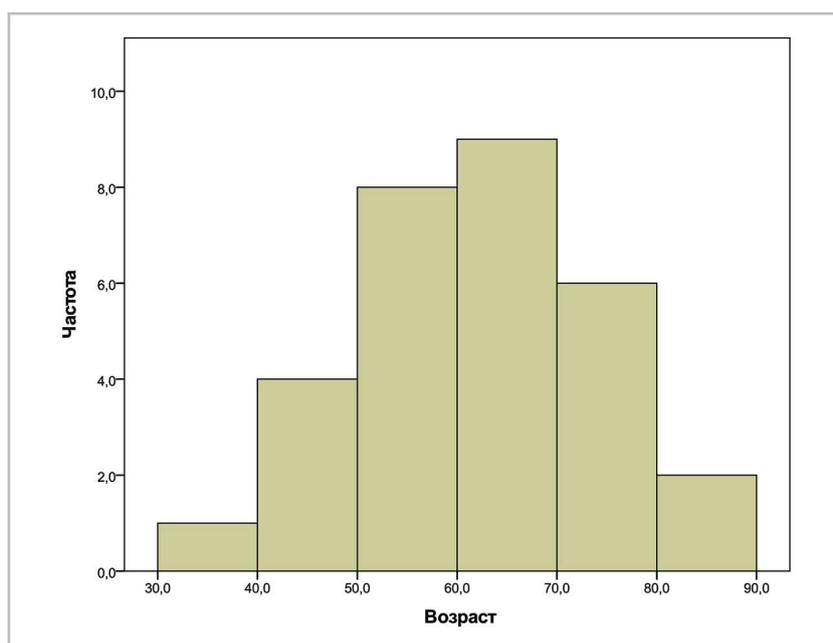


Рис. 1. Распределение пациентов по возрасту — средний возраст пациентов 61 ± 16 лет

плотность камней, измеренная в данной группе, составила $753 \pm 439,3$ НУ, автоматическая плотность — 816 ± 421 НУ (табл. 1). Средний возраст пациентов 61 ± 16 лет (рис. 1). У 24 (80 %) пациентов определялся повышенный ИМТ $29,3 \pm 6,93$.

Для оценки взаимосвязи между плотностными характеристиками камней использовали непараметрические корреляции (табл. 2).

Среди пациентов у 8 человек (7 — с уратным и 1 — со смешанным строением камней) проводился химический анализ камней методом ИК-спектроскопии или рентгенофазовым анализом. Средняя

плотность уратных камней составляла 580 НУ, смешанного камня — 1050 НУ, автоматическая плотность при двухэнергетической МСКТ — 598 и 888 НУ соответственно (табл. 3). По итогам химического анализа камней у 7 пациентов с предположительно уратным составом камней был получен положительный результат, подтверждающий данные двухэнергетической МСКТ. У пациента со смешанным строением камня, приближенным к уратному, был получен фосфатный состав. Ложноотрицательный результат можно объяснить тем, что фосфатный камень имел плотность до 1000 НУ, как и уратные (рис. 2).

Таблица 2

Корреляционный анализ между плотностными показателями камней

Вид измерения плотности при двухэнергетической МСКТ	Ранговая корреляция Спирмена	Автоматическое определение плотности при двухэнергетической МСКТ
Ручное измерение плотности	Коэффициент корреляции	0,815
	Значимость	< 0,0005
	N (количество пациентов)	30

Примечание. Корреляция между ручным и автоматическим определением плотности подтверждена (корреляция значима на уровне 0,01).

Таблица 3

Плотностные характеристики камней у пациентов с подтвержденным химическим составом

Вид измерения плотности при двухэнергетической МСКТ	Тип камня по химическому анализу (смешанный = фосфатный)	N = 8	Среднее	Средне-квадратичное отклонение	Ошибка среднего
Ручное измерение	Смешанный	1	1050,000	—	—
	Уратный	7	580,714	209,6908	79,2557
Автоматическое измерение	Смешанный	1	888,000	—	—
	Уратный	7	598,571	211,8497	80,0717

Примечание. Плотность у смешанных камней статистически значимо выше плотности в «чисто» уратных камнях.

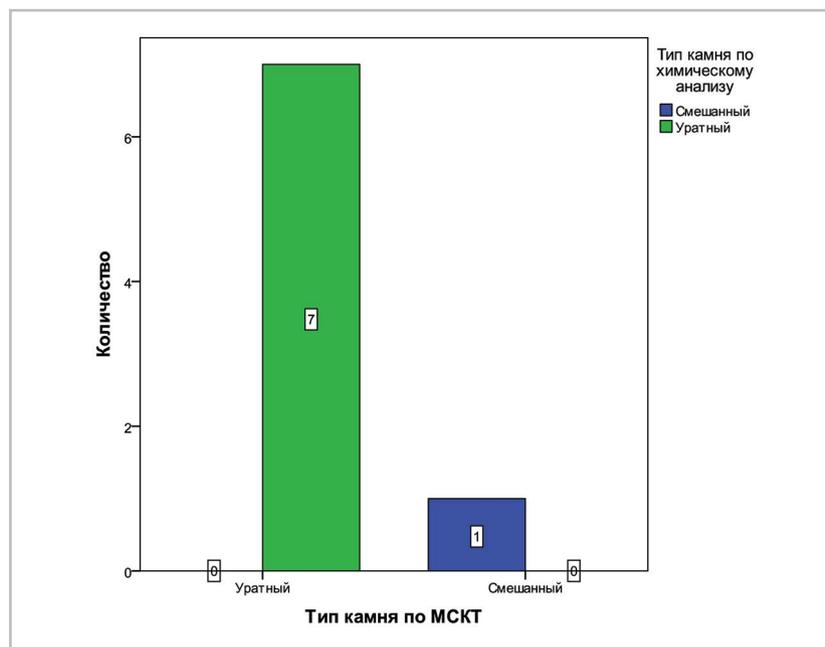


Рис. 2. Сопоставление результатов двухэнергетической МСКТ с лабораторными данными. По данным двухэнергетической МСКТ получено 7 камней уратного состава и 1 камень смешанного строения, что полностью совпадает с химическим анализом камней

Таблица 4

Регрессионный анализ для оценки предсказания вероятности

Компоненты логистической модели	Коэффициент	Стандартная ошибка	Нижняя граница доверительного интервала	Верхняя граница доверительного интервала	Хи-квадрат	Значимость
Intercept	2,708	1,561	0,604	7,574	7,350	0,007
Тип камня по двухэнергетической МСКТ	-3,807	2,788	-9,707	-0,081	4,018	0,045

Примечание: зависимая переменная – Chem_firth. Определяемый тип камня по двухэнергетической МСКТ статистически значимо совпадает с результатами определения типа камня по химическому анализу ($P = 0,045$, отношение шансов = -3,8).

Для оценки предсказательной способности результатов двухэнергетической МСКТ в плане предсказания истинного типа камня использовали бинарную логистическую регрессию с поправкой Фирта (табл. 4).

Выводы

1. Определение типа камня по МСКТ позволяет значимо предсказать тип камня по химическому анализу (бинарная логистическая регрессия с поправкой Фирта).

2. Плотность уратных и смешанных камней значимо отличается, у смешанных камней — в 2 раза выше.
3. Метод двухэнергетической компьютерной томографии эффективен не только в определении локализации и размера уратитов, также позволяет более точно предположить состав камней мочевыделительной системы (уратный / смешанный / неуратный).

Список литературы

1. Акоюн А. В., Зоркин С. Н., Воробьева Л. Е., Шахновский Д. С., Мазо А. М. Оценка состава конкремента в лечении мочекаменной болезни // Детская хирургия. 2015. Т. 19. № 1. С. 42–45.
2. Борисов В. В., Дзеранов Н. К. Мочекаменная болезнь. Терапия больных камнями почек и мочеточников: Учеб. пос. для вузов. М., 2011. 96 с.
3. Капсаргин Ф. П., Дябкин Е. В., Бережной А. Г. Современные подходы хирургического лечения мочекаменной болезни // Новости хирургии. 2013. Т. 21. № 1. С. 101–106.
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. Т. 7. № 3. С. 165–173.
5. Климкова М. М., Синицын 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. С. 84–92.
6. Яненко Э. К. и др. Современные тенденции в эпидемиологии, диагностике

и лечении мочекаменной болезни // Эксперим. и клин. урология. 2012. № 3. С. 19–24.

7. Acharya S. et al. In vivo characterization of urinary calculi on dual-energy CT: going a step ahead with sub-differentiation of calcium stones // Acta Radiol. 2015. V. 4 (7). P. 881–889.
8. Gucuk. A. Usefulness of hounsfield unit and density in the assessment and treatment of urinary stones / A. Gucuk, U. Uyeturk // World J. Nephrol. 2014. V. 3. № 4. P. 282–286.
9. Graser A. Dual-energy CT characterization of urinary calculi: initial in vitro and clinical experience // Invest. Radiol. 2008. V. 43 (2). P. 112–119.

References

1. Akopyan A. V., Zorkin S. N., Vorobyova L. E., Shakhnovsky D. S., Mazo A. M. Evaluation of the concrement in the treatment of urolithiasis. Detskaya hirurgiya. 2015. V. 19. No. 1. P. 42–45 (in Russian).
2. Borisov V. V., Dzeranov N. K. Urolithiasis disease. Therapy of patients with kidney and ureteral stones. Textbook. M., 2011. 96 p. (in Russian).
3. Kapsargin F. P., Dyabkin E. V., Berezhnoy A. G. Modern approaches to the surgical treatment of urolithiasis. Novosti hirurgii. 2013. V. 21. No. 1. P. 101–106 (in Russian).
4. Kapanadze L. B., Serova N. S., Rudenko V. I. Aspects of the use of dual-energy computed tomography in the diagnosis of urolithiasis. Rossiyskiy ehlektronniy zhurnal luchevoy diagnostiki. 2017. V. 1. No. 3. P. 165–173 (in Russian).
5. Klimkova M. M., Sinitsin V. V., Mazurenko D. A., Bernikov E. V. Prospects for the use of dual-energy computed tomography in the diagnosis of urolithiasis and the determination of the chemical composition of urinary stones (literature re-

- view). Medicinskaya vizualizaciya. 2016. No. 6. P. 84–92 (in Russian).
6. *Yanenko E. K. et al.* Modern trends in the epidemiology, diagnosis and treatment of urolithiasis. *Ehksperim. i klin. urologiya*. 2012. No. 3. P. 19-24 (in Russian).
 7. *Acharya S. et al.* In vivo characterization of urinary calculi on dual-energy CT: going a step ahead with sub-differentiation of calcium stones. *Acta Radiol*. 2015. V. 4 (7). P. 881–889.
 8. *Gucuk. A.* Usefulness of hounsfield unit and density in the assessment and treatment of urinary stones / A. Gucuk, U. Uyeturk. *World J. Nephrol*. 2014. V. 3. No. 4. P. 282–286.
 9. *Graser A.* Dual-energy CT characterization of urinary calculi: initial in vitro and clinical experience. *Invest. Radiol*. 2008. V. 43 (2). P. 112–119.

Сведения об авторах

Винниченко Светлана Сергеевна, врач-рентгенолог отделения компьютерной томографии МЧУ ОКДЦ ПАО «Газпром». Адрес: 117420, г. Москва, ул. Наметкина, д. 16, корп. 4. Тел.: +7 (495) 719-52-40. Электронная почта: svabramova@yandex.ru

Vinnichenko Svetlana Sergeevna, Radiologist, Medical Private Institution Clinical Diagnostic Center of PJSC «Gazprom». Address: 16/4, ul. Nametkina, Moscow, 117420, Russia. Phone number: +7 (495) 719-52-40. E-mail: svabramova@yandex.ru

Алексахина Татьяна Юрьевна, кандидат медицинских наук, врач-рентгенолог, заведующая отделением компьютерной томографии МЧУ ОКДЦ ПАО «Газпром». Адрес: 117420, г. Москва, ул. Наметкина, д. 16, корп. 4. Тел.: +7 (495) 719-52-40. Электронная почта: alektatu@mail.ru

Aleksahina Tatiana Yurievna, Ph. D. Med., Radiologist, Head of Computed Tomography Department Medical private institution Clinical Diagnostic Center of PJSC «Gazprom». Address: 16/4, ul. Nametkina, Moscow, 117420, Russia. Phone number: +7 (495) 719-52-40. E-mail: alektatu@mail.ru

Васильев Александр Юрьевич, доктор медицинских наук, член-корреспондент РАН, профессор, директор ООО «Центральный научно-исследовательский институт лучевой диагностики», профессор кафедры лучевой диагностики ФГБОУ ВО «Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова» Минздрава России. Адрес: 127206, г. Москва, ул. Вучетича, дом 15, д. 9а. Тел.: +7 (495) 611-01-77. Электронная почта: auv62@mail.ru

Vasil'ev Alexander Yurievich, M. D. Med., Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Head of Central Radiology Institute, Professor of the Department of Radiology of Moscow State Medical University of Medicine and Dentistry named after A. I. Evdokimov, Ministry of Healthcare of Russia. Address: 9a, ul. Vucheticha, Moscow, 127206, Russia. Phone number: +7 (495) 611-01-77. E-mail: auv62@mail.ru

Финансирование исследования и конфликт интересов.

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