



ISSN 1607-0763 (Print); ISSN 2408-9516 (Online)

<https://doi.org/10.24835/1607-0763-978>

## Стандартизация методики контраст-усиленного ультразвукового исследования почек у пациентов с сахарным диабетом 2 типа

© Борсуков А.В., Горбатенко О.А.\*

Проблемная научно-исследовательская лаборатория “Диагностические исследования и малоинвазивные технологии” ФГБОУ ВО “Смоленский государственный медицинский университет” Минздрава России, Смоленск, Российская Федерация

**Цель исследования:** стандартизация количественной оценки проведения методики контраст-усиленного ультразвукового исследования (КУУЗИ) почек у пациентов с сахарным диабетом (СД) 2 типа.

**Материал и методы.** На базе Проблемной научно-исследовательской лаборатории “Диагностические исследования и малоинвазивные технологии” ФГБОУ ВО “Смоленский государственный медицинский университет” Минздрава России в 2020 г. было обследовано 12 пациентов с СД 2 типа. Возраст обследованных пациентов составил 36–64 года. Средний возраст –  $44 \pm 1,8$  года, из них 7 (58,33%) женщин и 5 (41,67%) мужчин. Все пациенты были исследованы по единому диагностическому алгоритму, который включал в себя 2 этапа. 1-й этап: ультразвуковое исследование почек (Aloka Hitachi Arietta 850 (Hitachi Medical Corporation, Япония) в В-режиме; 2-й этап: КУУЗИ почек. Все пациенты были разделены на 2 группы: 1-ю группу составили пациенты с СД 2 типа ( $n = 6$ ), которым было проведено КУУЗИ с последующей оценкой паренхимы почек разных участках коркового и мозгового вещества; 2-ю группу – пациенты с СД 2 типа ( $n = 6$ ), которым было проведено КУУЗИ с последующей стандартизированной оценкой в указанных 5 точках артериального русла и 3 точках венозного русла.

**Результаты и их обсуждение.** С учетом сложившейся эпидемиологической ситуации в 2020 г. количество проведенных методов лучевой диагностики, таких как рентгенологическое и компьютерное томографическое исследования органов грудной клетки, значительно увеличило общий фон лучевой нагрузки на основную массу пациентов. С учетом индекса тревожности пациентов проведение ионизирующих методов исследования для диагностики ангионеврологического заболевания нежелательно. Стандартизированная методика количественных параметров КУУЗИ показала хорошую согласованность (0,61–0,76). В свою очередь оценка количественных параметров КУУЗИ почек при использовании рутинной методики показала низкую согласованность (0,21–0,3). Значения критериев согласованности Cohen’s kappa от 0 до 0,2 указывают на отсутствие согласованности между врачами; 0,21–0,4 – слабая согласованность; 0,41–0,6 – умеренная согласованность между врачами; 0,61–0,8 – хорошая согласованность; 0,81–1,0 – полная согласованность.

Кровеносная система почек отличается наличием развитой капиллярной сети, что подтверждает важность использования стандартизированного подхода в проведении данного исследования для диагностики функции почек. В результате проведения КУУЗИ почек по рутинной методике в 50% ( $n = 3$ ) случаев выявлена гипоперфузия правой почки и в 50% ( $n = 3$ ) случаев данные интерпретировались как норма. В результате проведения КУУЗИ почек по предложенной методике в 100% ( $n = 6$ ) случаев выявлена выраженная гипоперфузия правой почки. В качестве референтного метода была использована динамическая нефросцинтиграфия для определения функциональной работы почек. По результатам динамической нефросцинтиграфии почек во всех случаях в обеих группах пациентов была выявлена гипоперфузия правой почки.

**Выводы.** 1. Стандартизированная методика оценки количественных параметров при КУУЗИ почек более воспроизводима врачами УЗД, чем рутинная.

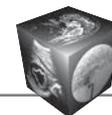
2. Проведение КУУЗИ может быть использовано для оценки гипоперфузии с целью снижения эффективной эквивалентной дозы для пациента.

**Ключевые слова:** контраст-усиленное ультразвуковое исследование, ангионеврологическое заболевание

**Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.**

**Для цитирования:** Борсуков А.В., Горбатенко О.А. Стандартизация методики контраст-усиленного ультразвукового исследования почек у пациентов с сахарным диабетом 2 типа. *Медицинская визуализация*. 2021; 25 (3): 50–65. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-978>

**Поступила в редакцию:** 13.12.2020. **Принята к печати:** 08.07.2021. **Опубликована online:** 15.09.2021.



# Standardization of the method of contrast-enhanced ultrasound of kidneys in patients with type 2 diabetes

© Alexey V. Borsukov, Olga A. Gorbatenko\*

Fundamental research laboratory "Diagnostic researches and minimally invasive technologies", Smolensk State Medical University, the Ministry of Health of the Russian Federation, Smolensk, Russian Federation

**Aim of the research.** Standardization of the quantitative assessment of the contrast-enhanced ultrasound examination of the kidneys in patients with type 2 diabetes.

**Materials and methods.** On the basis of the Fundamental research laboratory "Diagnostic researches and minimally invasive technologies", of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Smolensk State Medical University" of Smolensk State Medical University, the Ministry of Health of the Russian Federation, 12 patients with type 2 diabetes were examined in 2020. The age of the examined patients was 36–64 years old. Average age –  $44 \pm 1.8$  years, of which 7 women (58.33%) and 5 men (41.67%). All patients were examined using a single diagnostic algorithm, which included 2 stages: 1 stage. Ultrasound examination of the kidneys (Aloka Hitachi Arietta 850 (Hitachi Medical Corporation, Japan) in B-mode; stage 2 – contrast-enhanced ultrasound examination (CEUS) of the kidneys. All patients were divided into 2 groups: the 1st group consisted of patients with type 2 diabetes type (n = 6), who underwent CEUS with subsequent assessment of the renal parenchyma in different areas of the cortex and medulla; group 2 consisted of patients with type 2 diabetes (n = 6) who underwent CEUS with subsequent standardized assessment in the indicated 5-th points of the arterial bed and 3 points of the venous bed.

**Results and discussions.** Taking into account the current epidemiological situation in 2020, the number of performed radiation diagnostic methods, such as X-ray and computer examinations of the chest organs, significantly increased the overall background of radiation exposure on the bulk of patients. Taking into account the anxiety index of patients, ionizing research methods for the diagnosis of angionephrosclerosis are undesirable. The standardized method for quantitative parameters of CEUS showed good agreement (0.61–0.76). In turn, the assessment of the quantitative parameters of renal CEUS when using the routine technique showed low consistency (0.21–0.3). Cohen's kappa (CK) scores of 0 to 0.2 indicate a lack of agreement among clinicians; 0.21–0.4 – weak consistency; 0.41–0.6 – moderate agreement between doctors; 0.61–0.8 – good consistency; 0.81–1.0 – complete consistency.

The circulatory system of the kidneys is characterized by the presence of a developed capillary network and, accordingly, low peripheral resistance, which confirms the importance of a standardized approach in conducting this study. In the context of the prevailing epidemiological circumstances, we understand that it is necessary to choose a reference research method that would allow us to accurately assess the characteristics of the experimental evaluation of this method. As a result of renal CEUS using a routine technique, hypoperfusion of the right kidney was revealed in 50% (n = 3) cases and the data were interpreted as normal in 50% (n = 3) cases. As a result of the renal CEUS using the proposed method, pronounced hypoperfusion of the right kidney was revealed in 100% (n = 6) cases. Dynamic nephroscintigraphy was used as a reference method to determine the functional work of the kidneys. According to the results of dynamic nephroscintigraphy of the kidneys, hypoperfusion of the right kidney was revealed in all cases in both groups of patients.

**Conclusion.** 1. The standardized method for assessing the quantitative parameters of the kidney CEUS is more reproducible by the ultrasound doctors than the routine one. 2. Enhanced ultrasound can be used to assess the efficacy of hypoperfusion with the maximum efficacy of an equivalent dose per patient.

**Keywords:** contrast-enhanced ultrasound, angionephrosclerosis

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest. The study had no sponsorship.

**For citation:** Borsukov A.V., Gorbatenko O.A. Standardization of the method of contrast-enhanced ultrasound of kidneys in patients with type 2 diabetes. *Medical Visualization*. 2021; 25 (3): 50–65. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-978>

**Received:** 13.12.2020.

**Accepted for publication:** 08.07.2021.

**Published online:** 15.09.2021.

## Введение

Во всем мире неуклонно прогрессирует распространённость сахарного диабета (СД) 2 типа [1, 2]. По данным М.В. Шестаковой и соавт. (2019), общая численность населения с СД на 2019 г. в Российской Федерации составила 4 584 575, из которых 4,24 млн человек с подтвержденным СД 2 типа [1–3]. По официальным источникам IDF

(International Diabetes Federation) при сохранении текущих трендов урбанизации и прироста населения к 2045 г. людей с диабетом будет около 10,9% (700 млн) [1, 2]. По данным P. Saedi и соавт., каждый второй (50,1%) человек, имеющий СД, не догадывается о своем заболевании [1, 2, 4]. В связи с масштабными демографическими сдвигами в сторону смещения возрастной пирамиды в сто-



рону снижения возрастной группы пациентов с СД 2 типа, особенную актуальность обретает значимость детальной перфузии почек у данных пациентов [4–6]. Известен факт корреляции между продолжительностью течения СД и вариабельностью уровня глюкозы у пациентов с диабетической нефропатией (ДН). В отличие от СД 1 типа, у 40–45% пациентов с СД 2 типа ДН проявляется в сжатые сроки, примерно через 10–15 лет [3]. Поскольку ДН вовлекает изменения всех структур клубочков, наличие микроальбуминурии (МАУ) и активного снижения скорости клубочковой фильтрации (СКФ) является предиктором развития изменений на уровне клубочков, канальцев и интерстициальной ткани [7, 8]. Тем не менее есть статьи, результаты которых демонстрируют наличие альбуминурии как при значимых изменениях гломерулярных структур, так и при полном отсутствии изменений гломерул [3, 4]. Длительное отсутствие клинической картины и медицинского консультирования пациентов врачом-эндокринологом может спровоцировать развитие хронической болезни почек (ХБП) [9–11]. В настоящее время СД является первенствующей причиной развития ХБП [12]. С увеличением роста СД 2 типа соответственно возрастает число новых случаев ХБП [3, 12]. Имеются работы, в которых распространенность ХБП среди пациентов с СД 2 типа составляет порядка 35,4% [8]. Поскольку в настоящее время, когда цветное доплеровское картирование (ЦДК), КТ-ангиография широко применяются в повсеместной практике, остается открытым вопрос о возможном методе лучевой диагностики, позволяющем проведение исследования без лучевой нагрузки и нефротоксичности контрастного препарата, а также детальной оценки почечного кровотока [5, 13–15]. На сегодняшний день таким методом является контраст-усиленное ультразвуковое исследование (КУУЗИ), способное исключить два главных недостатка одновременно [6, 16–19]. Усовершенствование ультразвукового метода в оценке почечного кровотока открывают новые возможности в прогнозировании ангионепро-склероза у пациентов с СД 2 типа [6, 20].

## Цель исследования

Стандартизация количественной оценки проведения методики КУУЗИ почек у пациентов с СД 2 типа.

## Материал и методы

На базе Проблемной научно-исследовательской лаборатории “Диагностические исследования и малоинвазивные технологии” ФГБОУ ВО “Смоленский государственный медицинский университет” Минздрава России в 2020 г. было обследовано 12 пациентов с СД 2 типа. Возраст обследованных пациентов составил 36–64 года. Средний возраст –  $44 \pm 1,8$  года, из них 7 женщин (58,33%) и 5 мужчин (41,67%). Пациенты были выбраны исходя из результатов имеющихся клинико-лабораторных данных (СКФ, креатинина, мочевины, гликозилированного гемоглобина). Все пациенты были обследованы в эндокринологическом отделении по основному заболеванию (табл. 1). Настоящее исследование проведено в соответствии с Европейскими рекомендациями для клинической практики по КУУЗИ [21].

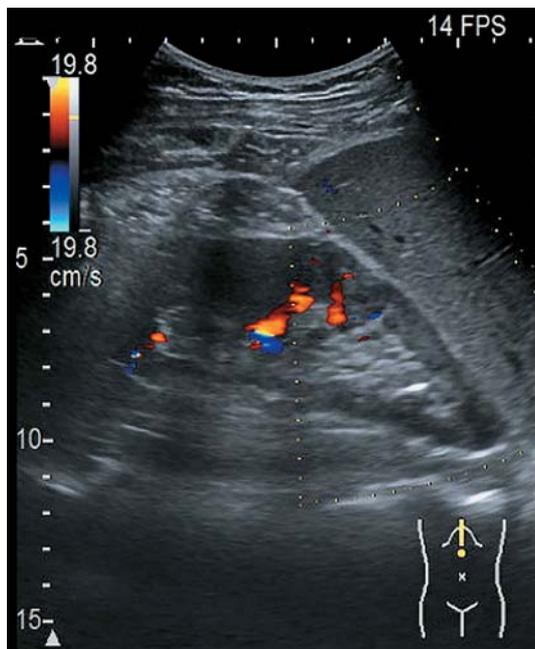
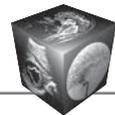
Все пациенты были исследованы по единому диагностическому алгоритму, который включал в себя 2 этапа:

**1-й этап.** УЗИ (Aloka Hitachi Arietta 850 (Hitachi Medical Corporation, Япония)) в В-режиме с оценкой длины, толщины и ширины правой и левой почек (мм); эхогенности в сравнении с печенью или селезенкой соответственно; звукопроводимости. В области данного метода для визуализации сосудов различного калибра было использовано ЦДК (рис. 1). УЗИ почек проводилось полипозиционно. Каждое исследование проводилось из трансабдоминального доступа с использованием продольных, поперечных и косых срезов в положении пациента лежа на правом или левом боку соответственно. При исследовании правой почки для более комфортного введения контрастного препарата пациента укладывали на левый бок. При исследовании левой почки просили пациента сделать то же самое, но в противоположном варианте.

**Таблица 1.** Распределение больных клинической группы по возрасту и полу

**Table 1.** Distribution of patients in the clinical group by age and sex

Группа	Всего		Мужчины		Женщины		Средний возраст, годы
	абс.	%	абс.	%	абс.	%	
1-я	6	50,0	3	25	3	25	$44 \pm 1,7$
2-я	6	50,0	2	16,66	4	33,34	$45 \pm 0,8$
Всего	12	100,0	5	41,67	7	58,33	$43 \pm 1,3$



**Рис. 1.** Ультразвуковое исследование сосудов правой почки, режим ЦДК с умеренной гипоперфузией (тип 3 по пятибалльной шкале M. Bertolotto).

**Fig. 1.** Ultrasound examination of the vessels of the right kidney, Color Doppler mode with moderate hypoperfusion (type 3 on a five-point scale M. Bertolotto).

Для изображения сосудов почки в режимах ЦДК проводилась качественная оценка кровотока почек по продольной оси. Для оценки васкуляризации паренхимы почек по данным ЦДК у пациентов с СД 2 типа в исследовании применялась пятибалльная шкала M. Bertolotto, усовершенствованная А.В. Борсуковым и соавт. [22, 23]. Исследование ангиоархитектоники почек проводилось в положении пациента лежа на спине путем поперечного сканирования для лучшей оценки устьев артерий. Для оценки дистальных сегментов почечных артерий и интратенальных сосудов исследование проводилось в заднелатеральном доступе в положении пациента лежа на боку с последующей оценкой ультразвуковой семиотики.

Разнообразная степень реактивности интратенальных сосудов к эндогенным агентам на фоне СД 2 типа обуславливает вариабельность кровотока в корковом и мозговом веществе почек.

**2-й этап.** КУУЗИ почек в соответствии с Европейскими рекомендациями для клинической практики по КУУЗИ [21].

Все пациенты были разделены на 2 группы: 1-ю группу составили пациенты с СД 2 типа ( $n = 6$ ), которым было проведено КУУЗИ с последующей оценкой паренхимы почек в различных участках коркового и мозгового вещества; 2-ю группу –

пациенты с СД 2 типа ( $n = 6$ ), которым было проведено КУУЗИ с последующей стандартизированной оценкой в указанных 5 точках артериального русла и 3 точках венозного русла.

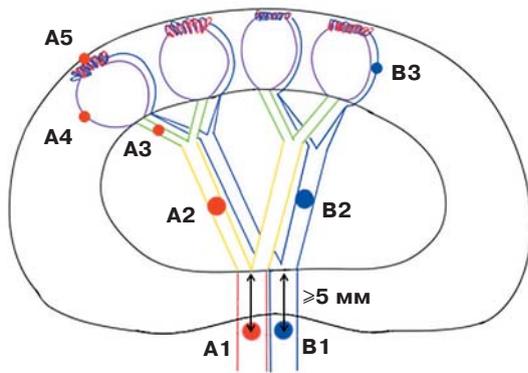
Оценка качественных и количественных показателей КУУЗИ каждой группы проводилась 6 врачами ультразвуковой диагностики: 3 человека в каждой группе со стажем больше 5 лет (см. табл. 7).

КУУЗИ почек проводили на ультразвуковом аппарате Aloka Hitachi Arietta 850 (Hitachi Medical Corporation, Япония) в компетентном режиме с низкоамплитудным механическим индексом 0,06 и конвексным датчиком с частотой 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. Перед началом контрастирования на монитор ультразвукового аппарата выводят почку, почечную артерию, сегментарные артерии, междольковые артерии, дуговые артерии и междольковые артерии. При получении устойчивой ультразвуковой 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 качественные показатели, где оценивали 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 видеопетель.

Методика стандартизированного подхода построения кривых заключается в целенаправленном алгоритме КУУЗИ в определенных 5 точках по ходу (А) артериального русла и 3 точках (В) по ходу венозного русла (рис. 2).



**Рис. 2.** Схематическое изображение стандартизации точек при КУУЗИ почек.

**Fig. 2.** Schematic representation of point standardization of CEUS of kidneys.

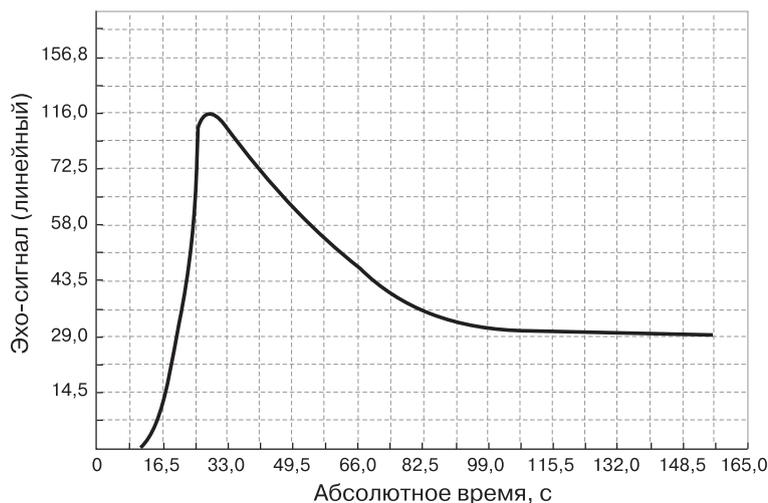
A1 – расположена на расстоянии не менее 5 мм от места деления почечной артерии на сегментарные сосуды в срединном сегменте в проекции ворот почки; A2 – в срединном сегменте проекции *aa. segmentae*; A3 – в срединном сегменте проекции *aa. interlobares*; A4 – в срединном сегменте проекции *aa. arcuatae*; A5 – в срединном сегменте проекции *aa. arcuatae*; B1 – расположена на расстоянии не менее 5 мм от места деления почечной вены на сегментарные в срединном сегменте в проекции *v. renalis*; B2 – в срединном сегменте проекции *vv. segmentae*; B3 – в срединном сегменте проекции *vv. interlobulares*.

Измерение параметров контрастирования (начало артериальной фазы (ТОА), время достижения

максимальной интенсивности накопления контрастного препарата (ТТР), максимальная интенсивность накопления контрастного препарата (PI)) производится в проекции A1 на расстоянии не менее 5 мм от места деления почечной артерии на сегментарные сосуды в срединном сегменте в проекции ворот почки, A2 сегментарной артерии мозгового слоя почки, A3 междольковых артерий мозгового слоя почки, A4 дуговых артерий и междольковых артерий коркового слоя почки. Параметр времени полувыведения контрастного препарата (HTWo) определяется в проекции B3 дуговых вен коркового слоя почки, B2 сегментарной вены мозгового слоя почки и B1 почечной вены на уровне ворот почки.

Чем лучше имеется возможность фиксировать фазы контрастирования (начало артериальной фазы (ТОА), время достижения максимальной интенсивности накопления контрастного препарата (ТТР), максимальная интенсивность накопления контрастного препарата (PI), время полувыведения контрастного препарата (HTWo)), тем детальнее производится оценка требуемых параметров. На основании полученных результатов оценивается количественная перфузия почки.

После окончания исследования оценивались количественные показатели КУУЗИ путем построения кривых интенсивность – время для оценки накопления (wash-in) / вымывания контрастного препарата (wash-out), где анализировали начало артериальной и венозной фаз (рис. 3). По завершении исследования оценивали количественные показатели КУУЗИ путем построения кривых для

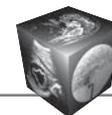


**Рис. 3.** КУУЗИ почек: кривые интенсивность–время. Время отображается в секундах по оси абсцисс, а среднее значение эхосигнала (относительные единицы) – по шкале ординат [13, 21].

*Примечание.* Основные количественные параметры КУУЗИ у пациента с СД 2 типа в стадии субкомпенсации отображены в следующем порядке: ТАО = 14,34 с, ТТР = 20,97 с, PI = 101,48 с, HTWo = 76,68 с. Полученные результаты подтверждают наличие умеренной гипоперфузии почки.

**Fig. 3.** CEUS of the kidneys: Curves intensity-time. Time is displayed in seconds on the abscissa, and the average value of the echo (relative units) on the ordinate [13, 21].

*Note.* The main quantitative parameters of CEUS in patient with type 2 diabetes in subcompensation stage are displayed in the following order: TAO = 14.34 s, TTP = 20.97 s, PI = 101.48 s, HTWo = 76.68 s. The results obtained confirm the presence of renal hypoperfusion.



оценки накопления (wash-in) / вымывания контрастного препарата (wash-out) (табл. 2).

Статистическая обработка проводилась по программе Statistica 6.0 с оценкой критериев согласованности Cohen's kappa (СК). Значения СК от 0 до 0,2 указывают на отсутствие согласованности между врачами; 0,21–0,4 – слабая согласованность; 0,41–0,6 – умеренная согласованность между врачами; 0,61–0,8 – хорошая согласованность; 0,81–1,0 – полная согласованность.

Исследование в точках А1 и В1 должно быть проведено на расстоянии не менее 5 мм от места деления почечной артерии (А1) и почечной вены (В1) на сегментарные сосуды. За счет того, что почечная артерия, почечная вена, сегментарная артерия и сегментарная вена имеют диаметр, позволяющий с помощью ЦДК точно спроектировать место фиксации точек, то в этом случае необходимо заданные количественные параметры измерять в срединных отделах этих сосудов. Поскольку междольковые артерии (А3), дуговые артерии (А4) и междольковые артерии (А5), а также дуговые вены (В3) имеют диаметр малого калибра, то это не позволяет определить точную визуализацию отдельного сосуда [24]. В этом случае проводится оценка ангиоархитектоники почки по пятибалльной шкале М. Bertolotto [22, 23] с последующей фиксацией заданных точек в срединном сегменте предположительной проекции исследуемых артерий.

### Результаты и их обсуждение

Основной целью работы была демонстрация проведения стандартизированной оценки количественных параметров КУУЗИ почек у пациентов с СД 2 типа. С учетом сложившейся эпидемиологической ситуации в 2020 г. количество проведенных лучевых методов диагностики, таких как рентгенологическое и компьютерное исследования органов грудной клетки, значительно увеличило общий фон лучевой нагрузки на основную массу пациентов. Из 12 (100%) исследуемых пациентов на момент КУУЗИ у 8 (66,6%) пациентов в анамнезе значился диагноз COVID-19. С учетом индекса тревожности пациентов проведение ионизирующих методов исследования для диагностики ангиофросклерозанежелательно. Традиционная ультразвуковая диагностика в режиме ЦДК уже много лет является основой визуализации почечного кровотока [15]. С развитием новых технологий для визуализации почечного кровотока в рутинную практику активно входят более точные методы визуализации, такие как МР-ангиография, МРТ с использованием ASL, КТ-ангиографии, КТ-перфузия. Несмотря на качественность и достоверность представленных выше методов лучевой

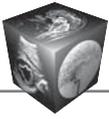
**Таблица 2.** Количественные показатели контрастно-усиленного ультразвукового исследования почек

**Table 2.** Quantitative indicators of contrast-enhanced ultrasound examination of the kidneys

Показатель		1-я группа (n = 6)	2-я группа (n = 6)
A1	TOA	12,1 ± 10,6	10,5 ± 2,4
	ТТР	17,2 ± 9,3	14,0 ± 1,9
	PI	102,1 ± 47,4	98,1 ± 1,1
	HTWo	85,2 ± 28,6	79,3 ± 1,5
A2	TOA	12,4 ± 12,6	10,1 ± 3,2
	ТТР	15,3 ± 29,4	14,3 ± 3,7
	PI	101,1 ± 32,6	98,3 ± 2,6
	HTWo	86,2 ± 24,6	79,3 ± 3,5
A3	TOA	12,5 ± 18,5	10,5 ± 2,4
	ТТР	16,5 ± 22,6	14,5 ± 3,9
	PI	104,1 ± 44,4	99,4 ± 2,2
	HTWo	86,3 ± 21,7	80,3 ± 3,4
A4	TOA	12,5 ± 22,4	11,3 ± 2,0
	ТТР	15,2 ± 26,5	14,5 ± 3,1
	PI	97,2 ± 36,3	96,1 ± 2,7
	HTWo	89,3 ± 24,1	86,3 ± 1,5
A5	TOA	11,3 ± 35,8	11,4 ± 2,5
	ТТР	14,1 ± 41,3	15,5 ± 1,9
	PI	91,1 ± 39,3	97,5 ± 3,1
	HTWo	87,5 ± 34,1	83,3 ± 2,5
B1	TOA	14,2 ± 30,4	12,4 ± 2,5
	ТТР	15,5 ± 49,3	15,3 ± 4,0
	PI	104,1 ± 37,5	85,4 ± 3,8
	HTWo	84,1 ± 46,1	84,5 ± 2,5
B2	TOA	12,0 ± 37,0	12,3 ± 2,4
	ТТР	13,1 ± 47,3	15,4 ± 3,9
	PI	93,5 ± 40,3	88,4 ± 2,9
	HTWo	88,3 ± 36,1	85,3 ± 3,6
B3	TOA	12,2 ± 48,0	12,3 ± 2,6
	ТТР	14,0 ± 27,4	15,2 ± 3,5
	PI	92,2 ± 39,3	99,4 ± 4,1
	HTWo	89,5 ± 39,1	84,3 ± 3,6

*Примечание.* Представленные показатели: начало артериальной фазы (TOA) (с); время достижения максимальной интенсивности накопления контрастного препарата ТТР (с); максимальная интенсивность накопления контрастного препарата PI (с); время полувыведения контрастного препарата HTWo (с) – являются обязательными во всех точках исследования при диагностике ангиофросклероза у пациентов с СД 2 типа. При проведении статистического исследования результатов примем две гипотезы: H0 – зависимость между выборками и группами при проведении оценок случайна; H1 – зависимость между двумя группами при проведении оценок существует. В табл. 3–6 сгруппированы результаты исследования по показателям.

диагностики, они ограничены в клинических применениях за счет высокой стоимости, токсичности использованных контрастных веществ, а также длительной продолжительности исследования. КУУЗИ в свою очередь является неионизирующей



методикой с отсутствием нефротоксичности на эхоконтрастный препарат, что позволяет его использовать у пациентов на всех стадиях ХБП [17, 21, 25–27]. В Европейских клинических рекомендациях по внепеченочному применению ультразвуковых контрастных препаратов [21] отмечена значимость применения эхоконтрастных препаратов у пациентов с прогрессирующей ХБП, что позволяет расширять зону исследований в этой области. Согласно Рекомендациям Европейского общества урогенитальной радиологии (SEUR) по безопасному применению контрастных веществ (версия 10.0) [28], необходимо учитывать риски развития постконтрастного острого повреждения почек у пациентов в исследуемых группах. Ввиду представленных рисков обязательным этапом является подписанное пациентом информированное добровольное согласие на данное исследование, а также разрешение этического комитета при лечебно-профилактическом учреждении, на базе которого проводят КУУЗИ почек. В каждом случае дизайн исследования был предварительно рассмотрен на заседании Независимого этического комитета при ОГБУЗ «Клиническая городская больница №1» Смоленска (протокол заседания №18 от 14.02.2019).

По мнению коллектива ученых Н.Е. Уооп и соавт. (2020), разработка стандартизированной оценки перфузии почек позволяет оценить состояние паренхиматозной перфузии у пациентов с острым повреждением почек, а также прогнозирование ХБП [27].

В табл. 2 представлены количественные показатели, полученные по результатам КУУЗИ почек у пациентов с СД 2 типа в исследуемых группах.

На рис. 4 представлена структура распределения показателей начала артериальной фазы (ТОА) в зависимости от принадлежности к группе.

На основании проведенного однофакторного дисперсионного анализа было выявлено, что между группами существует значительная дисперсия для 1-й группы и допустимая и статистически значимая для 2-й группы (табл. 3А–3Б).

Таким образом, графическая интерпретация подтверждает, что для 2-й группы оценки являются достоверными и статистически значимыми в отличие от 1-й группы, для которой характерен широкий диапазон отклонений, что затрудняет его последующее использование для диагностики.

В табл. 4 представлены исходные данные для исследования показателя время достижения максимальной интенсивности накопления контрастного препарата (ТТР).

В табл. 4А–4Б представлен однофакторный дисперсионный анализ по показателю время достижения максимальной интенсивности накопления контрастного препарата (ТТР) (с).

На основании проведенного однофакторного дисперсионного анализа было выявлено, что между группами существует значительная дисперсия для 1-й группы и допустимая и статистически значимая для 2-й группы. На рис. 5 представлено распределение показателя в зависимости от принадлежности к группе.

Полученные результаты дисперсионного анализа подтверждаются графической интерпретацией, представленной на рис. 5.

В табл. 5 представлены исходные данные для оценки показателя максимальная интенсивность накопления контрастного препарата (PI) (с).

В табл. 5А–5Б представлены результаты однофакторного дисперсионного анализа.

На основании проведенного однофакторного дисперсионного анализа было выявлено, что между группами существует значительная дисперсия для 1-й группы и допустимая и статистически значимая для 2-й группы.

На рис. 6 представлена графическая интерпретация выборки оценок.

Таким образом, представленные результаты подтверждают оценку, что 2-я группа оптимальная для исследования.

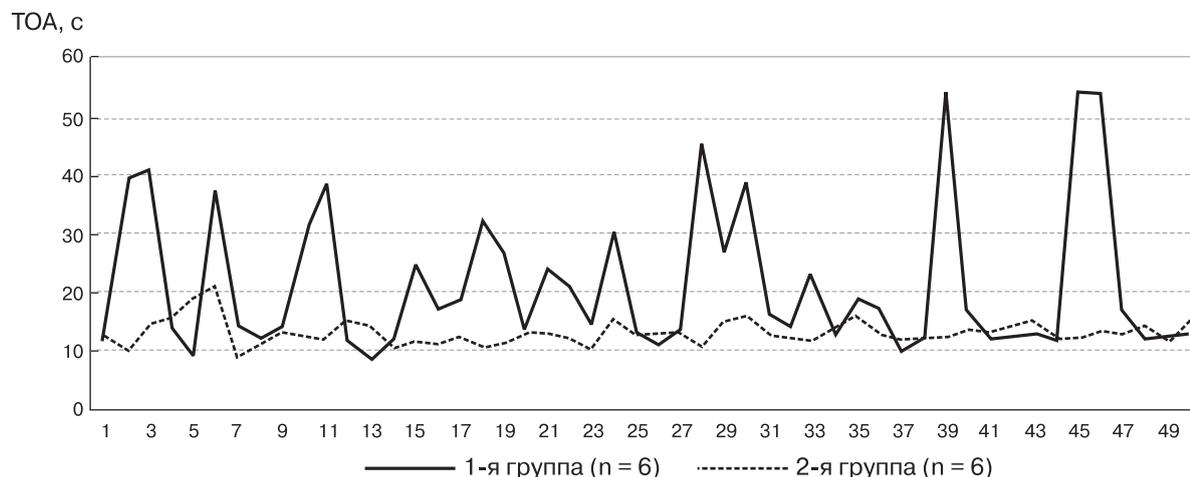
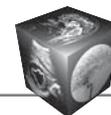
В табл. 6 представлены исходные данные для показателя время полувыведения контрастного препарата (HTWo).

В табл. 6А–6Б представлены результаты однофакторного дисперсионного анализа.

На рис. 7 представлена графическая интерпретация выборки оценок.

На основании проведенного однофакторного дисперсионного анализа было выявлено, что между группами существует значительная дисперсия для 1-й группы и допустимая и статистически значимая для 2-й группы, что подтверждается графической интерпретацией.

Все результаты и выводы идентичны для всех показателей: начало артериальной фазы (ТОА) (с); время достижения максимальной интенсивности накопления контрастного препарата (ТТР) (с); максимальная интенсивность накопления контрастного препарата (PI) (с); время полувыведения контрастного препарата (HTWo) (с) – являются обязательными во всех точках исследования при диагностике ангионепросклероза у пациентов с СД 2 типа.



**Рис. 4.** Структура распределения показателя начало артериальной фазы (TOA) (с) в зависимости от принадлежности к группе.

**Fig. 4.** The structure of the distribution of the indicator onset of the arterial phase (TOA) (s), depending on belonging to the groups.

**Таблица 3.** Исходные данные для расчета по показателю начало артериальной фазы (TOA) (с)

**Table 3.** Initial data for calculation according to the indicator of the beginning of the arterial phase (TOA) (s)

Оценка	1-я группа (n = 6)	2-я группа (n = 6)
A1	12,1 ± 10,6	10,5 ± 2,4
A2	12,4 ± 12,6	10,1 ± 3,2
A3	12,5 ± 18,52	10,5 ± 2,4
A4	12,5 ± 22,47	11,3 ± 2,0
A5	11,3 ± 35,88	11,4 ± 2,5
B1	14,2 ± 30,46	12,4 ± 2,5
B2	12,0 ± 37,01	12,3 ± 2,4
B3	12,2 ± 48,0	12,3 ± 2,6

**Таблица 3А.** Однофакторный дисперсионный анализ по показателю начало артериальной фазы (TOA) (с)

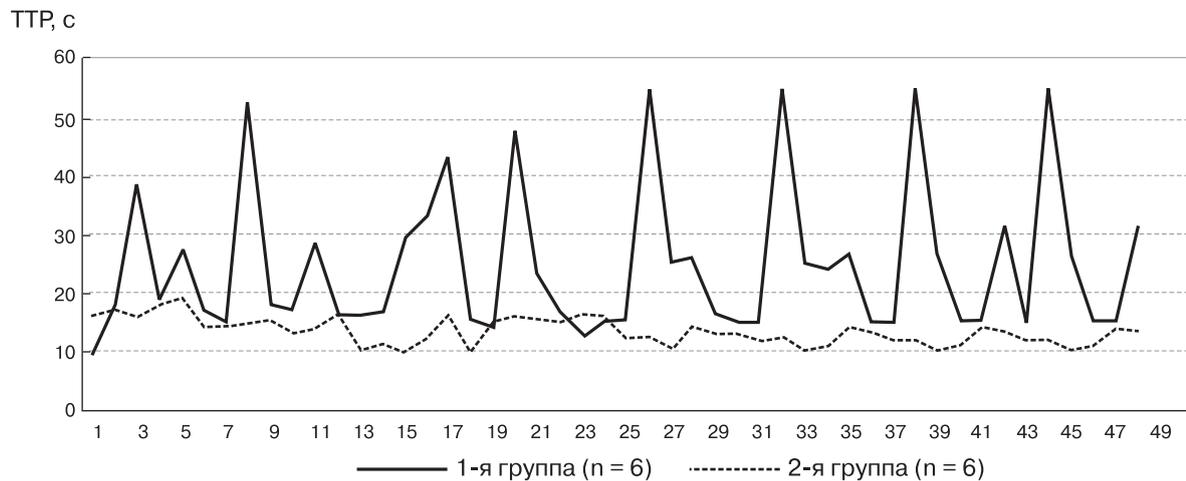
**Table 3A.** One-way analysis of variance for the onset of arterial phase (TOA) (s)

Группа	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия
1-я	50	1082	21,64	160,0816
2-я	50	662,9	13,258	4,627792

**Таблица 3Б.** Дисперсионный анализ по показателю начало артериальной фазы (TOA) (с)

**Table 3B.** Analysis of variance in terms of the beginning of the arterial phase (TOA) (s)

Источник вариации	SS	df	MS	F	P-значение	F критическое
Между группами	1756,448	1	1756,44	21,3278	1,17694E	3,938111078
Внутри групп	8070,761	98	82,3547			
Итого	9827,209	99				



**Рис. 5.** Распределение показателя время достижения максимальной интенсивности накопления контрастного препарата (ТТР) (с) в зависимости от принадлежности к группе.

**Fig. 5.** Distribution of the indicator time to reach the maximum intensity of accumulation of the contrast agent (TTP) (s), depending on belonging to the group.

**Таблица 4.** Исходные данные для исследования показателя время достижения максимальной интенсивности накопления контрастного препарата ТТР (с)

**Table 4.** Initial data for the study of the indicator time to reach the maximum intensity of the accumulation of the contrast agent TTP (s)

Оценка	1-я группа (n = 6)	2-я группа (n = 6)
A1	17,2 ± 9,3	14,0 ± 1,9
A2	15,3 ± 29,4	14,3 ± 3,7
A3	16,5 ± 22,64	14,5 ± 3,9
A4	15,2 ± 26,54	14,5 ± 3,1
A5	14,1 ± 41,37	15,5 ± 1,9
B1	15,5 ± 49,38	15,3 ± 4,0
B2	13,1 ± 47,37	15,4 ± 3,9
B3	14,0 ± 27,46	15,2 ± 3,5

**Таблица 4А.** Однофакторный дисперсионный анализ по показателю время достижения максимальной интенсивности накопления контрастного препарата ТТР (с)

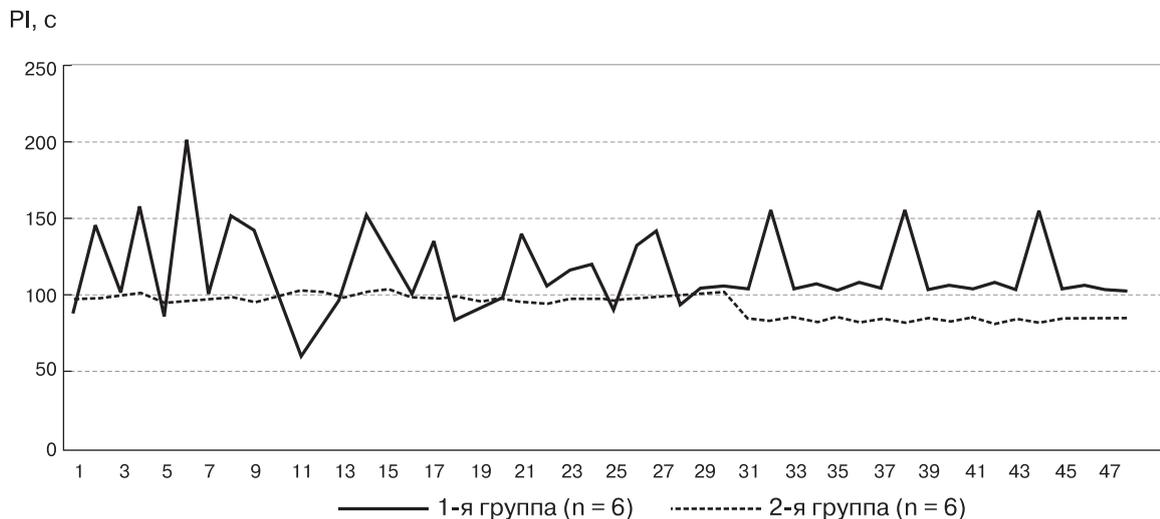
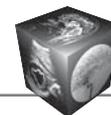
**Table 4A.** One-way analysis of variance in terms of time to reach the maximum intensity of accumulation of a contrast agent TTP (s)

Группа	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия
1-я	48	1192,4	24,84167	164,5765
2-я	48	652,9	13,60208	5,295953

**Таблица 4Б.** Дисперсионный анализ по показателю время достижения максимальной интенсивности накопления контрастного препарата (ТТР) (с)

**Table 4B.** Analysis of variance in terms of time to reach the maximum intensity of accumulation of a contrast agent (TTP) (s)

Источник вариации	SS	df	MS	F	P-значение	F критическое
Между группами	3031,878	1	3031,878	35,69592	4,1E-08	3,942303
Внутри групп	7984,006	94	84,93624			
Итого	11015,88	95				



**Рис. 6.** Распределение показателя максимальная интенсивность накопления контрастного препарата (PI) (с) в зависимости от принадлежности к группе.

**Fig. 6.** Distribution of the indicator maximum intensity of accumulation of contrast agent (PI) (s) depending on belonging to the group.

**Таблица 5.** Исходные данные для оценки показателя максимальная интенсивность накопления контрастного препарата (PI) (с)

**Table 5.** Initial data for assessing the indicator maximum intensity of contrast agent accumulation (PI) (s)

Оценка	1-я группа (n = 6)	2-я группа (n = 6)
A1	102,1 ± 47,4	98,1 ± 1,1
A2	101,12 ± 32,6	98,3 ± 2,6
A3	104,1 ± 44,4	99,4 ± 2,2
A4	97,2 ± 36,39	96,1 ± 2,7
A5	91,1 ± 39,37	97,5 ± 3,1
B1	104,1 ± 37,56	85,4 ± 3,8
B2	93,5 ± 40,37	88,4 ± 2,9
B3	93,5 ± 40,37	88,4 ± 2,9

**Таблица 5А.** Однофакторный дисперсионный анализ для оценки показателя максимальная интенсивность накопления контрастного препарата (PI) (с)

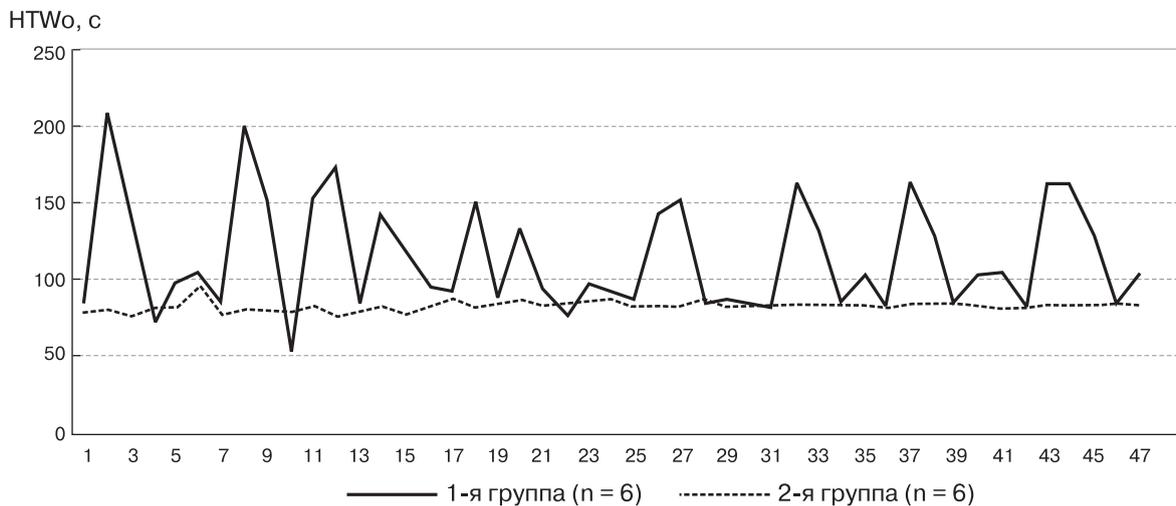
**Table 5A.** One-way analysis of variance to assess the indicator maximum intensity of accumulation of contrast agent (PI) (s)

Группа	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия
1-я	48	5523,8	115,0792	696,9868
2-я	48	4498,4	93,71667	57,07333

**Таблица 5Б.** Дисперсионный анализ для оценки показателя максимальная интенсивность накопления контрастного препарата (PI) (с)

**Table 5B.** Analysis of variance to assess the indicator maximum intensity of contrast agent accumulation (PI) (s)

Источник вариации	SS	df	MS	F	P-значение	F критическое
Между группами	10952,55	1	10952,55	29,04955	5,22E-07	3,942303
Внутри групп	35440,83	94	377,0301			
Итого	46393,38	95				



**Рис. 7.** Распределение показателя время полувыведения контрастного препарата (HTWo) (с) в зависимости от принадлежности к группе.

**Fig. 7.** Distribution of the indicator half-life of the contrast agent (HTWo) (s) depending on belonging to the group.

**Таблица 6.** Исходные данные для показателя время полувыведения контрастного препарата (HTWo) (с)

**Table 6.** Initial data for the indicator half-life of the contrast agent (HTWo) (s)

Оценка	1-я группа (n = 6)	2-я группа (n = 6)
A1	85,2 ± 28,6	79,3 ± 1,5
A2	86,2 ± 24,6	79,3 ± 3,5
A3	86,3 ± 21,76	80,3 ± 3,4
A4	89,3 ± 24,11	86,3 ± 1,5
A5	87,5 ± 34,13	83,3 ± 2,5
B1	84,1 ± 46,12	84,5 ± 2,5
B2	88,3 ± 36,13	85,3 ± 3,6
B3	89,5 ± 39,14	84,3 ± 3,6

**Таблица 6А.** Однофакторный дисперсионный анализ для показателя время полувыведения контрастного препарата (HTWo) (с)

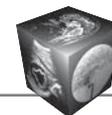
**Table 6A.** One-way analysis of variance for the indicator half-life of the contrast agent (HTWo) (s)

Группа	Счет	Сумма	Среднее	Дисперсия
1-я	47	5427,1	115,4702	1279,824
2-я	47	3932,4	83,66809	11,45005

**Таблица 6Б.** Дисперсионный анализ для показателя время полувыведения контрастного препарата (HTWo) (с)

**Table 6B.** Analysis of variance for the indicator half-life of the contrast agent (HTWo) (s)

Источник вариации	SS	df	MS	F	P-значение	F критическое
Между группами	23767,32	1	23767,32	36,81219	2,86E-08	3,944539
Внутри групп	59398,62	92	645,6372			
Итого	83165,94	93				

**Таблица 7.** Оценка критерия согласованности (Cohen's kappa) работы врачей УЗД при КУУЗИ (n = 6)**Table 7.** Assessment of the criterion of consistency (Cohen's kappa) of the work of ultrasound doctors in CEUS (n = 6)

Группа пациентов при КУУЗИ почек	Показатели Cohen's kappa	
	врачи УЗД с опытом работы >5 лет	доверительный интервал 95%
Рутинная методика	0,25	0,2–0,31
Стандартизированная методика	0,65	0,61–0,76

Как следует из табл. 7, стандартизированная методика количественных параметров КУУЗИ показала хорошую согласованность (0,61–0,76). В свою очередь оценка количественных параметров КУУЗИ почек при использовании рутинной методики показала низкую согласованность (0,21–0,3). Объяснением более низких показателей согласованности Cohen's kappa оценки количественных параметров рутинной методики является, по нашему мнению, анатомически не обоснованное измерение заданных параметров почечного кровотока во время исследования. Поскольку элементы ангиоархитектоники почки не могут быть идентично расположены в каждом отдельном случае, для возможности лучшей визуализации ограниченных участков почечной паренхимы необходимо оценивать отдельные сегменты почек непосредственно в точках наибольшей вероятности прохождения трубчатых структур. Кровеносная система почек отличается наличием развитой капиллярной сети и соответственно низким периферическим сопротивлением, что подтверждает важность стандартизированного подхода в проведении данного исследования. В качестве референсного метода была использована динамическая нефросцинтиграфия для определения функциональной работы почек.

Качественные показатели, полученные по результатам КУУЗИ почек у пациентов исследуемых групп, представлены на рис. 8. Оценка качественных характеристик контрастного усиления является субъективной, следовательно, имеет риск ложноположительных и ложноотрицательных результатов ввиду операторозависимости. Для снижения субъективизма необходима одновременная запись кинопетли с последующей интерпретацией результатов.

Анализ рис. 8 показал, что при проведении методик оценки количественных параметров КУУЗИ в двух группах исследуемых пациентов были выявлены разные варианты в согласованности.

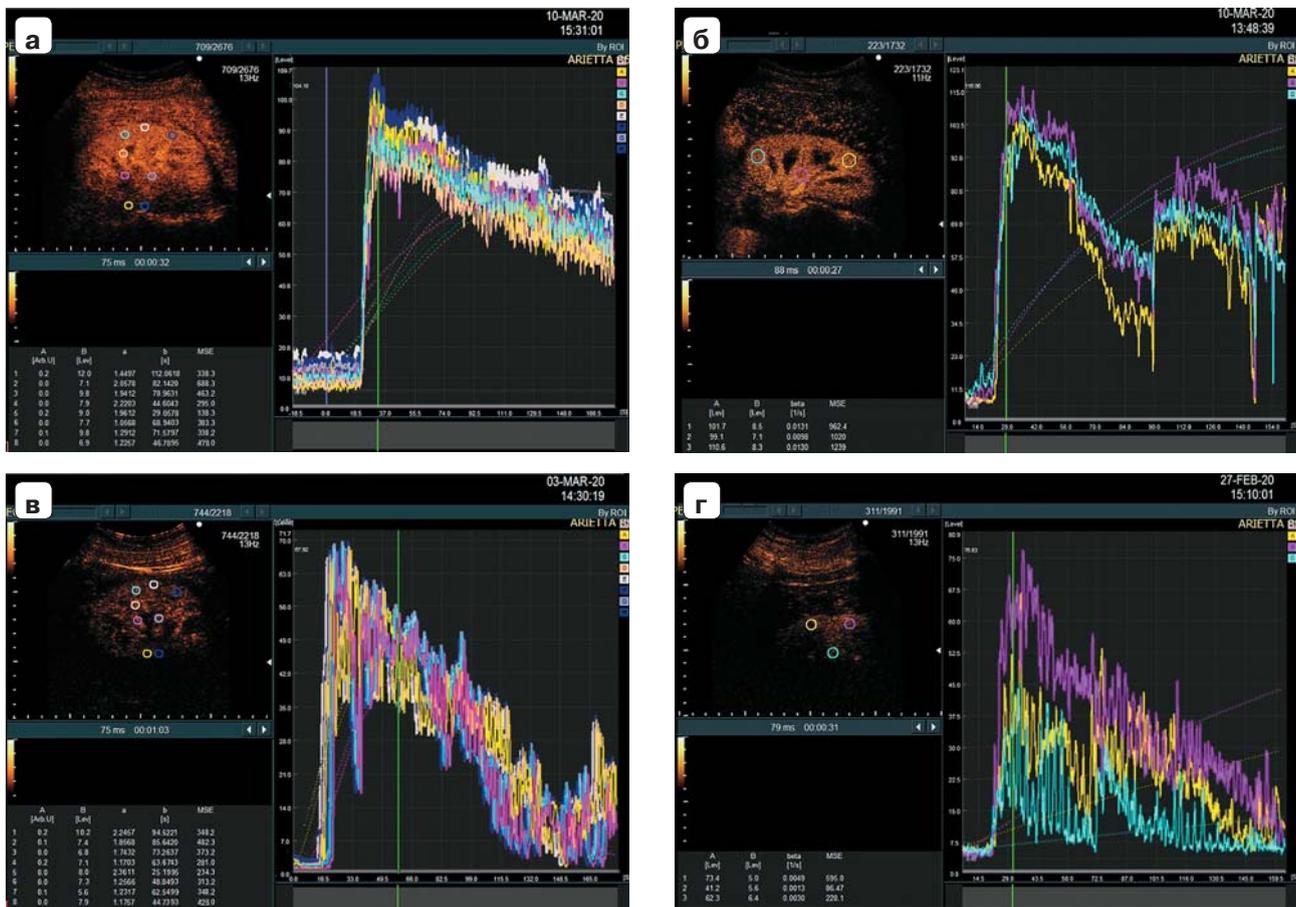
Выраженная несогласованность оказалась в группе, где количественная оценка проводилась посредством рутинной методики (0,25). На рис. 8б, г количественная оценка ангиоархитектоники

правой почки проводилась в 4 различных точках у пациентов с СД 2 типа в стадии компенсации. Основные количественные параметры КУУЗИ у пациентов с СД 2 типа в стадии компенсации отображены в следующем порядке: ТАО = 14,34 ± 32,5 с; ТТР = 20,97 ± 29,41 с; PI = 101,48 ± 37,98 с; НТWo = 76,68 ± 18,71 с. Высокая погрешность количественных показателей данной группы не позволила дать точную оценку перфузии почек, а также возможность прогнозирования ХБП у пациентов с СД 2 типа в стадии компенсации.

Противоположные результаты в виде согласованности в интерпретации количественных показателей врачей (0,65) были получены в группах, где результаты гемодинамики почек оценивались по стандартизированной методике, которая включала оценку ангиоархитектоники почек в 8 фиксируемых точках у пациентов с ХБП в терминальной стадии (в 5 артериальных и 3 венозных). На рис. 8а, в можно проследить вариант полученного исследования. Все точки были фиксированы в срединном сегменте почки. Точки А1 и В1 фиксированы в воротах почки на расстоянии не менее 5 мм от деления на сегментарные артерии и сегментарные вены, точки А2, А3, А4, А5, В2 и В3 – в проекции срединного сегмента визуализируемых сосудов. Основные количественные параметры КУУЗИ у пациентов с ХБП в терминальной стадии в точке А1 отображены в следующем порядке: ТАО = 15,12 ± 2,8 с; ТТР = 22,45 ± 3,1 с; PI = 103,13 ± 2,1 с; НТWo = 77,58 ± 3,7 с. Низкая погрешность позволяет достоверно оценивать количественные показатели в данной группе.

В результате проведения КУУЗИ почек по рутинной методике в 50% (n = 3) случаев выявлена гипоперфузия правой почки и в 50% (n = 3) случаев данные интерпретировались как норма. В результате проведения КУУЗИ почек по предложенной методике в 100% (n = 6) случаев выявлена выраженная гипоперфузия правой почки.

По результатам динамической нефросцинтиграфии почек во всех случаях в обеих группах пациентов была выявлена гипоперфузия правой почки. В результате консилиума врачей нефрологов и эндокринологов, а также клиничко-лабораторных



**Рис. 8.** Сравнительная качественная оценка КУУЗИ почек у пациентов с СД 2 типа в группах с использованием стандартизированной и рутинной методик исследования. **а** – стандартизированная методика проведения КУУЗИ правой почки у пациента с ХБП I стадии, СД 2 типа (стаж течения >10 лет) в стадии компенсации; **б** – рутинная методика проведения КУУЗИ правой почки у пациента с ХБП I стадии, СД 2 типа в стадии компенсации; **в** – стандартизированная методика проведения КУУЗИ правой почки у пациента с ХБП, терминальная стадия, СД 2 типа, тяжелое течение; **г** – рутинная методика проведения КУУЗИ правой почки у пациента с ХБП, терминальная стадия, СД 2 типа, тяжелое течение.

**Fig. 8.** Comparative qualitative assessment of contrast-enhanced ultrasound examination of the kidneys in patients with type 2 diabetes in groups using standardized and routine research methods. **a** – standardized method of conducting CEUS of the right kidney in a patient with chronic kidney disease grade 1, type 2 diabetes (course of history > 10 years) in the stage of compensation; **б** – routine method of conducting CEUS of the right kidney in a patient with chronic kidney disease grade 1, type 2 diabetes in the stage of compensation; **в** – standardized technique for conducting CEUS of the right kidney in a patient with chronic kidney disease, terminal stage, severe type 2 diabetes; **г** – routine method of conducting CEUS of the right kidney in a patient with chronic kidney disease, terminal stage, severe type 2 diabetes.

и инструментальных методов исследования был скорректирован дальнейший индивидуальный для каждого пациента план лечения с принятием решения о начале диализной терапии.

## Выводы

1. Стандартизированная методика оценки количественных параметров при КУУЗИ почек более воспроизводима врачами УЗД, чем рутинная.
2. Проведение КУУЗИ может быть использовано для оценки гипоперфузии с целью снижения эффективной эквивалентной дозы для пациента.

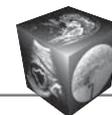
## Участие авторов

Борсуков А.В. – концепция и дизайн исследования, утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Горбатенко О.А. – проведение исследования, сбор и обработка данных, статистическая обработка данных, анализ и интерпретация полученных данных, написание текста, подготовка, создание опубликованной работы.

## Authors' participation

Borsukov A.V. – concept and design of the study, approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.



Gorbatenko O.A. – conducting research, collection and analysis of data, statistical analysis, analysis and interpretation of the obtained data, writing text, preparation and creation of the published work.

### Список литературы

- International Diabetes Federation, 2019. URL: <https://www.idf.org/>
- Дедов И.И., Шестакова М.В., Майоров А.Ю. Алгоритмы специализированной медицинской помощи больным сахарным диабетом. 9-й выпуск (дополненный). М., 2019.
- Шестакова М.В. Сахарный диабет и хроническая болезнь почек: возможности прогнозирования, ранней диагностики и нефропротекции в XXI веке. *Терапевтический архив*. 2016; 6: 84–88. <http://doi.org/10.17116/terarkh201688684-88>
- Практические рекомендации KDIGO по диагностике, профилактике и лечению минеральных и костных нарушений при хронической болезни почек (ХБП-МКН). Краткое изложение рекомендаций. *Нефрология*. 2011; 15 (1): 88–95.
- Targher G., Bertolini L., Rodella S., Lippi G., Zoppini G., Chonchol M. Relationship between kidney function and liver histology in subjects with nonalcoholic steatohepatitis. *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.* 2010; 5: 2166–2171.
- Борсуков А.В., Горбатенко О.А., Венидиктова Д.Ю., Пулатова И.З. Препарат для контраст-усиленного исследования: новое направление в ранней диагностике ангионефросклероза у пациентов с СД 2 типа на фоне неалкогольной жировой болезни печени. *Медицинский алфавит*. 2020; 30: 37–41. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-30-37-41>
- Das U., Dakshimurthy K.V., Prayaga A., Uppin M.S. Nondiabetic kidney disease in type 2 diabetic patients: A single center experience. *Indian J. Nephrol.* 2012; 22 (5): 358–362.
- Муркамилов И.Т., Айтбаев К.А., Фомин В.В., Кудайбергенов И.О., Муркамилова Ж.А., Юсупов Ф.А. Диабетическая нефропатия: распространенность и факторы риска. *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета*. 2021; 1 (77).
- Шейман Джеймс А. Патофизиология почки: Пер. с англ. М.: Издательство БИНОМ, 2019. 192 с.
- Sit D., Kadiroglu A. K., Kayabasi N., Yilmaz M.E. The prevalence of insulin resistance in nondiabetic nonobese patients with chronic kidney disease. *Adv. Ther.* 2000; 23 (6): 988–998.
- Бикбов Б.Т., Томилина Н.А. Заместительная терапия больных с хронической почечной недостаточностью в Российской Федерации в 1998–2011 гг. *Нефрология и диализ*. 2014; 16 (1): 11–117.
- Kittikulnam P., Thokanit N.S., Katavetin P., Susanthaphong P., Srisawat N., Praditpornsilpa K., Tungsanga K., Eiam-Ong S. The magnitude of obesity and metabolic syndrome among diabetic chronic kidney disease population: A nationwide study. *PLoS One*. 2018; 13 (5): e0196332. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196332>
- Weskott H.-P. Контрастная сонография. 1-е изд. Бремен: UNI-MED, 2014. 284 с.
- Соловьев Я.А., Митина Л.А., Митькова М.Д. Ультразвуковое исследование с контрастным усилением в дифференциальной диагностике злокачественных и доброкачественных опухолей почек *Ультразвуковая и функциональная диагностика*. 2018; 4: 46–64.
- Громов А.И. Диагностическая эффективность новых методик ультразвукового исследования в урологии. *Радиология-практика*. 2012; 2: 45–52.
- Зубарев А.В., Фёдорова А.А., Чернышев В.В. и др. Применение эхоконтрастных препаратов в клинике и перспективы синхронизации УЗИ, КТ-/МРТ-изображений (собственный опыт и обзор литературы). *Медицинская визуализация*. 2015; 1: 94–114.
- Claudon M., Dietrich C.F., Choi B.I. et al. Guidelines and good clinical practice recommendations for contrast enhanced ultrasound (CEUS) in the liver – update 2012: a WFUMB-EFSUMB initiative in cooperation with representatives of AFSUMB, AIUM, ASUM, FLAUS and ICUS. *Ultraschall Med.* 2013; 34 (1): 11–29. <http://doi.org/10.1055/s-0032-1325499>
- Борсуков А.В., Буеверов А.О., Тиханкова А.В. Полуколичественная оценка контраст-усиленного ультразвукового исследования при хронических вирусных гепатитах. *Доктор.Ру*. 2019; 8 (163): 28–34. <http://doi.org/10.31550/1727-2378-2019-163-8-28-34>
- Como G., Da Re J., Adani G.L., Zuiani Ch., Girometti R. Role for contrast-enhanced ultrasound in assessing complications after kidney transplant. *World J. Radiol.* 2020; 12 (8): 156–171. <http://doi.org/10.4329/wjrv.12.8.156>
- Сенча А.Н., Могутов М.С., Патрунов Ю.Н., и др. Ультразвуковое исследование с использованием контрастных препаратов. М.: Видар-М, 2015. 144 с.
- 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; 39(2): e2–e44. <http://doi.org/10.1055/a-0586-1107>
- Bertolotto M., Quaia E., Galli G., Martinoli C., Locatelli M. Color Doppler sonographic appearance of renal perforating vessels in subjects with normal and impaired renal function. *J. Clin. Ultrasound.* 2000; 28 (6): 267–276.
- Козлова Е.Ю. Особенности структурно-функционального состояния почек у детей подросткового возраста с ожирением: Дис. ... канд. мед. наук. Смоленск, 2018. 147 с.
- Постнов Д.Э., Шишкин А.В., Щербakov П.А. Нелинейные эффекты в ансамблях осцилляторов со связью через распределение ресурса: часть 1. Динамические режимы авторегуляции кровотока в васкулярном дереве нефронов. *Известия вузов. ПНД*. 2007; 5.
- Westwood M., Joore M., Grutters J., Redekop K., Armstrong N., Lee K., Gloy V., Raatz H., Misso K., Severens J., Kleijnen J. Contrast-enhanced ultrasound using SonoVue® (sulphur hexafluoride microbubbles) compared with contrast-enhanced computed tomography and contrast-enhanced magnetic resonance imaging for the characterisation of focal liver lesions and detection of liver metastases: a systematic review and cost-effectiveness analysis. *Health Technol. Assess.* 2013; 17 (16): 1–243. <http://doi.org/10.3310/hta17160>
- Emanuel A.L., Meijer R.I., van Poelgeest E., Spoor P., Serné E.H., Eringa E.C. *Contrast-enhanced ultrasound for quantification of tissue perfusion in humans*. 2020; 27 (1): e12588. <http://doi.org/10.1111/micc.12588>
- Yoon H.E., Kim D.W., Kim D., Kim Y., Shin S.J., Shin Y.R. A pilot trial to evaluate the clinical usefulness of contrast-enhanced ultrasound in predicting renal outcomes in



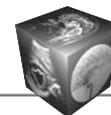
patients with acute kidney injury. *PLoS ONE*. 2020, 15 (6): e0235130.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235130>

28. Website of the European Society of Uroradiology. <http://www.esur.org>

## References

1. International Diabetes Federation, 2019. URL: <https://www.idf.org/>
2. Dedov I.I., Shestakova M.V., Mayorov A.Yu. *Algorithms for specialized medical care for patients with diabetes mellitus*. 9th edition (amended). Moscow, 2019. (In Russian)
3. Shestakova M.V. Diabetes mellitus and chronic kidney disease: possibilities of prediction, early diagnosis and nephroprotection in the XXI century. *Therapeutic archive*. 2016; 6: 84–88. <http://doi.org/10.17116/terarkh201688684-88> (In Russian)
4. Practical recommendations of KDIGO for diagnosis, prevention and treatment of mineral and bone disorders in chronic kidney disease (CKD-MCD). Summary of recommendations. *Nephrology*. 2011; 15 (1): 88–95. (In Russian)
5. Targher G., Bertolini L., Rodella S., Lippi G., Zoppini G., Chonchol M. Relationship between kidney function and liver histology in subjects with nonalcoholic steatohepatitis. *Clin. J. Am. Soc. Nephrol.* 2010; 5: 2166–2171.
6. Borsukov A.V., Gorbatenko O.A., Venidiktova D.Yu., Pulatova I.Z. Drug for contrast-enhanced ultrasound examination: new dimension in early diagnosis of angioneurosis in patients with type 2 diabetes on the non-alcoholic fatty liver disease. *Medical alphabet*. 2020, 30: 37–41. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2020-30-37-41> (In Russian)
7. Das U., Dakshimurthy K.V., Prayaga A., Uppin M.S. Nondiabetic kidney disease in type 2 diabetic patients: A single center experience. *Indian J. Nephrol.* 2012; 22 (5): 358–362.
8. Murkamilov I.T., Aitbaev K.A., Fomin V.V., Kudaiberge-nova I.O., Murkamilova Zh.A., Yusupov F.A. Diabetic nephropathy: prevalence and risk factors. *Bulletin of the Volgograd Medical State University*. 2021; 1 (77). (In Russian)
9. James A. Sheiman Renal Pathophysiology. J.B. Lippincott, 1995. 189 p. ISBN 0397513720, 9780397513727
10. Sit D., Kadiroglu A. K., Kayabasi H., Yilmaz M.E. The prevalence of insulin resistance in nondiabetic nonobese patients with chronic kidney disease. *Adv. Ther.* 2000; 23 (6): 988–998.
11. Bikbov B.T., Tomilina N.A. Replacement therapy for patients with chronic renal failure in the Russian Federation in 1998–2011. *Nephrology and dialysis*. 2014; 16 (1): 11–117. (In Russian)
12. Kittikulnam P., Thokanit N.S., Katavetin P., Susanthi-taphong P., Srisawat N., Praditpornsilpa K., Tungsanga K., Eiam-Ong S. The magnitude of obesity and metabolic syndrome among diabetic chronic kidney disease population: A nationwide study. *PLoS One*. 2018; 13 (5): e0196332. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196332>
13. Weskott H.-P. Contrast sonography. 1st ed. Bremen: UNI-MED, 2014. 284 p.
14. Solovov Ya.A., Mitina L.A., Mitkova M.D. Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in differential diagnosis of benign and malignant renal tumors. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2018; 4: 46–64. (In Russian)
15. Gromov A.I. Diagnostical efficacy of new methods of ultrasound in urology. *Radiology-practice*. 2012; 2: 45–52. (In Russian)
16. Zubarev A.V., Fedorova A.A., Chernyshev V.V. and others. The use of echocontrast drugs in the clinic and the prospects for synchronization of ultrasound, CT/MRI images (own experience and literature review). *Medical Visualization*. 2015; 1: 94–114. (In Russian)
17. Claudon M., Dietrich C.F., Choi B.I. et al. Guidelines and good clinical practice recommendations for contrast enhanced ultrasound (CEUS) in the liver – update 2012: a WFUMB-EFSUMB initiative in cooperation with representatives of AFSUMB, AIUM, ASUM, FLAUS and ICUS. *Ultraschall Med*. 2013; 34 (1): 11–29. <http://doi.org/10.1055/s-0032-1325499>
18. Borsukov A.V., Bueverov A.O., Tikhankova A.V. Semi-quantitative estimation of contrast-enhanced ultrasound examination in chronic viral hepatitis. *Doctor.ru*. 2019; 8 (163): 28–34. <http://doi.org/10.31550/1727-2378-2019-163-8-28-34> (In Russian)
19. Como G., Da Re J., Adani G.L., Zuiani Ch., Girometti R. Role for contrast-enhanced ultrasound in assessing complications after kidney transplant. *Wld J. Radiol.* 2020; 12 (8): 156–171. <http://doi.org/10.4329/wjr.v12.i8.156>
20. Sencha A.N., Mogutov M.S., Patrunov Yu.N., et al. Ultrasound examination using contrast agents. M.: Vidar-M, 2015. 144 p. (In Russian)
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; 39(2): e2–e44. <http://doi.org/10.1055/a-0586-1107>
22. Bertolotto M., Quaia E., Galli G., Martinoli C., Locatelli M. Color Doppler sonographic appearance of renal perforating vessels in subjects with normal and impaired renal function. *J. Clin. Ultrasound*. 2000; 28 (6): 267–276.
23. Kozlova E.Yu. *Features of the structural and functional state of the kidneys in adolescent children with obesity*: dissertation PhD. Smolensk, 2018. 147 p. (In Russian)
24. Postnov D.E., Shishkin A.V., Shcherbakov P.A. Nonlinear effects in ensembles of oscillators with resource distribution coupling. Part 1: Dynamical regimes of blood flow autoregulation in vascular nephron tree. *Izvestiya Vuzov. HDPE*. 2007; 5. (In Russian)
25. Westwood M., Joore M., Grutters J., Redekop K., Armstrong N., Lee K., Gloy V., Raatz H., Misso K., Severens J., Kleijnen J. Contrast-enhanced ultrasound using SonoVue® (sulphur hexafluoride microbubbles) compared with contrast-enhanced computed tomography and contrast-enhanced magnetic resonance imaging for the characterisation of focal liver lesions and detection of liver metastases: a systematic review and cost-effectiveness analysis. *Health Technol. Assess.* 2013; 17 (16): 1–243. <http://doi.org/10.3310/hta17160>
26. Emanuel A.L., Meijer R.I., van Poelgeest E., Spoor P., Serné E.H., Eringa E.C. *Contrast-enhanced ultrasound for quantification of tissue perfusion in humans*. 2020; 27 (1): e12588. <http://doi.org/10.1111/micc.12588>
27. Yoon H.E., Kim D.W., Kim D., Kim Y., Shin S.J., Shin Y.R. A pilot trial to evaluate the clinical usefulness of contrast-enhanced ultrasound in predicting renal outcomes in patients with acute kidney injury. *PLoS ONE*. 2020, 15 (6): e0235130. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235130>
28. Website of the European Society of Uroradiology. <http://www.esur.org>



---

**Для корреспонденции\*:** Горбатенко Ольга Александровна – 214025 Смоленск, ул. Николаева, д. 34А, кв. 36. Тел.: +7-903-892-41-57. E-mail: o.gorbatenkon@gmail.com

**Борсуков Алексей Васильевич** – доктор мед. наук, профессор, директор Проблемной научно-исследовательской лаборатории “Диагностические исследования и малоинвазивные технологии” ФГБОУ ВО СГМУ Минздрава России, Смоленск. <https://orcid.org/0000-0003-4047-7252>. E-mail: bor55@yandex.ru

**Горбатенко Ольга Александровна** – аспирант Проблемной научно-исследовательской лаборатории “Диагностические исследования и малоинвазивные технологии” ФГБОУ ВО СГМУ Минздрава России, Смоленск. <https://orcid.org/0000-0002-8820-7713>. E-mail: o.gorbatenkon@gmail.com

**Contact\*:** Olga A. Gorbatenko – 34A, apt. 36, Nikolaeva str., 214025 Smolensk, Russian Federation. Phone: +7-903-892-41-57. E-mail: o.gorbatenkon@gmail.com

**Alexey V. Borsukov** – Doct. of Sci. (Med.), Professor, Head of the Fundamental research laboratory “Diagnostic researches and minimally invasive technologies”, Smolensk State Medical University, the Ministry of Health of the Russian Federation, Smolensk

**Olga A. Gorbatenko** – postgraduate student of the Fundamental research laboratory “Diagnostic researches and minimally invasive technologies”, Smolensk State Medical University, the Ministry of Health of the Russian Federation, Smolensk

---