

ВОЗМОЖНОСТИ КОНТРАСТ-УСИЛЕННОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ В РАННЕЙ ДИАГНОСТИКЕ КЛИНИЧЕСКИ ЗНАЧИМОГО АНГИОНЕФРОСКЛЕРОЗА У БОЛЬНЫХ С САХАРНЫМ ДИАБЕТОМ 2-го ТИПА: ПРОСПЕКТИВНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

О. А. Горбатенко^{ID*}, А. В. Борсуков^{ID}

Смоленский государственный медицинский университет, Проблемная научно-исследовательская лаборатория «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии», Смоленск, Россия

ВВЕДЕНИЕ: Инструментальные методы, используемые в настоящее время, являются либо ионизирующими, либо инвазивными, что не позволяет потенциально применять их при динамическом мониторинге. Контраст-усиленное ультразвуковое исследование (КУУЗИ) может обеспечить более качественную оценку почечного кровотока.

ЦЕЛЬ: Повышение диагностической и прогностической ценности ультразвукового исследования с применением эхоконтраста в ранней диагностике клинически значимого ангионефросклероза у больных с сахарным диабетом 2-го типа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ: С 2019 по 2023 г. на базе ОГБУЗ «Клиническая больница № 1» г. Смоленска и проблемной научно-исследовательской лаборатории «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии» ФГБОУ ВО СГМУ Минздрава России были обследованы 166 человек [118 человек — основная группа (1-я группа — пациенты с СД 2-го типа без диабетического ангионефросклероза; 2-я группа — пациенты с СД 2-го типа с диабетическим ангионефросклерозом в стадии субкомпенсации; 3-я группа — пациенты с СД 2-го типа с выраженным диабетическим ангионефросклерозом в стадии декомпенсации) и 48 человек — контрольная группа]. Все пациенты были обследованы по единому диагностическому алгоритму, который включал 8 этапов. Референтные методы — КТ с контрастным усилением, динамическая нефросцинтиграфия.

РЕЗУЛЬТАТЫ: При анализе качественных и количественных результатов КУУЗИ выявлено, что пациенты 2-й и 3-й групп достигают пика интенсивности КП (PI) быстрее, чем пациенты 1-й основной и контрольной групп. Наиболее лабильным оказался такой количественный показатель, как время достижения максимальной интенсивности КВ (ТАО). Наибольшей точностью отмечены AUCi, AUCo, AUC. Показатели AUC и AUCo в контрольной группе значимо не различались. В зависимости от степени поражения коркового вещества почки установлено, что наибольшие изменения количественных и качественных параметров КУУЗИ были выявлены на стадии клинической нефропатии и терминальной стадией хронической болезни почек. У пациентов со стадией III (начинающаяся нефропатия) наблюдались более выраженные изменения по данным лабораторных и инструментальных исследований, чем у пациентов контрольной группы, без патологии почек или пациентов с доклинической стадией (I–II стадия).

ОБСУЖДЕНИЕ: В отличие от КТ и МРТ КУУЗИ не является нефротоксичным, что позволяет его использовать у пациентов со сниженной функцией почек, в том числе для многократного динамического мониторинга. Это является актуальным для пациентов с СД 2-го типа, поскольку по мере прогрессирования заболевания важно оценить доклинические признаки развития диабетического ангионефросклероза, а именно интрааренальный кровоток. Использование КУУЗИ в комплексном диагностическом алгоритме диабетической болезни почек позволяет выявить доклинические изменения диабетического ангионефросклероза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ: Контраст-усиленное ультразвуковое исследование является надежным и безопасным методом диагностики патологии почек, позволяющим прогнозировать клиническое течение основного заболевания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сахарный диабет, хроническая болезнь почек, контраст-усиленное ультразвуковое исследование почек

* Для корреспонденции: Горбатенко Ольга Александровна, e-mail: olya.gorbatenko.94@mail.ru.

Для цитирования: Горбатенко О.А., Борсуков А.В. Возможности контраст-усиленного ультразвукового исследования в ранней диагностике клинически значимого ангионефросклероза у больных с сахарным диабетом 2-го типа: проспективное исследование // *Лучевая диагностика и терапия*. 2024. Т. 15, № 2. С. 97–111, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2024-15-2-97-111>.

POSSIBILITIES OF CONTRAST-ENHANCED ULTRASOUND IN THE EARLY DIAGNOSIS OF CLINICALLY SIGNIFICANT ANGIONEPHROSCLEROSIS IN PATIENTS WITH TYPE 2 DIABETES MELLITUS: A PROSPECTIVE STUDY

Olga A. Gorbatenko^{ID}*, Alexey V. Borsukov^{ID}

Smolensk State Medical University, Fundamental research laboratory «Diagnostic researches and minimally invasive technologies», Smolensk, Russia

INTRODUCTION: The instrumental methods currently used are either ionizing or invasive, which prevents their potential application in dynamic monitoring. Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) can provide better assessment of renal blood flow.

OBJECTIVE: Increasing the diagnostic and prognostic value of ultrasound using echo contrast in the early diagnosis of clinically significant angioedema in patients with type 2 diabetes mellitus.

MATERIALS AND METHODS: From 2019 to 2023 On the basis of the Clinical Hospital No. 1 of Smolensk and the problem research laboratory «Diagnostic studies and minimally invasive technologies» of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education SSMU of the Ministry of Health of Russia, 166 people were examined (118 people — the main group (Group 1 — patients with type 2 diabetes without diabetic angioedema; group 2 — patients with type 2 diabetes with diabetic angioedema in the subcompensation stage; Group 3 — patients with type 2 diabetes with severe diabetic angioedema in the decompensation stage) and 48 people — the control group). All patients were examined according to a single diagnostic algorithm, which included 8 stages. Abstract methods — contrast-enhanced CT, dynamic nephroscintigraphy.

DISCUSSION: Unlike CT and MRI, CEUS is not nephrotoxic, which allows it to be used in patients with reduced renal function, including for multiple dynamic monitoring. This is relevant for patients with type 2 diabetes, because as the disease progresses, it is important to assess preclinical signs of diabetic angioedema, namely, intrarenal blood flow. The use of CEUS in a comprehensive diagnostic algorithm for diabetic kidney disease makes it possible to identify preclinical changes in diabetic angioedema.

CONCLUSION: Contrast-enhanced ultrasound is a reliable and safe method of diagnosing kidney pathology, which allows predicting the clinical course of the underlying disease.

KEYWORDS: diabetes mellitus, chronic kidney disease, contrast-enhanced ultrasound examination of the kidneys

* For correspondence: Olga A. Gorbatenko, e-mail: olya.gorbatenko.94@mail.ru.

For citation: Gorbatenko O.A., Borsukov A.V. Possibilities of contrast-enhanced ultrasound in the early diagnosis of clinically significant angionephrosclerosis in patients with type 2 diabetes mellitus: a prospective study // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2024. Vol. 15, No. 2. P. 97–111, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2024-15-2-97-111>.

Введение. В настоящее время наблюдается тенденция увеличения числа больных сахарным диабетом (СД). Сахарный диабет остается острой проблемой здравоохранения не только на территории Российской Федерации, но и во всем мире [1–3]. Он является главенствующей причиной развития хронической болезни почек (ХБП). Количество зарегистрированных больных с ХБП, включая все стадии заболевания по классификации ХБП (Клинические рекомендации ХБП, 2023), в том числе терминальную почечную недостаточность, составляет не менее 10%. Разнообразие причин поражения почек при СД не вызывает сомнений, однако наиболее распространенной остается диабетическая нефропатия (ДН), которая отмечается у 30–40% больных СД 2-го типа [4, 5].

Традиционный В-режим и доплерография на протяжении многих лет являются основными методами визуализации почек и ежедневно используются в большинстве медицинских центров в качестве метода выбора для первоначальной оценки патологии почек. Однако стандартное ультразвуковое сканирование может быть ограничено в способности точно указать на патологию почек, в особенно-

сти у пациентов с диабетической болезнью почек. УЗИ в В-режиме является хорошим инструментом скрининга, но не всегда может дать характеристику области поражений [6, 7]. Особая проблема заключается в том, что изменения почек при ультразвуковом исследовании в В-режиме и режиме ЦДК часто низкоинформативны при диффузной патологии почек, а оценка микроциркуляции с помощью доплерографии может быть затруднена [8].

Таким образом, стандартное УЗИ остается неточным при различении доброкачественных и злокачественных поражений. Контраст-усиленное ультразвуковое исследование (КУУЗИ) имеет множество преимуществ: оно безопасно (особенно у пациентов с почечной дисфункцией), является неионизирующим и относительно дешево. Кроме того, наш опыт показывает, что КУУЗИ не представляет сложности в техническом плане. Данное исследование может освоить опытный врач ультразвуковой диагностики.

В настоящей статье мы обсуждаем технику, интерпретацию и ценность ультразвукового исследования с контрастным усилением при диагностике диабетического ангионефросклероза различного клинического течения. Зачастую в визуализации почек применяют

компьютерную томографию (КТ) или магнитно-резонансную томографию (МРТ). Это может быть как прицельное исследование почек при их патологии, так и результат визуализации других органов. Эхоконтрастный препарат состоит из биологически инертных микропузырьков, размеры которых меньше эритроцита, что является достаточным для оценки микроциркуляторного русла без риска эмболизации [8–10]. В отличие от КТ и МРТ, КУУЗИ не является нефротоксичным, что позволяет использовать его у пациентов со сниженной функцией почек, в том числе для многократного динамического мониторинга. Это актуально для пациентов с СД 2-го типа, поскольку по мере прогрессирования заболевания важно оценить доклинические признаки развития диабетического ангионефросклероза, а именно интратубулярный кровоток [3, 11]. Использование КУУЗИ в комплексном диагностическом алгоритме диабетической болезни почек позволяет выявить доклинические изменения диабетического ангионефросклероза. Таким образом, КУУЗИ является надежным и безопасным методом диагностики патологии почек, позволяющим прогнозировать клиническое течение основного заболевания.

В результате увеличения тяжести диабетической болезни почек происходит поочередное вовлечение структур почек: клубочков, канальцев, интерстициального компонента. Данные процессы способствуют повышению проницаемости структуры базальной мембраны для альбуминов, тем самым запуская процесс скопления альбуминов в мезангиуме, что приводит к развитию тубулоинтерстициального фиброза [3, 12–14]. В процесс прогрессирования патологических изменений гистоархитектоники вовлекаются интратубулярные сосуды почек. Одним из важнейших этапов диагностики диабетической болезни почек является

ческой болезни почек — это биопсия почки, однако данный метод является инвазивным с возможными рисками развития осложнений, поэтому повторное выполнение для динамического мониторинга практически невозможно [15]. Усиливается роль КУУЗИ в паренхиматозной микроваскуляризации почек. Метод основан на введении ультразвукового контрастного вещества, которое изменяет акустические свойства крови [16, 17]. Значимым преимуществом данного метода является отсутствие развития осложнений, в частности, постконтрастного острого повреждения почек (ПК-ОПП). С учетом недостаточности данных по КУУЗИ в ранней диагностике клинически значимого ангионефросклероза у пациентов с СД 2-го типа определена цель исследования.

Цель. Повышение диагностической и прогностической ценности ультразвукового исследования с применением эхоконтраста в ранней диагностике клинически значимого ангионефросклероза у больных с сахарным диабетом 2-го типа.

Материалы и методы. С 2019 по 2023 г. на базе ОГБУЗ «Клиническая больница № 1» г. Смоленска и проблемной научно-исследовательской лаборатории «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии» ФГБОУ ВО СГМУ Минздрава России были обследованы 166 человек (118 человек — основная группа и 48 человек — контрольная группа). Все пациенты, участвовавшие в научном исследовании, дали письменное информированное согласие в соответствии с требованиями Хельсинской декларации Всемирной медицинской ассоциации (одобрено этическим комитетом ОГБУЗ «Клиническая больница № 1» № 29 от 16.02.2019 г.) В соответствии с задачами исследования были сформированы следующие группы.

Клиническая характеристика пациентов основной группы (n=118)

Таблица 1

Table 1

Clinical characteristics of patients in the main group (n=118)

Группа	Мужчины		Женщины		Всего		Средний возраст, лет
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	
1-я группа — пациенты с СД 2-го типа без диабетического ангионефросклероза	22	18,6	17	14,4	39	33,1	59,69±12,38
2-я группа — пациенты с СД 2-го типа с диабетическим ангионефросклерозом в стадии субкомпенсации	17	14,4	27	22,9	44	37,3	65,18±8,08
3-я группа — пациенты с СД 2-го типа с выраженным диабетическим ангионефросклерозом в стадии декомпенсации	17	14,4	18	15,3	35	29,6	67,91±7,9
Всего (n=118)	56	47,4	62	52,6	118	100,0	64±10,16

Примечание: p<0,05.

Note: p<0,05.

оценку перфузии почек для определения степени поражения, а также формирования дальнейшего прогнозирования течения диабетического ангионефросклероза. «Золотой стандарт» в диагностике диабе-

Основная клиническая группа (n=118): 118 человек с СД 2-го типа различного клинического течения. Все пациенты были распределены по полу и возрасту (табл. 1).

Референтные методы ($n=118$):

1) МСКТ почек с болюсным контрастированием (Омнипак, 350 мг йода/мл) на томографе Toshiba Aquilion 16 толщина среза 0,5 мм у 93 пациентов основной группы — 78,81%;

2) динамическая нефросцинтиграфия (Пентатекс-Тх^{99m}, 80 МБк) на аппарате PHILIPS у 25 пациентов основной группы — 21,19%.

Выполнялась чрескожная биопсия почки 12 (10,16%) пациентов основной группы.

Группа 1 — пациенты с СД 2-го типа без диабетического ангионейрофросклероза с наличием HbA1c <7%; нормоальбуминурия менее 30 мг/сут; СКФ 90 и более мл/мин/1,73 м³.

Группа 2 — пациенты с СД 2-го типа с диабетическим ангионейрофросклерозом в стадии субкомпенсации с наличием HbA1c 7,1–7,5%; микроальбуминурии 30–300 мг/сут; СКФ 89–30 мл/мин/1,73 м³.

Группа 3 — пациенты с СД 2-го типа с выраженным диабетическим ангионейрофросклерозом в стадии декомпенсации с наличием HbA1c >7,5%; макроальбуминурии более 300 мг/сут; СКФ менее 30 мл/мин/1,73 м³.

В контрольную группу вошли 48 пациентов с неизменным уровнем концентрации глюкозы в цельной капиллярной крови натощак <5,6 ммоль/л, не имеющие поражений почечной ткани по результатам клинических, лабораторных и инструментальных данных — 23 мужчины (47,91%) и 25 женщин (52,09%), средний возраст — $49,46 \pm 9,74$ года. Представлены различные нозологические формы заболевания у пациентов контрольной группы, такие как хронический гастрит (35,6%), хронический панкреатит (14,8%), деформирующий остеоартроз (9,5%), хроническая астма (12,5%), хроническая обструктивная болезнь легких (11,2%), хронический некалькулезный холецистит (16,4%).

Всем пациентам, подписавшим добровольное согласие на исследование, был предложен единый диагностический алгоритм, который включал 8 этапов. Период наблюдения 4 года (2019–2023 гг.) с динамическим наблюдением через 3 мес — 6 мес — 9 мес — 12 мес — 24 мес — 36 мес — 48 мес.

I этап. Подписание добровольного информированного согласия перед началом исследования.

II этап. Сбор анамнеза жизни и жалоб пациентов. Физикальный осмотр больных с вычислением индекса массы тела (ИМТ), измерением артериального давления (АД).

III этап. Лабораторные исследования (общий анализ крови, гликированный гемоглобин, скорость клубочковой фильтрации (СКФ), креатинин, альбуминурия).

IV–V этап. Инструментальное обследование (оценка DICOM файлов МСКТ почек с контрастным усилением и динамическая нефросцинтиграфия — ДНС), которое проводилось до момента настоящего исследования по клиническому назначе-

нию лечащего врача, но не позднее чем 3 месяца до начала исследования.

VI этап. Мультипараметрическое ультразвуковое исследование почек в В-режиме с определением длины, ширины, толщины, эхогенности коркового слоя; в режиме цветового доплеровского картирования (ЦДК) с оценкой качественных параметров интрааренального кровотока по 5-балльной шкале М. Bertolotto [18]. Качественные параметры оценивали по следующей классификации: 0 тип — норма; 1 тип — усиление почечного кровотока; 2 тип — незначительное уменьшение кровотока; 3 тип — значительное уменьшение кровотока; 4 тип — выраженное уменьшения кровотока. УЗИ почек проводилось полипозиционно. Исследование ангиоархитектоники почек выполнялось в положении пациента лежа на спине путем поперечного сканирования для лучшей оценки устьев артерий. Для оценки дистальных сегментов почечных артерий и интрааренальных сосудов исследование проводилось в задне-латеральном доступе в положении пациента лежа на боку с последующей оценкой УЗ-семиотики (табл. 2). В случае если почки изменены одинаково, выбиралась наиболее удобная для проведения КУУЗИ — правая почка.

VII этап. Контраст-усиленное ультразвуковое исследование почек проводилось в соответствии с Европейскими рекомендациями для клинической практики по контраст-усиленному ультразвуковому исследованию [19]. Контраст-усиленное ультразвуковое исследование почек проводили на УЗ-аппарате Aloka Hitachi Arietta 850 (Hitachi Medical Corporation, Япония) в компетентном режиме с низкоамплитудным механическим индексом 0,06 и конвексным датчиком 3–6 МГц. Для проведения настоящего исследования использовался эхоконтрастный препарат «SonoVue» (Бракко Свисс СА, Швейцария). Данный препарат представляет собой лиофилизированный порошок гексафторида серы, 1,5 мг, который необходимо растворить в 5,0 мл растворителя 0,9% раствора натрия хлорида. Свежеприготовленный раствор вводили внутривенно струйно через локтевую вену (*v. ulnaris*), используя двухпортовый периферический венозный катетер G19 (диаметр 0,9 мм). Для достижения более эффективного и быстрого результата болюсного введения эхоконтраста дополнительно вводили 5,0 мл 0,9% раствора натрия хлорида [19, 20].

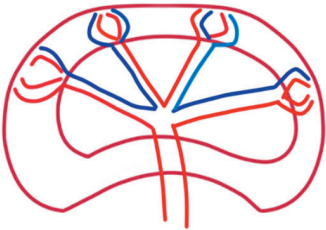
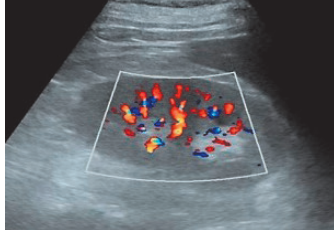
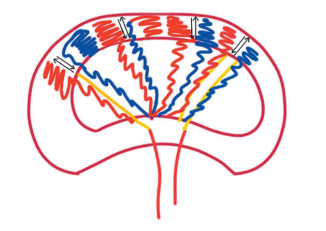
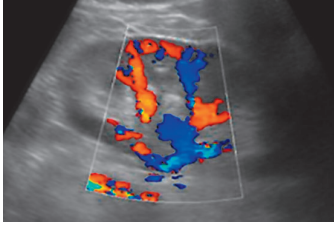
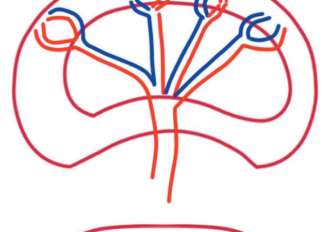
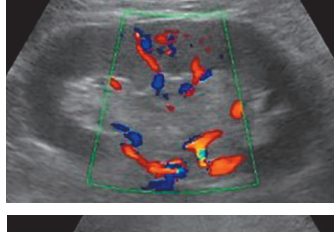
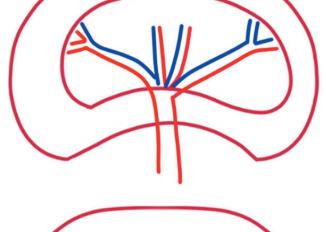
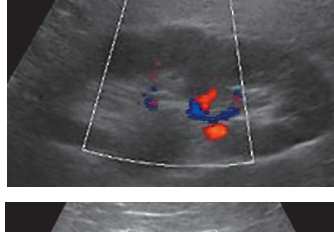

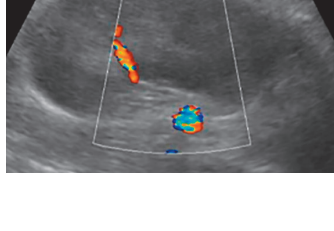
Перед началом контрастирования на монитор УЗ-аппарата выводят почку, почечную артерию, сегментарные артерии, междольковые артерии, дуговые артерии и междольковые артерии. При получении устойчивой УЗ-картины определяют зоны для оценки количественных параметров КУУЗИ. Предпочтительными вариантами для проведения исследования являются верхний передний сегмент, нижний передний сегмент или задний сегмент почки. Во время исследования оценивали каче-

Таблица 2

Стандартизированная градация оценки цветового доплеровского картирования почек по шкале М. Bertolotto [18]

Table 2

Standardized gradation of color Doppler mapping of the kidneys according to the M. Bertolotto scale [18]

Тип	Графическое изображение	УЗ-изображения	Визуальная оценка
0			Определяются интратенальные сосуды и не менее 90% структур паренхиматозного слоя почки
1			Визуализируется общая почечная артерия, сегментарные. Оценка междольковых артерий затруднена за счет разнонаправленности турбулентного кровотока
2			Определяется общая почечная артерия, сегментарные, междольковые и не более 50% всех дуговых сосудов. Междольковые сосуды не визуализируются
3			Определяется общая почечная артерия, сегментарные, не более 50% междольковых. Дуговые и междольковые сосуды не визуализируются
4			Определяется общая почечная артерия, частично сегментарные. Междольковые, дуговые, междольковые сосуды не определяются

ственные показатели: однородность/неоднородность контрастирования, симметричность/асимметричность накопления эхоконтрастного препарата в корковом и мозговом слоях, однородность/неоднородность вымывания ультразвукового контрастного препарата и симметричность/асимметричность вымывания контрастного препарата. Данные показатели необходимо просматривать в режиме off-line для более детальной оценки исследования путем анализа записанных ранее видео-петель. При построении графика «интенсивность-время» также оценивались количественные показатели: время поступления контрастного препарата (ТАО — time of arrival), время достижения пиковой интенсивно-

сти контрастного препарата (ТТР — time to peak), время полувыведения контрастного препарата (НТВо — half-time washout), максимальная интенсивность накопления контрастного препарата (PI — peak intensity), общая площадь под кривой (AUC — area under), площадь под кривой накопления контрастного препарата (AUCWi — area under ascending curve), площадь под кривой выведения контрастного препарата (AUCWo — area under descending curve) (рис. 1) [19, 20].

VIII этап. Проведение биопсии почки под УЗ-контролем. В связи с отсутствием жалоб и болевого синдрома на данную процедуру согласились 12 (10,16%) пациентов. Нефробиопсия проводится

исключительно по назначению врача-нефролога. Показания [15]:

- стремительное нарастание протеинурии с развитием нефротического синдрома;
- появление массивной протеинурии на ранних стадиях сахарного диабета;
- сочетание протеинурии с выраженной либо стабильной гематурией;
- стремительное снижение функции почек;
- появление почечной патологии при отсутствии ретинопатии;
- наличие других системных проявлений, не типичных для сахарного диабета.

Перечень лучевых и ультразвуковых диагностических исследований, проведенных пациентам основной ($n=118$) и контрольной группы ($n=48$), представлен в табл. 3.

В результате анализа количественных показателей КУУЗИ были проведены расчеты в нескольких точках с нахождением среднего арифметического (Δ) для более точной комплексной оценки перфузии почек. Статистически значимые различия оценивались для показателей TAO, TTP, PI, AUCi, AUCo, AUC.

Полученные данные клинко-лабораторных и инструментальных исследований были статистически обработаны с использованием пакетов статистического анализа Statistica 12.0 (StatSoft Inc.) и MedCalc. Оценка диагностической точности качественных и количественных параметров КУУЗИ почек выполнялась с использованием ROC-анализа.

Результаты. Всем пациентам основной группы проводился динамический мониторинг лабораторных показателей, таких как скорость клубочковой фильтрации (СКФ), содержание креатинина, альбу-

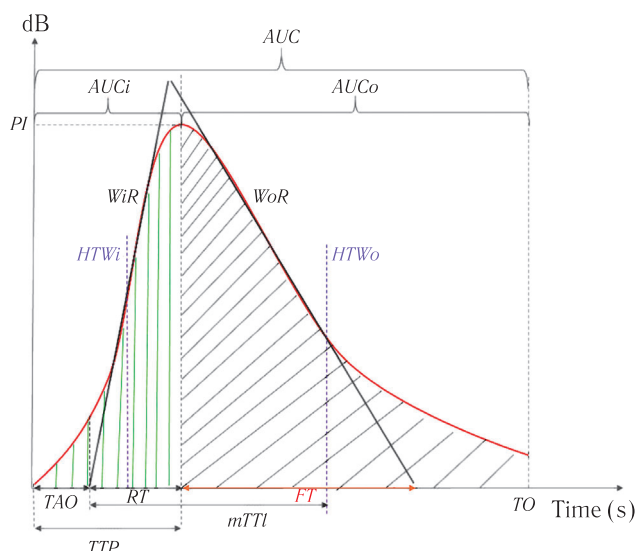


Рис. 1. Кривые накопления и выведения ультразвукового контрастного вещества (УЗКВ) «интенсивность-время» с оценкой начала артериальной фазы (ТАО, сек), времени достижения максимальной интенсивности накопления контрастного препарата (ТТР, сек), максимальной интенсивности накопления контрастного препарата (PI, дБ), общей площади под кривой (AUC), площади под кривой накопления КВ (AUCi), площади под кривой выведения КВ (AUCo) (WFUMB, EFSUMB Guidelines and Recommendations for CEUS, 2020)

Fig. 1. Accumulation and removal curves of ultrasound «intensity-time» with assessment of the onset of the arterial phase (TOA, sec), time to reach the maximum intensity of contrast agent accumulation (TTP, sec), maximum intensity of contrast agent accumulation (PI, dB), total area under the curve (AUC), area under the CV accumulation curve (AUCi), area under the CV removal curve (AUCo) (WFUMB, EFSUMB Guidelines and Recommendations for CEUS, 2020)

Таблица 3
Методы инструментальной диагностики пациентов основной группы ($n=118$) и контрольной группы ($n=48$)

Table 3
Methods of instrumental diagnostics of the main group ($n=118$) and control group ($n=48$) of examined patients

Вид исследования	Группа				Количество временных точек исследования
	основная исследуемая		контрольная исследуемая 1-я		
	абс. число	%	абс. число	%	
УЗИ почек в В-режиме	118	100	48	100	8
УЗИ почек в режиме ЦДК	118	100	48	100	8
КУУЗИ правой почки	118	100	48	100	4
МСКТ с контрастным усилением (референ- тный метод № 1)	93	78,81	0	0	1
Динамическая нефросцинтиграфия (референ- тный метод № 2)	25	21,19	0	0	1

минурии, мочевой кислоты, общего белка (табл. 4; рис. 3).

В 1-й основной группе пациентов при динамическом наблюдении показатели СКФ через 48 месяцев снизились на 10,3% по сравнению с первой точкой исследования. У пациентов 2-й группы показатели

существенно не отличались за все время активного наблюдения. У пациентов 3-й группы зарегистрировано снижение СКФ на 22,2%, что подтвердилось выраженными развивающимися изменениями гемодинамики исследуемых почек. При оценке микроальбуминурии в 1-й группе наблюдались единичные значения

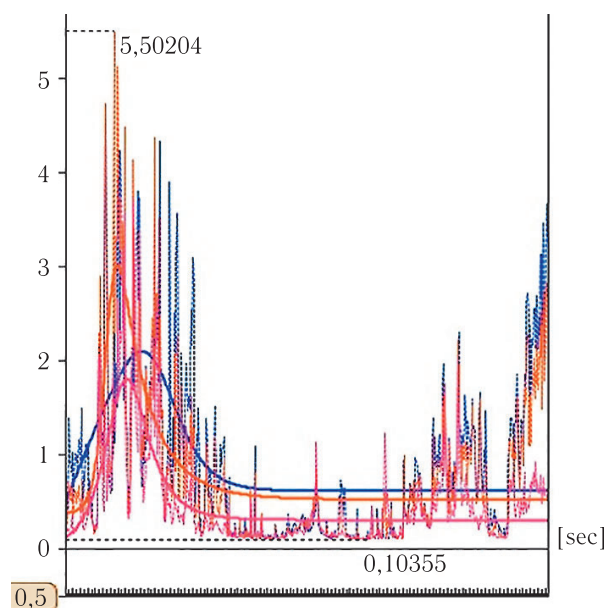


Рис. 2. Количественная оценка контраст-усиленного ультразвукового исследования почек: кривая «интенсивность–время». Время отображается в секундах по оси абсцисс, а среднее значение эхо-сигнала (относительные единицы) по шкале ординат [21]

Fig. 2. Kidney CEUS: Intensity–time curve. The time is displayed in seconds on the abscissa axis, and the average value of the echo signal (relative units) on the ordinate scale [21]

почка для дальнейшего проведения КУУЗИ. Если структура почек была одинаковой, то КУУЗИ проводилось на правой почке, поскольку она является более удобной для визуализации.

Далее проводилась оценка результатов ДНС у пациентов основной группы. Показателям 1-й группы было присуще отклонение от нормативных показателей. Во 2-й группе показатели T_{\max} и $T1/2$ увеличились по сравнению с 1-й группой и группой контроля. В 3-й группе данные показатели T_{\max} и $T1/2$ критически возросли по сравнению с 1-й и 2-й основными группами.

Результаты контраст-усиленного ультразвукового исследования почек. Всем пациентам с СД 2-го типа ($n=118$) и пациентам контрольной группы ($n=48$) было проведено КУУЗИ правой почки с введением 1,0 мл KB SonoVue (Bracco Suisse S.A., Italy) с последующим анализом всех фаз (кортикальная и кортикомедуллярная) и параметров (качественные и количественные) контрастирования. После качественного анализа КУУЗИ правой почки проводился анализ кривых «интенсивность–время» для оценки количественных параметров контрастирования у пациентов контрольной группы ($n=48$) по стандартизированной методике. Далее был проведен корреляционный анализ между количественными показателями и результативностью диагностики КУУЗИ и ДНС (табл. 5).

Таблица 4

Динамика лабораторных показателей пациентов основной группы ($n=118$)

Table 4

Dynamics of laboratory parameters of patients of the main group ($n=118$)

Показатель	Группа	1 мес	6 мес	9 мес	12 мес	24 мес	36 мес	48 мес
рСКФ, мл/мин	1-я	126,15±0,8	119,79±1,5	138,87±1,4	118,61±1,2	119,84±1,4	114,36±1,1	113,25±1,2
	2-я	88±0,4	87,4±1,0	83,43±1,1	81,5±0,8	77,97±0,9	79,86±0,8	76,56±0,8
	3-я	27,28±0,5	24,77±0,5	21,26±0,4	23,94±0,02	19,9±0,04	17,7±0,2	16,7±0,2
Креатинин, мкмоль/л	1-я	92,02±0,7	95,05±0,9	96±1,1	95,58±1,2	103,9±1,3	96,7±1,3	94,7±1,3
	2-я	116,68±1,4	123,4±0,5	124,9±1,3	122,4±1,2	128,6±1,4	127,31±1,1	125,37±2,1
	3-я	666,8±2,3	647,5±1,5	681,4±1,2	692,7±0,9	703,5±2,5	671,07±2,2	682,03±2,5
Микроальбуминурия, мг/сут	1-я	26,4±1,5	25,1±0,6	26,4±0,4	29,1±0,3	28,4±0,8	36,2±5,6	32,8±4,1
	2-я	53,8±1,5	63,6±0,3	64,8±1,1	70,4±0,6	78,7±1,3	126,6±0,3	135,6±1,2
	3-я	286,5±0,6	304,8±1,4	321,8±0,9	337,4±0,4	428,7±0,6	431,4±1,4	442,8±1,9

повышения показателя с тенденцией к отрицательной динамике через 48 месяцев наблюдения. В свою очередь, определялась тенденция к уменьшению во время всего исследования уровня альбуминов. Изменения лабораторных показателей биохимического анализа крови в динамике через 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48 месяцев у пациентов 1-й, 2-й и 3-й основной исследуемой группы представлены на рис. 3.

Следующим этапом диагностического алгоритма была оценка размеров и структуры обеих почек в В-режиме. Результаты интравенального кровотока интерпретировались у пациентов основной исследуемой группы при помощи шкалы M. Bertolotto. По результатам исследования обеих почек в В-режиме и режиме ЦДК выбиралась наиболее измененная

В результате полученных качественных и количественных результатов КУУЗИ было выявлено, что пациенты 2-й и 3-й групп достигают PI быстрее, чем пациенты 1-й основной и контрольной групп. Наиболее лабильными оказались такие количественные показатели, как время достижения максимальной интенсивности KB (ТАО). Наибольшей точностью отмечена площадь под кривой накопления KB (AUCi), площадь под кривой выведения KB (AUCo), общая площадь под кривой (AUC). Показатели AUC и AUCo в контрольной группе значимо не отличались. AUCo значительно увеличен у пациентов 1-й группы по сравнению со 2-й и 3-й группами, следовательно, он мог являться главным показателем, определяющим развитие хронической

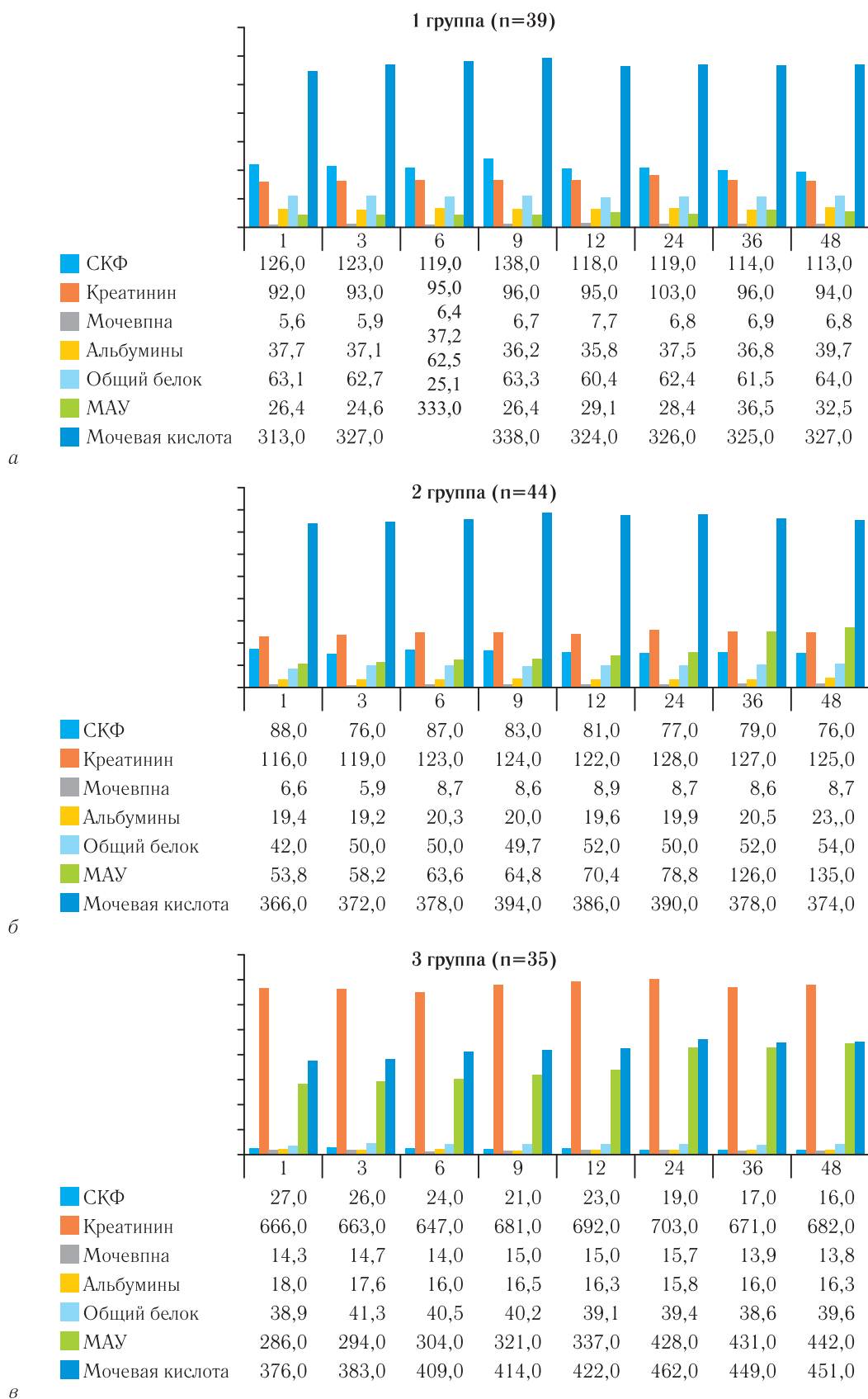


Рис. 3. Изменение лабораторных показателей биохимического анализа крови в динамике через 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48 месяцев у пациентов 1-й (а), 2-й (б) и 3-й (в) основных исследуемых групп

Fig. 3. Changes in laboratory parameters of biochemical blood tests over time after 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48 months in patients of the 1st (a), 2nd (б) and 3rd (в) main study groups

болезни почек. В зависимости от степени поражения коркового вещества почки установлено, что наибольшие изменения количественных и качественных параметров КУУЗИ были выявлены

Таблица 5
Корреляция между определением количественного показателя и результативностью диагностики с помощью контраст-усиленного ультразвукового исследования почек и динамической нефросцинтиграфии

Table 5
Correlation between measurement and performance diagnostics of CEUS and NGI

		Значения
ТАО	Корреляция Пирсона	0,811*
	Знач. (двусторонняя)	0,033
ТТР	Корреляция Пирсона	0,819
	Знач. (двусторонняя)	0,314
RT	Корреляция Пирсона	0,573
	Знач. (двусторонняя)	0,163
FT	Корреляция Пирсона	0,357
	Знач. (двусторонняя)	0,274
mTTI	Корреляция Пирсона	0,482
	Знач. (двусторонняя)	0,114
HTWi	Корреляция Пирсона	0,511*
	Знач. (двусторонняя)	0,033
PI	Корреляция Пирсона	0,819
	Знач. (двусторонняя)	0,714
HTWo	Корреляция Пирсона	0,539
	Знач. (двусторонняя)	0,163
AUCi	Корреляция Пирсона	0,957
	Знач. (двусторонняя)	0,274
AUCo	Корреляция Пирсона	0,982
	Знач. (двусторонняя)	0,114
AUC	Корреляция Пирсона	0,911*
	Знач. (двусторонняя)	0,033

на стадии клинической нефропатии и терминальной стадией ХБП. У пациентов со стадией III (начинающаяся нефропатия) наблюдались более выраженные данные, чем у пациентов контрольной группы, без патологии почек или пациентов с доклинической стадией (I–II стадия) — рис. 4.

По данным количественных параметров КУУЗИ были определены значения для прогнозирования дальнейшей клинической картины заболевания (табл. 6).

Высоким прогностическим признаком при анализе количественных параметров КУУЗИ являлись показатели разницы параметров ΔPI , ΔAUC , $\Delta AUCi$, $\Delta AUCo$ субкапсулярных отделов (точка A5) и срединных отделов (точка A4) коркового слоя почки. Данный факт объяснялся изменчивостью почечного кровотока персонализировано у каждого больного. Эта причина была одним из главных факторов в диагностике диабетической и хронической болезней почек по данным количественных показателей КУУЗИ. Поскольку течение СД 2-го типа не всегда сопровождалось выраженными клиническими формами, прогностическая ценность КУУЗИ заключалась в выявлении нарушений микроциркуляции коркового слоя почки, что помогло вовремя скорректировать план терапевтического лечения,

а также отсрочить развитие ХБП. Так, при оценке разницы количественного параметра ΔAUC КУУЗИ — площадь выведения контрастного вещества под кривой «интенсивность-время» в точках A4 и A5 для диагностики оценки перфузии коркового слоя почки по данным ROC-анализа были получены результаты, соответствующие отличному качеству прогностической модели: в 1-й день исследования $AUC=0,9166$, через 6 месяцев $AUC=0,9173$, через 12 месяцев $AUC=0,9201$, через 24 месяца $AUC=0,9388$, через 48 месяцев $AUC=0,9592$ и был выделен оптимальный порог отсечения перехода фиброза в цирроз, равный 1385 дБ/сек (рис. 5).

Таблица 6
Прогноз развития хронической болезни почек по количественным данным контраст-усиленного ультразвукового исследования почек

Table 6
Prognosis of the development of chronic kidney disease according to quantitative data from contrast-enhanced ultrasound examination of the kidneys

Количественные параметры КУУЗИ	Благоприятный прогноз	Неблагоприятный прогноз
ΔTAO	<10	>10
ΔTTR , сек	>15	<15
ΔPI , дБ	>80	<80
$\Delta AUCi$, дБ/сек	>1500	<1500
$\Delta AUCo$, дБ/сек	>1700	<1700
ΔAUC , дБ/сек	>3500	<3500

Проведен сравнительный анализ эффективности таких диагностических методов, как МСКТ, ДНС, биопсии, мультипараметрического УЗИ, КУУЗИ. При определении достоверности различий получены следующие доверительные интервалы (табл. 7).

В процессе работы были установлены пороговые значения количественных параметров КУУЗИ, указывающие на степень развития диабетической болезни почек с возможным переходом в хроническую болезнь почек. Оценка проведения и анализа количественных параметров КУУЗИ почек заключалась в изменении параметров в процессе статистической обработки количественных параметров КУУЗИ в 8 точках (A1, A2, A3, A4, A5 — по ходу артериального русла и B1, B2, B3 — по ходу венозного русла) была доказана статистическая значимость результативности данных в точках A4 и A5. В результате определения разницы (Δ) показателей делались выводы о наличии или отсутствии патологического процесса в исследуемом органе. При проведении количественного анализа наблюдалось увеличение $\Delta AUCi$, ΔTAO , ΔTTR , ΔAUC , $\Delta AUCo$, $\Delta AUCi$ у пациентов 1-й группы. Во 2-й группе наблюдалось снижение показателей ΔAUC , $\Delta AUCo$, $\Delta AUCi$, что указывало на снижение почечной перфузии. Согласно нашим результатам уровень $AUCo$ у пациентов с СД 2-го типа 1-й группы был значи-

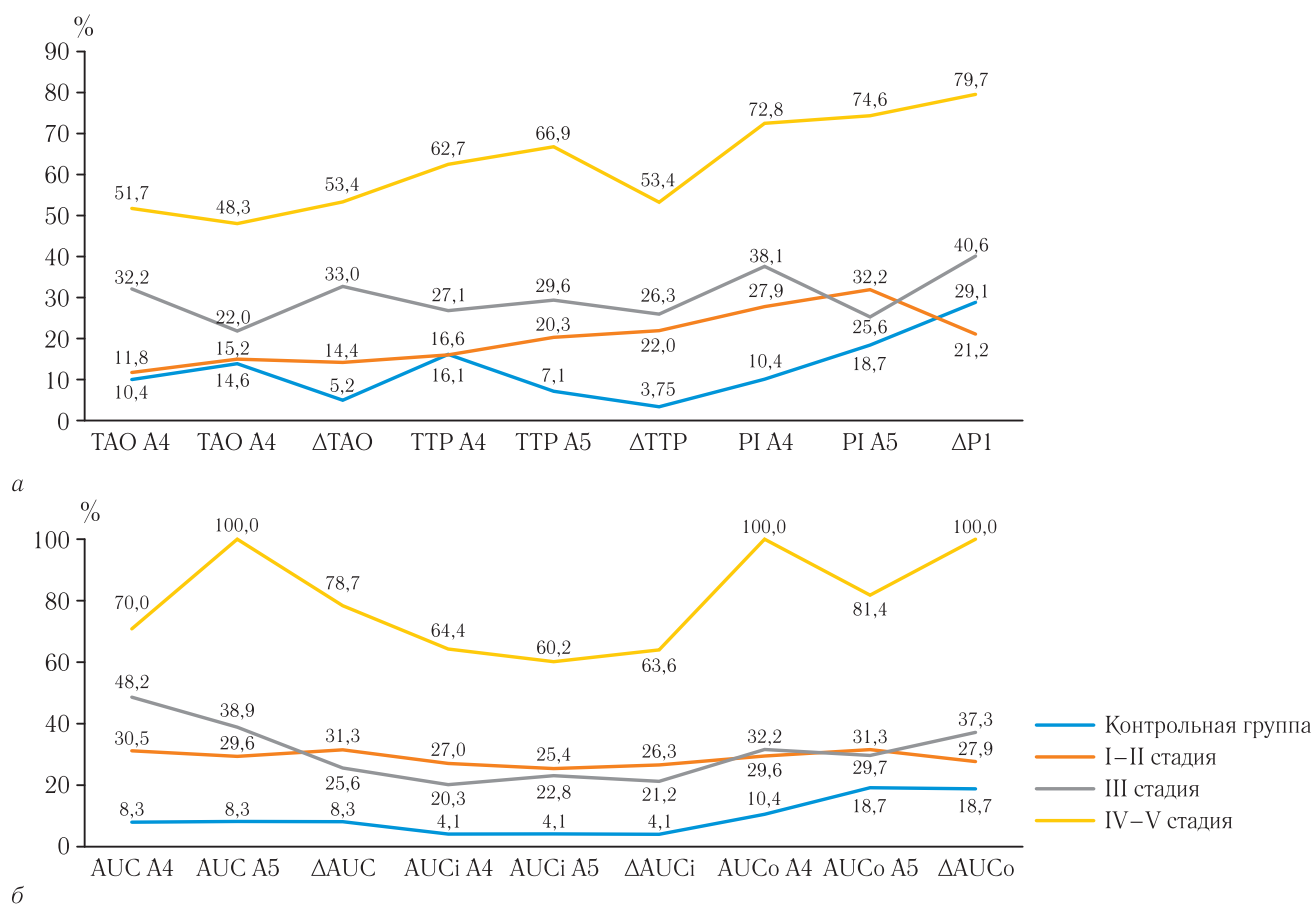


Рис. 4. (а, б). Изменения количественных параметров КУУЗИ в зависимости от классификации диабетической нефропатии (Mogensen, 1983)

Fig. 4. (а, б). Changes in quantitative CEUS parameters depending on the classification of diabetic nephropathy (Mogensen, 1983)

Таблица 7

Результаты диагностической эффективности диагностических методик в диагностике ангионепросклероза

Table 7

Results of the diagnostic effectiveness of diagnostic techniques in the diagnosis of angioneurosis

Группы	Ангионепросклероз (n=118)		
	чувствительность (%)	специфичность (%)	точность (%)
МСКТ с контрастным усилением	91,86 (82,4–95,3)	86,28 (81,2–91,5)	88,55 (81,2–89,9)
ДНС	84,29 (75,7–87,5)	66,69 (62,1–69,9)	75,82 (71,4–79,6)
УЗИ	71,49 (67,4–76,9)	31,42 (14,4–44,7)	52,35 (43,8–55,8)
ЦДК	78,76 (73,6–82,3)	33,84 (15,8–49,6)	54,71 (46,2–62,4)
КУУЗИ	90,28 (81,4–93,5)	84,51 (80,3–90,3)	87,84 (83,9–89,1)

Примечание: в скобках показаны 95% доверительные интервалы по методу Уилсона.

Note: Wilson's 95% confidence intervals are shown in parentheses.

тельно выше, чем у пациентов с диабетической болезнью почек 2-й группы и 3-й группы ($p < 0,05$). Наблюдалась четкая тенденция к снижению показателей ΔPI во 2–3 группах ($p < 0,05$). Эти результаты показали, что $\Delta AUCo$ может быть чувствительным маркером и способен отличить пациентов от пациентов в стадии суб- и декомпенсации. Количественные параметры КУУЗИ позволили прогнозировать клиническое течение диабетического ангионепросклероза и ХБП. В результате нашей

работы было выявлено, что пациенты 2-й и 3-й групп достигают ΔPI быстрее, чем пациенты 1-й и контрольной групп. Наибольшей точностью прогнозирования являются параметры $\Delta AUCi$, $\Delta AUCo$, ΔAUC и ΔPI . В зависимости от степени поражения коркового слоя почки установлено, что наибольшие изменения количественных и качественных параметров КУУЗИ наблюдались у пациентов с СД 2-го типа с выраженным диабетическим ангионепросклерозом в стадии декомпенсации.

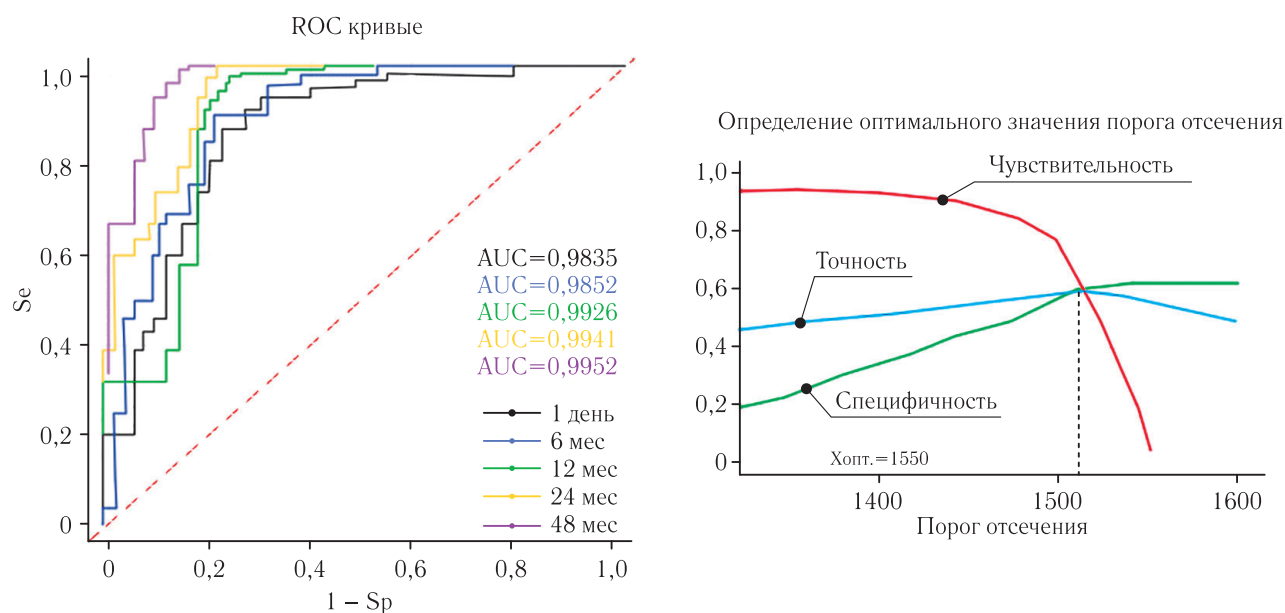


Рис. 5. Динамика качества диагностического прогноза для $\langle D \rangle AUC$ в зависимости от площади под ROC-кривой и определения оптимального порога отсечения

Fig. 5. Dynamics of the quality of diagnostic prediction for $\langle D \rangle AUC$ depending on the area under the ROC curve and determining the optimal cutoff threshold

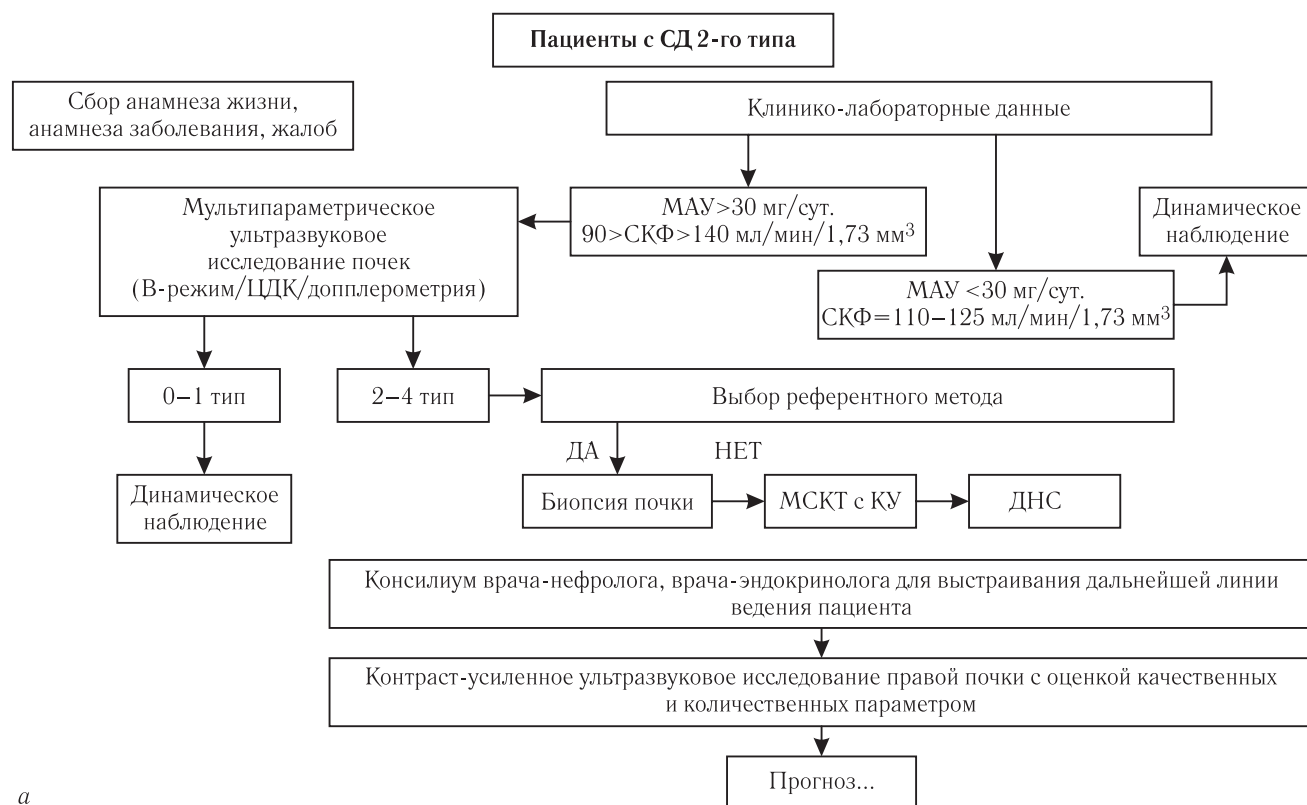
Усовершенствован диагностический алгоритм для пациентов с диабетической болезнью почек, включающий в себя оценку качественных и количественных параметров КУУЗИ почки для неинвазивной диагностики состояния органа на ранних стадиях развития патологического процесса с выделением факторов неблагоприятного прогноза (рис. 6).

Обсуждение. Большая роль в оценке констатации и динамического наблюдения диабетической болезни почек отводится клинко-лабораторным и инструментальным методам исследования.

Мы согласны с авторами Л. А. Суплотовой, А. С. Судницыной, Н. В. Романовой и т.д. (2021) [22] в вопросе диагностики диабетической болезни почек, главным образом, базирующимся на клинко-лабораторных данных, а именно показателях альбумина в моче, общего анализа крови, уровне креатинина с подсчетом скорости клубочковой фильтрации, показателях гликированного гемоглобина, электролитного баланса, показателях липидного спектра, а также необходимости прижизненного морфологического исследования ткани почек. Однако в результате полученных нами показателей опросника на предмет комплаентности пациентов к инвазивным диагностическим вмешательствам у пациентов без клинических проявлений или слабо выраженных изменений функций почек процент комплаентности составил 0%, у пациентов с умеренно выраженными изменениями функции почек — 2,1%, у пациентов с выраженными изменениями — 8,3%. Данные результаты подтвердили наше мнение о важности расширения и внедрения в практическую медицину неинвазивные методики диагностики интратенального кровотока. Современными многообещающими доступными

методами исследования в оценке перфузии почек являются магнитно-резонансная томография, компьютерная томография, динамическая нефросцинтиграфия. Наши диагностические подходы согласуются с представленными в работах S. Gallo-Bernal, N. Patino-Jaramillo и соавт. (2022) [2] и H. S. Thomsen, S. K. Morcos и соавт. (2013) в отношении ограничений в использовании КТ, как одного из вариантов инструментального метода исследования в оценке почечного кровотока, ввиду возможности развития нефрогенного системного фиброза и постконтрастного острого повреждения почек [10].

Мы разделяем видение проблемы в ограничении использования рентгенологических и радионуклидных методов визуализации у пациентов с ХБП ввиду мониторингирования динамики прогрессирования заболевания за счет ионизирующего излучения с группой авторов Y. Zhao, R. Zhang и соавт. (2022) [23]. Мнение экспертов Европейского общества урогенитальной радиологии по безопасному применению контрастных средств (ESUR Guidelines on Contrast Agent European Society of Urogenital Radiology) [19, 24–26] совпадают с направлением нашего исследования в оценке риска развития острых аллергоподобных и хемотоксических реакций, связанный с применением контрастных средств, как для йодсодержащих, так и для гадолиниевых контрастных средств. Ввиду наличия риска развития тиреотоксикоза, как очень поздней побочной реакции на йодсодержащие контрастные препараты, рекомендуется не применять йодсодержащие контрастные средства у пациентов с нарушением функцией щитовидной железы. Связь между НСФ и гадолиниевыми контрастными средствами статистически подтверждается до 18% у пациентов



а

Благоприятный прогноз		Сомнительный прогноз		Неблагоприятный прогноз	
ТАО – А4, сек	8–12	ТАО – А4, сек	12–17	ТАО – А4, сек	>17
ТАО – А5, сек	9–14	ТАО – А5, сек	14–19	ТАО – А5, сек	>19
ТТР – А4, сек	>20	ТТР – А4, сек	20–15	ТТР – А4, сек	<15
ТТР – А5, сек	>20	ТТР – А5, сек	19–13	ТТР – А5, сек	<13
PI – А4, дБ	>80	PI – А4, дБ	80–60	PI – А4, дБ	<60
PL – А5, дБ	>70	PL – А5, дБ	80–70	PL – А5, дБ	<70
AUCi – А4, дБ/сек	>1700	AUCi – А4, дБ/сек	1700–1500	AUCi – А4, дБ/сек	<1500
AUCi – А5, дБ/сек	>1750	AUCi – А5, дБ/сек	1750–1400	AUCi – А5, дБ/сек	<1400
AUCo – А4, дБ/сек	>4500	AUCo – А4, дБ/сек	1700–1500	AUCo – А4, дБ/сек	<1500
AUCo – А5, дБ/сек	>4550	AUCo – А5, дБ/сек	1750–1500	AUCo – А5, дБ/сек	<1500
AUC – А4, дБ/сек	>6000	AUC – А4, дБ/сек	6000–3500	AUC – А4, дБ/сек	<3500
AUC – А5, дБ/сек	>6050	AUC – А5, дБ/сек	6000–3700	AUC – А5, дБ/сек	<3700

Врачебный консилиум по результатам клинико-лабораторного и инструментального обследования, стратегия дальнейшего лечения

(Клинические рекомендации Сахарный диабет 2-го типа у взрослых (2022 год: Стандарт специализированной медицинской помощи при хронической болезни почек 5 стадии в преддиализном периоде, при госпитализации с целью подготовки к заместительной почечной терапии № 1268н от 20.12.2012)

б

Рис. 6. а — Усовершенствованный мультимодальный диагностический алгоритм обследования пациентов с сахарным диабетом 2-го типа; **б** — прогностические значения количественных показателей КУУЗИ

Fig. 6. а — Improved multimodal diagnostic algorithm for examining patients with type 2 diabetes; **б** — prognostic values of quantitative indicators of CEUS

с тяжелыми нарушениями функции почек при применении гадолиамида.

Мы руководствовались при формировании дизайна настоящего исследования мнением авторов Европейского общества урогенитальной радиологии 10,0 (2018) [19, 20], что не всегда лабораторные анализы, такие как креатинин плазмы или креатинин сыворотки крови является приемлемым индикатором для констатации снижения функции почек при проведении лучевых методов диагностики с контрастным

усилением. При применении йодсодержащих контрастных препаратов остаются риски развития ПК-ОПП, при проведении исследования пациентам со $\text{pСКФ} < 45 \text{ мл/мин/1,73 м}^2$ при внутриаартериальном введении йодсодержащего контрастного средства, либо при $\text{pСКФ} < 30 \text{ мл/мин/1,73 м}^2$ при планируемом внутривенном введении йодсодержащего контрастного средства. Для пациентов с повышенным риском, а именно с СД 2-го типа для плановых исследований с приведением йодсодержащих контрастных

средств рекомендуется рассмотреть возможность применения альтернативного метода лучевой диагностики, что является важным моментом в формировании диагностического алгоритма ведения больных с диабетическим ангионейрофросклерозом [24]. В свою очередь, члены ESUR подтверждают безопасность применения ультразвуковых контрастных веществ у пациентов без регистрации умеренных и тяжелых побочных реакций. За все время нашего обследования (2020–2023 гг.) не было выявлено ни одного случая острых (легкой, умеренно или тяжелой степени), поздних или очень поздних побочных реакций ни у одного из исследуемых пациентов, что подтверждает правильность вектора нашего исследования.

Таким образом, контраст-усиленное ультразвуковое исследование в настоящее время является информативным дополнением к стандартному диагностическому алгоритму оценки гемодинамики почек у пациентов с СД 2-го типа различного клинического течения либо вариантом выбора при невозможности применить иные лучевые методы исследования, в том числе КТ или МРТ.

Выводы.

1. Выявлены показатели порогов отсечения ($r=0,94$) количественных параметров КУУЗИ правой почки, которые указывают на неблагоприятное течение клинического процесса основного клинического заболевания, проявляющиеся в виде уменьшения максимальной интенсивности накопления контрастного средства (76,3 дБ), увеличения площади под кривой «интенсивность-время» выведения контрастного средства (ΔAUC_{Co} — 1550 дБ/сек), а также увеличения площади под кривой «интенсивность-время» накопления и выведения контрастного средства (ΔAUC — 1385 дБ/сек).

2. По результатам корреляционного анализа выявлена высокая корреляционная связь между количественными показателями КУУЗИ (PI, AUC_{Co} , AUC) и клинко-лабораторными данными (рСКФ, микроальбуминурия, креатинин); в 1-й группе r до 0,739, во 2-й группе r до 0,692, в 3-й группе r до 0,794.

3. Получена оценка эффективности контраст-усиленного ультразвукового исследования с определени-

ем прогностического значения клинического мониторинга процесса заболевания в виде разницы количественных показателей в точках A4 (по ходу дуговых артерий) и A5 (по ходу междольковых артерий): неблагоприятный прогноз при $\Delta TOA > 10$ сек, $\Delta TTP < 15$ сек, $\Delta PI < 80$ дБ, $\Delta AUC < 3500$ дБ/сек, $\Delta AUC_i < 1500$ дБ/сек, $\Delta AUC_{Co} < 1700$ дБ/сек.

4. Разработан расчет показателей контраст-усиленного ультразвукового исследования почек для диагностики диабетического ангионейрофросклероза различного клинического течения: начальные изменения (ΔAUC 6010,5 [5095,6; 6101,5], ΔAUC_{Co} 4258,1 [4226,4; 4281,5], ΔAUC_i 1675,4 [1514,8; 1693,5]), субкомпенсированная нефропатия (ΔAUC 5255 [4955; 5960], ΔAUC_{Co} 1665 [1338,5; 1653,8], ΔAUC_i 1599 [1584,8; 1621]), терминальная нефропатия (ΔAUC 3835,6 [3821,4; 3957,3], ΔAUC_{Co} 1955,5 [1942,6; 1975,8], ΔAUC_i 1620,7 [1593,5; 1655,8]).

5. Разработано усовершенствование диагностического алгоритма обследования больных с СД 2-го типа с различным клиническим течением на основе полученных параметров КУУЗИ правой почки с возможностью прогнозирования неблагоприятного течения заболевания и коррекцией медикаментозного лечения согласно Общероссийским клиническим рекомендациям по лечению и диагностике сахарного диабета.

Заключение. В отличие от КТ и МРТ КУУЗИ не является нефротоксичным, что позволяет его использовать у пациентов со сниженной функцией почек, в том числе для многократного динамического мониторинга. Это актуально для пациентов с СД 2-го типа, поскольку по мере прогрессирования заболевания, важно оценить доклинические признаки развития диабетического ангионейрофросклероза, а именно, интратенальный кровоток. Использование КУУЗИ в комплексном диагностическом алгоритме диабетической болезни почек позволяет выявить доклинические изменения диабетического ангионейрофросклероза. Таким образом, КУУЗИ является надежным и безопасным методом диагностики патологии почек, позволяющий прогнозировать клиническое течение основного заболевания.

Сведения об авторах:

Горбатенко Ольга Александровна — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник проблемной научно-исследовательской лаборатории «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Смоленский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 214019, г. Смоленск, ул. Крупской, д. 28; e-mail: o.gorbatenkon@gmail.com; ORCID 0000–0002–8820–7713;

Борсуков Алексей Васильевич — доктор медицинских наук, профессор, директор Проблемной научно-исследовательской лаборатории «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Смоленский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации; 214019, г. Смоленск, ул. Крупской, д. 28; e-mail: bor55@yandex.ru; ORCID 0000–0003–4047–7252.

Author information:

Olga A. Gorbatenkon — Cand. of Sci. (Med.), Senior Researcher Scientist, Fundamental Research Laboratory «Diagnostic research and minimally invasive techniques», Smolensk State Medical University of Fundamental research laboratory «Diagnostic researches and minimally invasive technologies», Smolensk State Medical University, the Ministry of Health of the Russian Federation; 214019, Smolensk, Krupskaya str., 28; e-mail: o.gorbatenkon@gmail.com; ORCID 0000–0002–8820–7713;

Alexey V. Borsukov — Dr. of Sci. (Med.), Professor, the Head of Fundamental research laboratory «Diagnostic researches and minimally invasive technologies», Smolensk State Medical University, the Ministry of Health of the Russian Federation, 214019, Smolensk, Krupskaya str., 28; e-mail: bor55@yandex.ru; ORCID 0000–0003–4047–7252.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования — *А.В. Борсуков*; сбор и математический анализ данных — *О.А. Горбатенко*; подготовка рукописи — *О.А. Горбатенко*.

Author's contribution to the preparation of the article. Authors' contributions. All authors met the ICMJE authorship criteria. Special contribution: *AVB* aided in the concept and plan of the study; *OAG* provided collection and mathematical analysis of data; *OAG* preparation of the manuscript.

Потенциальный конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Соответствие принципам этики: Исследование одобрено этическим комитетом ОГБУЗ «Клиническая больница № 1» № 29 от 16.02.2019 г., информированное согласие получено от каждого пациента.

Adherence to ethical standards: The study was approved by the Ethics committee of state Budgetary Healthcare Institution «Clinical Hospital No. 1» No. 29 dated 02/16/2019, informed consent was received from each patient.

Поступила/Received: 28.12.2023

Принята к печати/Accepted: 29.05.2024

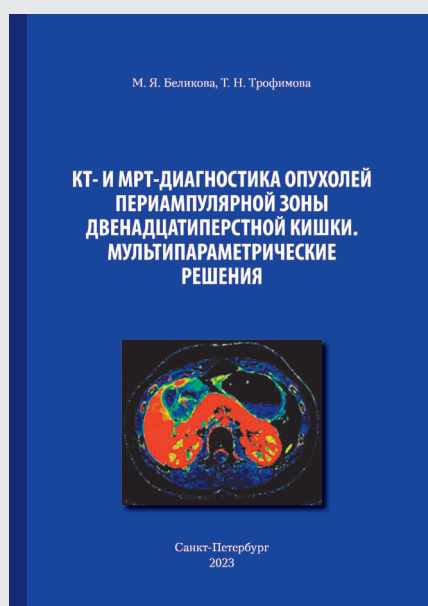
Опубликована/Published: 29.06.2024

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Жилинская Т.Р., Столяревич Е.С., Томлина Н.А. Поражение почек при сахарном диабете 2 типа: клинко-морфологические корреляции и показания к биопсии // *Нефрология и диализ*. 2016. № 3. С. 273–281 [Zhilinskaya T.R., Stolyarevich E.S., Tomlina N.A. Kidney damage in type 2 diabetes mellitus: clinical and morphological correlations and indications for biopsy. *Nephrology and dialysis*, 2016, No. 3, pp. 273–281 (In Russ.)].
2. Шестакова Е.А., Шестакова М.В., Лунина Е.Ю., Галстян Г.Р. и др. Распространенность нарушений углеводного обмена у лиц с различными сочетаниями факторов риска сахарного диабета 2 типа в когорте пациентов исследования NATION // *Сахарный диабет*. 2020. Т. 23, № 1. С. 4–11 [Shestakova E.A., Shestakova M.V., Lunina E.Yu., Galstyan G.R. et al. Prevalence of carbohydrate metabolism disorders in individuals with various combinations of risk factors for type 2 diabetes mellitus in the cohort of patients from the NATION study. *Diabetes mellitus*, 2020, Vol. 23, No. 1, pp. 4–11 (In Russ.)] <https://doi.org/10.14341/DM12286>.
3. Han B.H., Park S.B. Usefulness of Contrast-enhanced Ultrasound in the Evaluation of Chronic Kidney Disease // *Current Medical Imaging*. 2021. V. 17, No. 8. P. 1003–1009. doi: 10.2174/1573405617666210127101926.
4. Jeong S., Park S.B., Kim S.H., Hwang J.H., Shin J. Clinical significance of contrast-enhanced ultrasound in chronic kidney disease: a pilot study // *J. Ultrasound*. 2019. Vol. 22, No. 4. P. 453–460. doi: 10.1007/s40477-019-00409-x.
5. Saeedi P., Petersohn I., Salpea P. et al. Global and regional diabetes prevalence estimates for 2019 and projections for 2030 and 2045: Results from the International Diabetes Federation Diabetes Atlas // *Diabetes research and clinical practice*. 2019. Vol. 157. P. 107843. doi: 10.1016/j.diabres.2019.107843
6. Albrecht T., Blomley M., Bolondi L. et al. Guidelines for the Use of Contrast Agents in Ultrasound // *Ultraschall Med*. 2004. Vol. 25. P. 249–256.
7. Meola M., Samoni S., Petrucci I. Imaging in chronic kidney disease // *Contrib. Nephrol*. 2016. Vol. 188. P. 69–80.
8. Rubin J.M., Bude R.O., Carson P.L. et al. Power Doppler US: a potentially useful alternative to mean frequency based color Doppler US // *Radiology*. 1994. Vol. 190. P. 853–856.
9. Кадырлеев Р.А., Багненко С.С., Бусько Е.А. и др. Возможности мультипараметрического ультразвукового исследования в диагностике кистозных образований почек // *Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия*. 2021. № 4, Т. 3. С. 35–43. [Kadyrleev R.A., Bagnenko S.S., Busko E.A. et al. Possibilities of multiparametric ultrasound in the diagnosis of cystic formations of the kidneys. *Oncological journal: radiation diagnostics, radiation therapy*, 2021, Vol. 4, No 3, pp. 35–43 (In Russ.)], <https://doi.org/10.37174/2587-7593-2021-4-3-35-43>.
10. Thomsen H.S. et al. ESUR Contrast Media Safety Committee. ESUR guideline: gadolinium-based contrast media and nephrogenic systemic fibrosis // *Eur. Radiol*. 2007. Vol. 17. P. 2692–2696.
11. Kazmierski B., Deurdulian C., Tchelepi H., Grant E.G. Applications of contrast-enhanced ultrasound in the kidney // *Abdom Radiol (NY)*. 2018. Vol. 43, No. 4. P. 880–898. doi: 10.1007/s00261-017-1307-0.
12. Борсуков А.В., Горбатенко О.А. Стандартизация методики контраст-усиленного ультразвукового исследования почек у пациентов с сахарным диабетом 2 типа // *Медицинская визуализация*. 2021. Т. 25, № 3. С. 50–65. [Borsukov A.V., Gorbatenko O.A. Standardization of the technique of contrast-enhanced ultrasound examination of kidneys in patients with type 2 diabetes mellitus. *Medical visualization*, 2021, Vol. 25, No. 3, pp. 50–65 (In Russ.)], <https://doi.org/10.24835/1607-0763-978>.
13. Сухова Б.М., Трофимова Т.Н. Мультипараметрическая компьютерная томография артериовенозных конфликтов верхнего уровня (брюшная полость и забрюшинное пространство) // *Лучевая диагностика и терапия*. 2022. Т. 13, № 1. С. 51–57. [Sukhova B.M., Trofimova T.N. Multiparametric computed tomography of arteriovenous conflicts of the upper level (abdominal cavity and retroperitoneal space). *Diagnostic radiology and radiotherapy*, 2022, Vol. 13, No. 1, pp. 51–57 (In Russ.)], <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2022-13-1-51-57>.
14. Швецов М. Возможности современных лучевых методов диагностики заболеваний почек // *Врач*. 2005. № 6. С. 45–52. [Shvetsov M. The possibilities of modern radiation methods for diagnosing kidney diseases. *Doctor*, 2005, No. 6, pp. 45–52 (In Russ.)].
15. Inoue T, Kozawa E., Okada H. et al. Noninvasive evaluation of kidney hypoxia and fibrosis using magnetic resonance imaging // *Journal of the American Society of Nephrology*. 2011. Vol. 22. No. 8. P. 1429–1434

16. Han B.H., Park S.B. Usefulness of Contrast-enhanced Ultrasound in the Evaluation of Chronic Kidney Disease // *Curr. Med. Imaging*. 2021. Vol. 17, No. 8. P. 1003–1009. doi: 10.2174/1573405617666210127101926.
17. Shah P.M., Nanda N.C., Schlieff R. et al. Contrast echocardiography — a historical perspective // *Advances in Echo Imaging Using Contrast Enhancement*. 1993. P. 405.
18. Bertolotto M., Quaia E., Galli G. et al. Color Doppler sonographic appearance of renal perforating vessels in subjects with normal and impaired renal function // *Journal of Clinical Ultrasound*. 2000. Vol. 28, No. 6. P. 267–276.
19. Ignee A., Atkinson N.S., Schuessler G. et al. Ultrasound contrast agent // *Endosc. Ultrasound*. 2016. Vol. 5, No. 6. P. 355–362.
20. Janssen C., Gilja O.H., Serra A.L. et al. European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology (EFSUMB) Policy Document Development Strategy — Clinical Practice Guidelines, Position Statements and Technological Reviews // *Ultrasound Int Open*. 2019. Vol. 5, P. 2–10, doi: 10.1055/a-0770-3965.
21. Sidhu P.S., Cantisani V., Dietrich C.F. et al. The EFSUMB Guidelines and Recommendations for the Clinical Practice of Contrast-Enhanced Ultrasound (CEUS) in Non-Hepatic Applications: Update 2017 (Long Version) // *Ultraschall Med*. 2018. Vol. 39, No. 2. P. e2–e44, doi: 10.1055/a-0586-1107.
22. Суплотова Л.А., Судницына А.С., Романова Н.В. и др. Время нахождения в целевом диапазоне гликемии — инструмент оценки качества гликемического контроля при сахарном диабете // *Сахарный диабет*. 2021. № 3. С. 282–290. [Suplotova L.A., Sudnitsyna A.S., Romanova N.V. et al. Time spent in the target glycemic range is a tool for assessing the quality of glycemic control in diabetes mellitus. *Diabetes mellitus*, 2021, No. 3, pp. 282–290 (In Russ.)].
23. Zhao Y., Zhang R., Wang Y. et al. Comparison of the Application Value for Diagnosis of Chronic Kidney Disease between Color Doppler Flow Quantification Technique and Computed Tomography // *Contrast Media Mol. Imaging*. 2022. Vol. 6485273, doi: 10.1155/2022/6485273.
24. Шимановский Н.Л. Актуальные вопросы рационального применения йодсодержащих контрастных средств в лучевой диагностике // *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2021. Т. 102, № 4. С. 255–262. [Shimanovsky N.L. Current issues of rational use of iodine-containing contrast agents in radiology diagnostics. *Journal of Radiology and Radiology*, 2021, Vol. 102, No. 4, pp. 255–262 (In Russ.)], <https://doi.org/10.20862/0042-4676-2021-102-4-255-262>.
25. Ямщиков О.Н., Емельянова Н.В., Загороднова Д.С. Современные методы лучевой диагностики новообразований почки (обзор литературы) // *Медицина и физическая культура: наука и практика*. 2021. Т. 9, № 3. С. 14–22. [Yamshchikov O.N., Emelyanova N.V., Zagorodnova D.S. Modern methods of radiological diagnosis of kidney tumors (literature review). *Medicine and physical culture: science and practice*, 2021, Vol. 9, No. 3, pp. 14–22 (In Russ.)], doi: 10.20310/2658-7688-2021-3-1(9)-14-22.
26. Thomsen H.S., Morcos S.K., Almén T. et al. Safety Committee of European Society of Urogenital Radiology (ESUR). Nephrogenic Systemic Fibrosis and Gadolinium-based Contrast Media: Updated ESUR Contrast Medium Safety Committee Guidelines // *Eur. Radiol*. 2013. Vol. 23. P. 307–318.

БИБЛИОТЕКА ЖУРНАЛА «ЛУЧЕВАЯ ДИАГНОСТИКА И ТЕРАПИЯ»



Монография «КТ- и МРТ-диагностика опухолей периапулярной зоны двенадцатиперстной кишки. Мультипараметрические решения» предназначена для врачей лучевой диагностики, абдоминальных хирургов и гастроэнтерологов. В книге освещены вопросы современной мультимодальной диагностики с применением мультипараметрического картирования в выявлении опухолей периапулярной зоны, подробно описаны методики КТ-перфузии и МР-эластографии поджелудочной железы и периапулярной зоны, с помощью богатого иллюстративного материала продемонстрированы их возможности в предоперационном стадировании, дифференциальной диагностике воспалительных и опухолевых заболеваний периапулярной зоны, прогнозировании и своевременном выявлении постоперационных осложнений.

Приобрести книгу можно
по тел.: +7 (812) 956-92-55 и на сайте издательства
<https://www.bmoc-spb.ru/>