На правах рукописи

Капанадзе Лидия Бадриевна

ДВУХЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ В ДИАГНОСТИКЕ И МОНИТОРИНГЕ МОЧЕКАМЕННОЙ БОЛЕЗНИ

14.01.13 – лучевая диагностика, лучевая терапия

14.01.23 – урология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата медицинских наук

Москва – 2019

Работа выполнена в ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Научные руководители:

член-корреспондент РАН,
доктор медицинских наук, профессор **Серова Наталья Сергеевна**

доктор медицинских наук, профессор **Руденко Вадим Игорьевич**

Официальные оппоненты:

Амосов Виктор Иванович – доктор медицинских наук, профессор, ФГБОУ ВО «Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова» Минздрава России, кафедра рентгенологии и радиационной медицины с рентгенологическим и радиологическим отделением, заведующий кафедрой.

Теодорович Олег Валентинович – доктор медицинских наук, профессор, ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России, кафедра эндоскопической урологии, заведующий кафедрой.

Ведущая организация:

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России.

Защита диссертации состоится «___» _____ 2019 г. в ____ часов на заседании диссертационного совета Д 208.040.06 при ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), по адресу: 119991, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2.

С диссертацией можно ознакомиться в ЦНМБ ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) по адресу: 119034, г. Москва, Зубовский бульвар, д. 37/1 и на сайте организации (www.sechenov.ru).

Автореферат разослан «___» _____ 2019 года

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор медицинских наук, профессор Кондрашин Сергей Алексеевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования

На сегодняшний день мочекаменная болезнь (МКБ) остается одним из самых распространённых урологических заболеваний. Количество людей, страдающих уролитиазом, в развитых странах составляет 400 000 из 10 000 000 (A. Ramello, 2000; C. Vitale, 2003; M. Marangella, 2004). В 2000 году в Российской Федерации отмечалась высокая заболеваемость МКБ – 523,2 человека на 100 000 населения, в 2002 году – 535,8 человек на 100 000 населения, в 2014 году – 578,8 человек на 100 000 населения (Ю.Г. Аляев, П.В. Глыбочко, 2016). МКБ занимает одну из лидирующих позиций среди урологических заболеваний в России, составляя в среднем 34,2%. В проведенных исследованиях показана эндемичность регионов РФ не только по частоте, но и по виду камнеобразования. Так, в Южных регионах, доминируют камни из мочевой кислоты, а в Московском регионе – оксалатные камни. Доля МКБ среди причин инвалидности у больных с урологическими заболеваниями составляет 6-14,4%. Актуальной проблемой остаются потеря трудоспособности у больных мочекаменной болезнью, значительные сроки реабилитации пациентов после оперативного лечения и возникающие рецидивы заболевания (35-38%), а также неудовлетворительная эффективность метафилактики МКБ (В.С. Саенко, 2015; A. Ferrero, 2016; C. Turk, 2018). Учитывая высокую актуальность заболевания, разработка и усовершенствование методов диагностики, лечения и профилактики (метафилактики) приобретают большую социальную значимость. Ключевую роль в диагностике МКБ играют лучевые методы визуализации, при этом самым точным является мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ). Так, нативная МСКТ, признанная «золотым стандартом» в диагностике МКБ, способна выявлять мочевые камни, определять их плотность, внутреннюю структуру – все эти данные необходимы для выбора метода лечения (В.В. Дутов, 2004; Ю.Г. Аляев, 2016; С.К. Терновой, 2013). Ряд авторов, исследуя возможности стандартной

МСКТ, пытались найти связь структурной плотности с составом мочевых камней (С.А. Голованов, 2003; О.В. Константинова, 2015; О.В. Лебедев, 2003; Н.А. Лопаткин, 1994). Исследования *in vitro* и *in vivo* продемонстрировали различия в значениях структурной плотности между камнями из мочевой кислоты и другими мочевыми камнями, так как камни из мочевой кислоты имеют более гомогенную структуру, в отличие от кальций-содержащих камней, в то же время, описаны сложности в дифференцировке струвитных и цистиновых камней, оксалата кальция и брушита, камней смешанного состава. В одном интервале структурных плотностей могут находиться камни разных типов, при этом камни одинаковых типов иногда встречаются в разных интервалах плотности (N.M. Kulkarni et al., 2013; G.S. Marchini et al., 2013; S.Y. Nakada et al., 2000). Таким образом, одним из главных недостатков стандартной МСКТ является невозможность достоверного определения химического состава камней *in vivo*, что чрезвычайно важно для точного предоперационного планирования. В связи с этим особую важность приобретает двухэнергетическая компьютерная томография (ДЭКТ), позволяющая определять химический состав мочевых камней у пациентов *in vivo*, что, в свою очередь, может позволить оптимизировать лечебную тактику.

В связи с вышеизложенным, данная работа направлена на повышение эффективности диагностики мочекаменной болезни у пациентов с применением двухэнергетической компьютерной томографии.

Степень разработанности темы исследования

Автором проделана работа по клиническому обследованию и лечению 91 пациента с мочекаменной болезнью.

План обследования пациентов соответствует цели и задачам исследования. Результаты исследования научно обоснованы. Выводы и практические рекомендации автора диссертации основаны на результатах ведения достаточного количества пациентов. Достоверность полученных результатов подтверждена проведенным статистическим анализом.

Проверена первичная документация (истории болезни, протоколы исследования данных компьютерной томографии, данные физико-химического исследования мочевых камней, таблицы, базы данных).

Цель исследования

Совершенствование диагностики мочекаменной болезни (МКБ) на основании оценки диагностических возможностей двухэнергетической компьютерной томографии (ДЭКТ).

Задачи исследования

1. Усовершенствовать протокол описания результатов мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) у больных мочекаменной болезнью с использованием двухэнергетической компьютерной томографии (ДЭКТ).
2. Провести комплексную оценку специфических показателей мочевых камней, полученных при ДЭКТ: плотность (HU) камня при 80 кВ и 135 кВ, двухэнергетическое отношение (ДЭО), двухэнергетический индекс (ДЭИ), двухэнергетическая разность (ДЭР), эффективное атомное число камня (Z eff), и оценить зависимость между специфическими показателями и типом камнеобразования.
3. Оценить диагностическую эффективность ДЭКТ в определении состава мочевых камней.
4. Оптимизировать выбор методов лечения и профилактики у больных МКБ с учетом диагностических возможностей двухэнергетической компьютерной томографии.

Научная новизна исследования

Настоящая работа является обобщающим исследованием, посвященным изучению возможностей двухэнергетической компьютерной томографии в диагностике и мониторинге пациентов с мочекаменной болезнью (МКБ). Впервые проведен комплексный анализ данных, полученных при двухэнерегетической компьютерный томографии. Сопоставлены результаты двухэнергетической компьютерной томографии, а именно предполагаемый химический состав мочевых камней, с результатами физико-химических

исследований. Определена диагностическая эффективность двухэнергетической компьютерной томографии в прогнозировании химического состава мочевых камней. Предложен алгоритм выбора наиболее оптимальной дальнейшей хирургической тактики для пациентов с мочекаменной болезнью по данным двухэнергетической компьютерной томографии. Рассмотрен вопрос о возможности проведения ранней специфической профилактики мочекаменной болезни на этапе лучевого обследования.

Теоретическая и практическая значимость

На основании полученных данных дополнен алгоритм ведения пациентов с мочекаменной болезнью. Разработанный нами расширенный протокол данных двухэнергетической компьютерной томографии для пациентов с мочекаменной болезнью, повышает качество диагностики, что приводит к определению обоснованного оптимального хирургического лечения, а также повышает эффективность профилактики камнеобразования.

Методология и методы исследования

Представленная на защиту научно-исследовательская работа выполнена с соблюдением этических норм и принципов доказательной медицины. Методология диссертационной работы предусматривала разработку дизайна исследования, определение объема выборки для обеспечения ее репрезентативности, подбор математических и программных средств статистической обработки полученных данных. Для проведения исследовательской работы использованы современные диагностические и инструментальные методы обследования пациентов.

Положения, выносимые на защиту

1. На этапе предоперационного лучевого обследования пациентов с МКБ, необходимо проводить прогностическую оценку химического состава камня *in vivo* на основании данных ДЭКТ с применением расширенного протокола описания и разработанных методик анализа специфических показателей ДЭКТ.

2. Применение ДЭКТ в комплексном клиническом обследовании пациентов с МКБ позволяет детализировать физико-химический состав мочевого камня и тип камнеобразования, его структуру, плотность, что позволяет оптимизировать выбор метода лечения и персонализировать профилактику рецидивного камнеобразования.

Внедрение результатов исследования в практику

Результаты диссертационного исследования используются в работе Университетской клинической больницы №1 ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), Института урологии и репродуктивного здоровья человека ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), а также в учебном процессе на кафедре лучевой диагностики и лучевой терапии лечебного факультета ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет).

Личный вклад автора

Личное участие автора составляет более 90% и основано на самостоятельном выполнении и анализе всех рентгенологических исследований, сопоставлении полученных результатов с физико-химическими данными, определении диагностической эффективности двухэнергетической компьютерной томографии, разработке алгоритма лучевого ведения пациентов с мочекаменной болезнью, формулировке выводов и практических рекомендаций, оформлении научных статей, выступлении на научно-практических конференциях, написании и оформлении диссертационной работы.

Апробация работы

Основные положения диссертации доложены на IV Научно-практической конференции с международным участием «Мочекаменная болезнь: теоретические основы и клинический опыт» (Москва, 2017); на X, XI Всероссийском Национальном Конгрессе лучевых диагностов и терапевтов «Радиология» (Москва, 2017-2018); на II, III Конгрессе урологов

ОАО «РЖД» и междисциплинарной научно-практической конференции с международном участием «Новые технологии в диагностике и лечении урологических заболеваний» (Москва, 2017-2018); на XVIII конгрессе Российского Общества Урологов и Российско-Китайском форуме по урологии (Екатеринбург, 2018).

Диссертация апробирована на совместном заседании кафедры лучевой диагностики и лучевой терапии лечебного факультета и Института урологии и репродуктивного здоровья человека ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), протокол № 6 от 26 ноября 2018 года.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности

По тематике, методам диагностики и лечения, предложенным новым научным положениям представленная диссертация соответствует шифрам научных специальностей 14.01.13 – Лучевая диагностика, лучевая терапия и 14.01.23 – Урология.

Публикации по материалам диссертации

По теме диссертационного исследования опубликовано 8 научных работ, в том числе в 4 изданиях, рекомендованных ВАК РФ (из них в 3 изданиях, индексируемых международной базой SCOPUS) и 1 публикация в зарубежном издании.

Структура и объём диссертации

Диссертация изложена на 125 страницах машинописного текста, включает 31 рисунок, 37 таблиц. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка сокращений и списка литературы, содержащего 118 источников, из них 30 отечественных и 88 иностранных.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В работе проанализированы результаты комплексного обследования и лечения 91 пациента (100%) с мочекаменной болезнью, находившихся на обследовании и лечении в Российско-японском центре визуализации и в Институте урологии и репродуктивного здоровья человека ФГАОУ ВО Первый МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) в период с 2016 г. до 2018 г.

Среди пациентов было 68 мужчин (74,7%) и 23 женщины (25,3%). Возраст пациентов составлял от 18 до 70 лет (средний возраст – 45,3).

Критерии включения в исследование: возраст пациентов старше 18 лет, отсутствие беременности, клинические проявления мочекаменной болезни, подтвержденный при УЗИ или обзорной рентгенографии камень почки или мочеточника, размер камня равный или более 5 мм, показания к оперативному лечению, согласие на физико-химическое исследование мочевых камней.

На этапе предоперационного планирования всем пациентам (100%) была выполнена мультиспиральная компьютерная томография (МСКТ), в том числе двухэнергетическая компьютерная томография (ДЭКТ) на томографе «Aquilion One 640» (Toshiba, Япония). Получение изображений на данном томографе при ДЭКТ заключается в быстром переключении параметра напряжения на источнике излучения между высокими (135 кВ) и низкими (80 кВ) значениями в процессе сканирования. Исследование зоны локализации камня в двухэнергетическом режиме производилось прицельно после проведения стандартной МСКТ, максимальный размер области исследования при этом составлял 16 см. После получения изображений в двухэнергетическом режиме, полученные данные загружались в специализированную программу «DE Stone Analysis», в которой проводились все дальнейшие измерения. На первом этапе одновременно анализировались изображения, полученные на всех трех уровнях напряжения (при 120 кВ, 80

кВ и 135 кВ). Производилось измерение плотности камня размером до 2 см путем постановки окружности (ROI – region of interest), охватывающей не менее половины площади камня; у камней размером более 2 см, в том числе и у коралловидных камней, выполнялись три-четыре измерения плотности с последующим вычислением среднего показателя. На втором этапе определялся специфический показатель Z eff (эффективное атомное число) камня в области, в которой ранее измерялась плотность. На третьем этапе на основании полученных данных о плотности мочевого камня при 120 кВ, 80 кВ и 135 кВ, выполнялось вычисление специфических показателей, таких как двухэнергетическое отношение (ДЭО) – отношение среднего показателя плотности камня на низкоэнергетическом изображении (80 кВ) к среднему показателю плотности на высокоэнергетическом (135 кВ) изображении; двухэнергетический индекс (ДЭИ) вычислялся по формуле: (X80-X135)/(X80+X135+2000), где X80 – плотность камня при 80 кВ, X135 – плотность камня при 135 кВ, двухэнергетическая разность (ДЭР) – разность плотности камня на низкоэнергетическом изображении (80 кВ) и плотности камня на высокоэнергетическом изображении (135 кВ). В дальнейшем описание камня проводилось по расширенному протоколу с указанием размера и объема мочевого камня, плотности при 120 кВ, 80 кВ и 135 кВ и специфических показателей (ДЭО, ДЭИ, ДЭР, Z eff).

В процессе анализа изображений программа «DE Stone Analysis» автоматически выполняла цветовое картирование выявленного камня, по которому возможно было предварительно прогнозировать химический состав in vivo. Оксалаты кальция картировались синим цветом, камни из мочевой кислоты – красным, при определении камня другого или смешанного состава отмечалось картирование в различные оттенки синего, голубого, фиолетового и красного цветов (рис. 1, рис. 2).

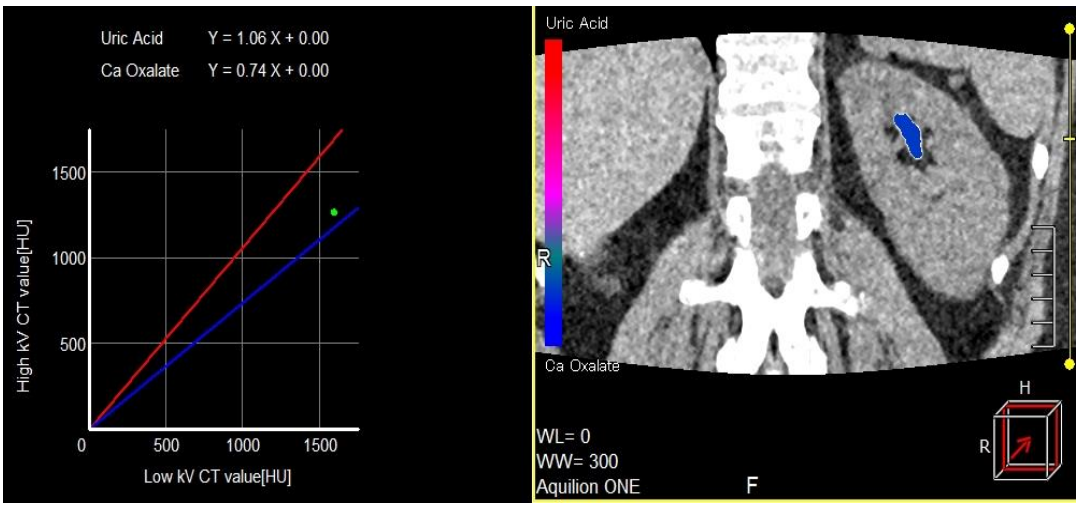

Рисунок 1 – ДЭКТ. Пример картирования Ca-содержащего камня (вевеллит) (синий цвет), кальций-оксалатный тип камнеобразования. В верхней чашечке левой почки определяется камень размером 2,25 х 0,96 х 2,36 см, плотностью при 80 кВ = 1796,5 HU, при 135 кВ = 1297,9 HU, при 120 кВ = 1102 HU. ДЭО = 1,384, ДЭИ = 0,097, ДЭР = 498,6

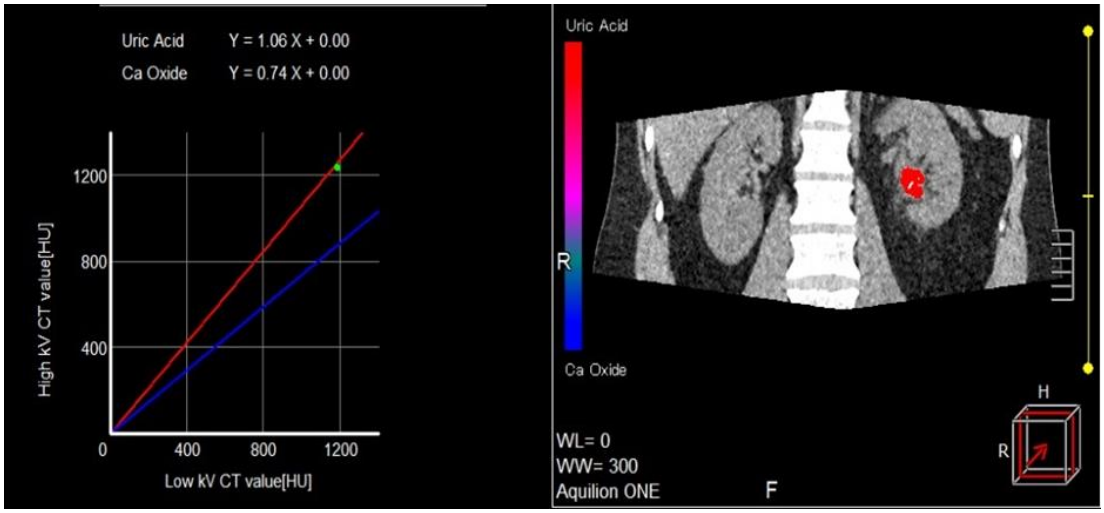

Рисунок 2 – ДЭКТ. Пример картирования камня, состоящего из мочевой кислоты (красный цвет), уратный тип камнеобразования. В лоханке левой почки определяется камень размером 2,4 х 1,8 х 1,3 см, плотностью при 80 кВ = 454,4 HU, при 135 кВ = 432,4 HU, при 120 кВ = 438,5 HU. ДЭО = 1,051, ДЭИ = 0,0076, ДЭР = 22,1

В целом у всех 91 пациента выявлено 15 камней (16,5%) средней и нижней групп чашечек, 22 камня лоханки (24,2%), 6 коралловидных камней (6,6%) (из них 4 полных и 2 неполных), 17 камней (18,7%) лоханочно-мочеточникового сегмента, 4 камня (4,4%) верхней трети мочеточника, 3 камня (3,3%) средней трети мочеточника и 24 камня (26,4%) нижней трети мочеточника.

На этапе прогнозирования химического состава по результатам ДЭКТ все камни были разделены на 4 группы. Определение камней в группы производилось на основании оценки одного показателя ДЭО, определенные интервалы значений которого были следующими: для вевеллита – 1,33-1,41; для Са-содержащих камней без вевеллита – более 1,41; для камней из мочевой кислоты – менее 1,22; для струвитных камней – 1,22-1,329. Таким образом, по данным ДЭКТ было получено 40 камней (44%) в группе вевеллита; 34 камня (37,4%) – в группе Са-содержащих камней без вевеллита; 10 камней (11%) – в группе камней из мочевой кислоты; 7 камней (7,7%) – в группе струвитных камней.

Из оперативного лечения у 53 пациентов (58,2%) была выполнена дистанционная литотрипсия (ДЛТ), у 20 пациентов (22,1%) – чрескожная нефролитотрипсия (ЧНЛТ) и у 18 пациентов (19,7%) – контактная уретеролитотрипсия (КУЛТ). При этом у 11 пациентов (12,1%) был изменен вид планируемого хирургического лечения: были выполнены эндоурологические операции вместо планируемых ДЛТ, а именно, у пациентов с камнями из вевеллита по данным ДЭКТ и плотностью выше 1000 HU при стандартной МСКТ, из них 9 пациентам (9,9%) с камнями, локализующимися в чашечках почки, была выполнена чрескожная нефролитотрипсия, а 2 пациентам (2,2%) с камнями мочеточника была выполнена контактная уретеролитотрипсия. Изменение вида оперативного лечения было принято вследствие наблюдаемого наибольшего числа сеансов ДЛТ (в среднем – 1,9 сеанса) у 18 пациентов (19,7%), имевших камни из вевеллита и плотностью выше 1000 HU, а также вследствие анализа данных о факторах, негативно влияющих на клиническую эффективность ДЛТ, а именно: повышенная устойчивость вевеллита к фрагментации при ДЛТ.

Все камни или фрагменты камней после оперативного лечения подвергались физико-химическому исследованию (рентгенофазовый анализ, инфракрасная спектроскопия, электронная микроскопия). На долю вевеллита пришлось 46,2% (n=42), на долю Са-содержащих камней без вевеллита –

37,4% (n=34), на долю струвитных камней – 5,5% (n=5), а на долю камней с преобладанием мочевой кислоты – 11% (n=10). Таким образом, преобладали пациенты с Са-содержащими камнями (n=76, 83,52%). При этом основным компонентом (более 75%) у большинства камней (n=42, 55,26% среди Са-содержащих камней, 46,15% от общего числа) в указанной группе является вевеллит.

При анализе результатов прогноза состава мочевых камней по ДЭКТ после физико-химических исследований было отмечено 14 случаев (15,4%) неверно определенного состава камней и 77 (84,6%) верно определенных случаев. Сравнение результатов ДЭКТ и физико-химических исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение верных и ошибочных результатов ДЭКТ в сравнении с результатами физико-химических исследований

			Состав камней по данным физико-химического анализа				Всего
			Вевеллит	Са-содержащие камни без вевеллита	Камни из мочевой кислоты	Струвит	
Состав камней по данным ДЭКТ	Вевеллит	абс	35	**4**	0	**1**	40
		%	83,3	11,8	0,0	20,0	44,0
	Са-содержащие камни без вевеллита	абс	**4**	30	0	0	34
		%	9,5	88,2	0,0	0,0	37,4
	Камни из мочевой кислоты	абс	0	0	9	**1**	10
		%	0,0	0,0	90,0	20,0	11,0
	Струвит	абс	**3**	0	**1**	3	7
		%	7,2	0,0	10,0	60,0	7,7
Всего		абс	42	34	10	5	91
		%	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Как видно из таблицы, по результатам ДЭКТ неверно были определены следующие виды камней:

- в первой группе камней (из вевеллита) – 4 камня (9,5%) были неверно отнесены в группу Са-содержащих камней без вевеллита и 3 камня (7,2%) были неверно отнесены в группу струвитных камней;
- во второй группе (Са-содержащие камни без вевеллита) – 4 камня (11,8%) были неверно отнесены в группу камней из вевеллита;
- в третьей группе (камни из мочевой кислоты) – 1 камень (10%) был неверно отнесен в группу струвитных камней;
- в четвертой группе (струвитные камни) – 2 камня были определены неверно, из них 1 камень (20%) был отнесен в группу камней из вевеллита и 1 камень (20%) – в группу камней из мочевой кислоты.

Характеристика точности прогнозирования химического состава мочевого камня на основании использования одного показателя ДЭО, определяемого при ДЭКТ, представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Диагностическая эффективность ДЭКТ в оценке состава мочевых камней на основании одного показателя ДЭО

Состав камней	ДЭО		
	Чувствительность, %	Специфичность, %	Общая точность, %
Вевеллит	83,3	89,8	86,8
Са-содержащие камни	88,2	92,9	91,2
Камни из мочевой кислоты	90	98,8	97,8
Струвит	60	95,3	93,4

Для всех видов камней были получены расширенные данные о размере, плотности при 80 кВ, 135 кВ и 120 кВ, специфических показателях, определяемых при ДЭКТ, а именно ДЭО, ДЭИ, ДЭР и Z eff. При оценке этих данных отмечались выраженные различия этих показателей между каждой из четырех групп, кроме показателей плотности при 80 кВ, 135 кВ и 120 кВ

между группами вевеллита и Са-содержащих камней без вевеллита, в этих группах отмечалось выраженное пересечение интервалов указанных плотностей (средние значения плотностей (HU) при 80 кВ, 135 кВ и 120 кВ для вевеллита составили 1476,2, 1079,1 и 1188,1, соответственно, для Са-содержащих камней без вевеллита – 1585,8, 1068,4 и 1199,2, соответственно).

При оценке значимости статистических различий между составом камней по результатам физико-химического анализа и другими категориальными признаками (состав камней по ДЭКТ, пол, локализация, вид хирургического лечения) при помощи критерия $\chi 2$ Пирсона асимптотическая значимость менее 0,001 отмечалась лишь у признака «состав камней по результатам ДЭКТ», в то время, как и ожидалось, не было найдено значимых различий с такими признаками как пол, локализация камня и вид хирургического лечения.

При оценке силы связи по критерию V Крамера между составом по результатам физико-химического анализа и другими категориальными признаками, сильная связь – значение критерия 0,746 – отмечалась также лишь с признаком «состав камней по результатам ДЭКТ», что означало высокую диагностическую эффективность ДЭКТ, доказанную в дальнейшем анализе.

При попарном сравнении всех четырех групп камней по методу Манна-Уитни отмечались выраженные статистические различия по всем показателям МСКТ и ДЭКТ (количественные признаки) каждой из групп между собой ($p < 0,003$), кроме групп вевеллита и Са-содержащих камней без вевеллита по показателям плотностей при 80 кВ, 120 кВ и 135 кВ. Между данными группами по указанным показателям плотностей не было найдено значимых различий, что обусловлено отсутствием зафиксированных различий плотностей у разных видов Са-содержащих камней, что также отмечают многие исследования.

С учетом расширенных данных о всех группах мочевых камней, а также с целью повышения диагностической эффективности ДЭКТ, была выполнена

комплексная оценка пяти специфических показателей (ДЭО, ДЭИ, ДЭР, Z eff, значение плотности при 135 кВ), определяемых при ДЭКТ с применением метода дискриминантного анализа. Для всех исследованных групп камней были вычислены классифицирующие функции Фишера, представляющие собой линейные комбинации дискриминантных переменных. Для классификации камня в определенную группу производился расчет линейных дискриминантных функций с коэффициентами каждой из групп. Камень мог быть отнесен к той группе, для которой дискриминантная функция принимает максимальное значение. На рисунке 3 представлено распределение мочевых камней с использованием дискриминантных функций.

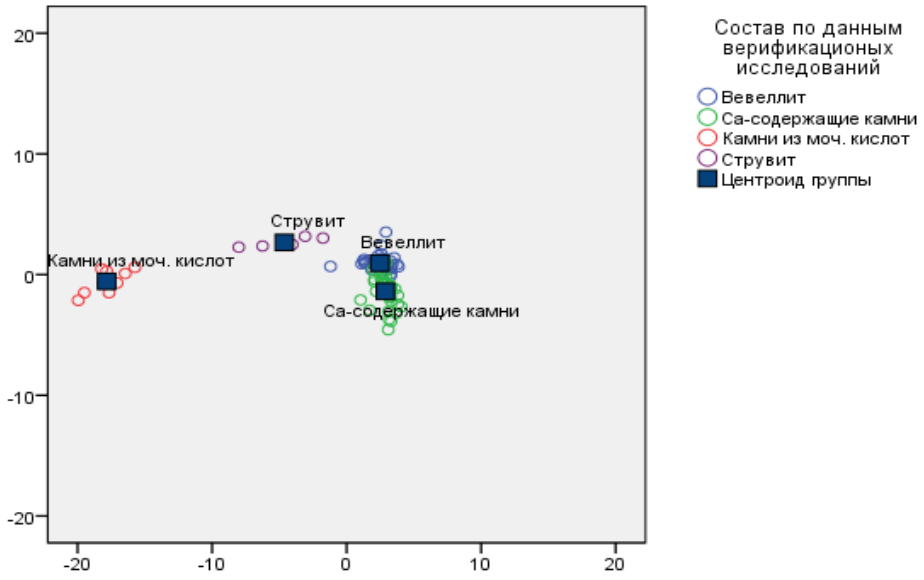

Рисунок – 3 Диаграмма. Распределение мочевых камней по химическому составу на основании показателей, определяемых при ДЭКТ с использованием дискриминантных функций

Диагностическая эффективность ДЭКТ с применением дискриминантного анализа и учетом пяти показателей была выше, чем с применением только лишь одного показателя ДЭО, что позволяет не только дифференцировать уратные и неуратные камни, но и отдельно выявлять вевеллит и струвит (табл. 3).

Анализ результатов прогноза состава мочевых камней по ДЭКТ с применением дискриминантного анализа позволил уменьшить число неверно

определенного состава камней до 7 (7,7%). Доля верно определенных случаев составила 84 (92,3%).

Таблица 3 – Диагностическая эффективность ДЭКТ в оценке состава мочевых камней на основании пяти показателей

Состав камней	Дискриминантный анализ (ДЭО, ДЭИ, ДЭР, Z eff, значение плотности при 135 кВ)		
	Чувствительность, %	Специфичность, %	Общая точность, %
Вевеллит	95,2	89,8	92,3
Са-содержащие камни	85,3	96,4	92,3
Камни из мочевой кислоты	100	100	100
Струвит	100	100	100

Таким образом, разработанная методика с применением дискриминантного анализа позволяет определять состав мочевых камней по данным ДЭКТ на основании комплексной оценки пяти показателей, а также позволяет повысить диагностическую эффективность метода.

У 10 пациентов (11%) с камнями из мочевой кислоты отмечались множественные камни чашечек, которые не подвергались оперативному лечению. По данным ДЭКТ состав не удалённых камней совпадал с составом камня, полученного ранее в результате оперативного лечения и подвергшегося физико-химическому исследованию. Данным пациентам (n=10; 11%) проводилась литолитическая терапия по стандартной схеме лечения, согласно рекомендациям Российского общества урологов и Европейской ассоциации урологов (2018 г.). При контрольной ДЭКТ спустя 3 месяца терапии у семи пациентов с множественным уролитиазом отмечалось уменьшение средней плотности и размера камня, у двух пациентов с множественным уролитиазом отмечалось уменьшение средней плотности без изменения размера камня и у одного пациента с множественным

уролитиазом отсутствовали изменения плотности и размера камня. Специфические показатели ДЭКТ у последних трех пациентов были характерны для Са-содержащих камней, поэтому этим трем пациентам в дальнейшем было рекомендовано проведение эндоурологических операций. Таким образом, при определении по данным ДЭКТ камней из мочевой кислоты, может быть рекомендован цитратный литолиз перед оперативным лечением.

На основании полученных успешных результатов, был предложен диагностический алгоритм выбора метода хирургического лечения пациентов с МКБ (рис. 4). Основной концепцией данного алгоритма явились оценка одного из прогностических факторов неэффективности ДЛТ на дооперационном этапе при помощи ДЭКТ – химического состава камня (вевеллит), и выявление группы пациентов, которым рекомендованы рентген-эндоурологические операции: пациенты с камнями из вевеллита и плотностью при стандартной КТ выше 1000 HU. Также данный алгоритм позволяет выявить группу камней из мочевой кислоты, которым до оперативного лечения может быть рекомендован цитратный литолиз.

Рисунок – 4 Алгоритм выбора лечебной тактики на основании химического состава камней по данным ДЭКТ

Также был разработан алгоритм выбора специфической профилактики уролитиаза на основании данных ДЭКТ (рис. 5).

Рисунок 5 – Схема планирования профилактики мочекаменной болезни с учетом данных ДЭКТ

Согласно данному алгоритму, с учетом доказанной в представленной работе эффективности ДЭКТ в определении вевеллита и камней мочевой кислоты, пациентам при присутствии у них факторов риска рецидивного камнеобразования и в случае выявления при ДЭКТ этих двух видов камней уже в предоперационном периоде может быть назначена специфическая профилактика. Эти рекомендации особенно актуальны у группы пациентов, у которых получение фрагментов камня невозможно по какой-либо причине или тех, которые не желают или не в состоянии провести физико-химический анализ полученных камней. Однако с учетом возможных диагностических ошибок при ДЭКТ, полностью достоверными для конкретизации вопросов специфической профилактики могут считаться лишь результаты физико-химических исследований полученных мочевых камней.

Таким образом, на основании проведенного исследования были проанализированы возможности двухэнергетической компьютерной томографии в определении химического состава мочевых камней, которые

позволят улучшить диагностику мочекаменной болезни, а также предоставят возможность урологу выбрать оптимальную тактику ведения пациента, определить вид хирургического лечения, что в свою очередь позволит повысить эффективность и качество лечения данной категории пациентов, а также оптимизировать профилактику мочекаменной болезни.

ВЫВОДЫ

1. Расширенный КТ-протокол описания результатов МСКТ с применением ДЭКТ у пациентов с мочекаменной болезнью, включающий в себя специфические показатели – плотность камня (HU) при 80 кВ и 135 кВ, двухэнергетическое отношение (ДЭО), двухэнергетический индекс (ДЭИ), двухэнергетическая разность (ДЭР), эффективное атомное число камня (Z eff) – позволяет достоверно определить состава мочевого камня «in vivo» у пациентов с мочекаменной болезнью.
2. Разработана методика с применением дискриминантного анализа, позволяющая определять состав камней по результатам ДЭКТ на основании комплексной оценки специфических показателей (плотность камня при 80 кВ и 135 кВ, ДЭО, ДЭИ, ДЭР, Z eff).
3. Диагностическая эффективность ДЭКТ в оценке состава мочевых камней на основании одного показателя ДЭО составила для вевеллита: Sn (чувствительность) – 83,3%, Sp (специфичность) – 89,8%, Ac (общая точность) – 86,8%; для Ca-содержащих камней без вевеллита: Sn – 88,2%, Sp – 92,9%, Ac – 91,2%; для камней из мочевой кислоты: Sn – 90%, Sp – 98,8%, Ac – 97,8%; для струвита: Sn – 60%, Sp – 95,3%, Ac – 93,4%. Диагностическая эффективность ДЭКТ на основании дискриминантного анализа составила для вевеллита: Sn – 95,2%, Sp – 89,8%, Ac – 92,3%; для Ca-содержащих камней без вевеллита: Sn – 85,3%, Sp – 96,4%, Ac – 92,3%; для камней из мочевой кислоты: Sn, Sp, Ac – 100%, для струвита: Sn, Sp, Ac – 100%.
4. Определение химического состава мочевого камня по данным ДЭКТ и плотности при стандартной компьютерной томографии позволяют выбрать оптимальный метод хирургического лечения (ДЛТ, ЧНЛТ, КУЛТ) и

детализировать профилактику камнеобразования у пациентов с мочекаменной болезнью.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Всем пациентам с мочекаменной болезнью и размером камня более 5 мм, по возможности, следует включать ДЭКТ в схему предоперационного обследования, а протокол описания результатов КТ должен включать следующие данные: плотность камня при 80 кВ и 135 кВ, двухэнергетическое отношение (ДЭО), двухэнергетический индекс (ДЭИ), двухэнергетическая разность (ДЭР), эффективное атомное число камня (Z eff).
2. Для прогнозирования химического состава камня и типа камнеобразования на основании комплексной оценки специфических показателей, полученных при ДЭКТ, рекомендуется применение метода дискриминантного анализа.
3. Пациентам, у которых по данным ДЭКТ определяется вевеллит и плотность камня больше 1000 HU, показано выполнение рентгенэндоскопических операций (ЧНЛТ, КУЛТ). При определении по данным ДЭКТ камней из мочевой кислоты может быть рекомендован цитратный литолиз, при его неэффективности (увеличение плотности уратного камня более 800 HU) – рентген-эндоскопические методы лечения (ЧНЛТ, КУЛТ).
4. При выявлении по данным ДЭКТ мочевых камней необходимо начинать специфическую профилактику рецидивного камнеобразования в предоперационном периоде.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Руденко В.И., Серова Н.С., **Капанадзе Л.Б.** Возможности двухэнергетической компьютерной томографии в диагностике мочекаменной болезни // Урологические ведомости. – 2017. – Т. 7. – Специальный выпуск. – С. 92-93.
2. **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.
3. Руденко В.И., Серова Н.С., **Капанадзе Л.Б.** Применение двухэнергетической компьютерной томографии у пациентов с мочекаменной болезнью // Материалы XI Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология – 2017». – Москва, 2017. – С. 91.
4. **Капанадзе Л.Б.**, Терновой С.К., Руденко В.И., Серова Н.С. Клиническое значение двухэнергетической рентгеновской компьютерной томографии в диагностике и лечении мочекаменной болезни // **Урология**. – 2018. – № 1. – С. 143-149.
5. **Капанадзе Л.Б.**, Серова Н.С., Руденко В.И., Кузьмичева Г.М., Александрова К.А., Новиков И.А. Результаты применения двухэнергетической компьютерной томографии в диагностике мочекаменной болезни // **Российский электронный журнал лучевой диагностики**. – 2018. – Т. 8. – № 2. – С. 94-104.
6. **L. Kapanadze**, N. Serova, S.K. Ternovoy, Y. Alyaev, V. Rudenko, M. Sharia, K. Aleksandrova. Application of dual-energy computer tomography in diagnostics of urolithiasis // EPOS Database of Scientific meeting of European Society of Radiology (ESR) – Vienna (Austria), 2018. – DOI: 10.1594/ecr2018/C-1848.

7. **Капанадзе Л.Б.**, Серова Н.С., Руденко В.И., Александрова К.А. Определение химического состава мочевых конкрементов с помощью двухэнергетической компьютерной томографии (ДЭКТ) у пациентов с мочекаменной болезнью // Материалы XII Всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология – 2018». – Москва, 2018. – С. 52.

8. **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. – Т. 22. – № 4. – С. 59-64.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ДЛТ – дистанционная литотрипсия

ДОК – дигидрат оксалата кальция

ДЭИ – двухэнергетический индекс

ДЭКТ – двухэнергетическая компьютерная томография

ДЭО – двухэнергетическое отношение

ДЭР – двухэнергетическая разность

КУЛТ – контактная уретеролитотрипсия

МКБ – мочекаменная болезнь

МОК – моногидрат оксалата кальция

МСКТ – мультиспиральная компьютерная томография

УЗИ – ультразвуковое исследование

ЧНЛТ – чрескожная нефролитотрипсия

Ac – общая точность

Sn – чувствительность

Sp – специфичность

Z eff – эффективное атомное число