

<https://doi.org/10.29296/25877305-2022-07-05>

Возможности совместного использования высокочастотного ультразвукового исследования кожи и контраст-усиленного ультразвукового исследования почек в диагностике хронической болезни почек

А.В. Борсуков¹, доктор медицинских наук, профессор,
О.А. Горбатенко¹,
Д.Ю. Вендиктова¹,
А.О. Тагиль¹,
С.А. Борсуков¹,
В.С. Курченкова²

¹Смоленский государственный медицинский университет Минздрава России

²Клиническая больница №1, Смоленск

E-mail: 92darv@gmail.com

В России снижение функции почек диагностировано у 16% лиц трудоспособного возраста, у 36% лиц в возрасте старше 60 лет. Необходима разработка дополнительных алгоритмов диагностики данного заболевания для возможности раннего выявления на этапе скрининга, мониторинга развития патологии и предотвращения развития осложнений.

Цель. Оценить эффективность совместного использования высокочастотного УЗИ кожи и контраст-усиленного УЗИ почек в диагностике хронической болезни почек (ХБП).

Материал и методы. В исследовании приняли участие 34 пациента с верифицированным диагнозом ХБП. Пациенты были разделены на группы в зависимости от уровня скорости клубочковой фильтрации (СКФ): 1-я группа (n=17) – пациенты с нормальным или незначительно сниженным уровнем СКФ (>60 мл/мин/1,73м²); 2-я группа (n=17) – пациенты с существенно сниженным уровнем СКФ (30–44 мл/мин/1,73м²). Пациенты обследованы по единому диагностическому алгоритму: мультипараметрическое УЗИ почек в В-режиме, контраст-усиленное УЗИ почек с одномоментным использованием высокочастотного УЗИ кожи.

Результаты. Предложенный способ определения выраженности ХБП с помощью оценки нарушений периферической микроциркуляции с применением контраст-усиленного УЗИ почек и высокочастотного УЗИ кожи до и во время внутривенного контрастного усиления с определением разницы между показателями процентного соотношения пикселей акустических строк показал высокую чувствительность (89,5%) и специфичность (90,6%).

Заключение. Совместное применение высокочастотного УЗИ кожи и контраст-усиленного УЗИ почек эффективно в выявлении и мониторинге ХБП.

Ключевые слова: диагностика, контраст-усиленное ультразвуковое исследование, ультразвуковое исследование кожи, хроническая болезнь почек.

Для цитирования: Борсуков А.В., Горбатенко О.А., Вендиктова Д.Ю. и др. Возможности совместного использования высокочастотного ультразвукового исследования кожи и контраст-усиленного ультразвукового исследования почек в диагностике хронической болезни почек. Врач. 2022; 33 (7): 29–32. <https://doi.org/10.29296/25877305-2022-07-05>

В настоящее время распространенность хронической болезни почек (ХБП) в мире достигает 18,7% и сопоставима с такими социально значимыми заболеваниями как сахарный диабет, артериальная гипертензия, ожирение, метаболический синдром и т.д. [1, 2]. Согласно эпидемиологическим исследованиям в России снижение функции почек наблюдается у 36% лиц в возрасте старше 60 лет и у 16% пациентов трудоспособного возраста [2]. Необходима разработка дополнительных алгоритмов диагностики данного заболевания для возможности раннего выявления на этапе скрининга, мониторинга течения и предотвращения развития осложнений. В практической медицине диагноз ХБП устанавливают, если в течение ≥3 мес зарегистрированы маркеры, подтверждающие повреждение почечной паренхимы. Поскольку прогрессирование ХБП не проявляется в виде выраженных клинико-лабораторных показателей, это затрудняет раннюю диагностику, и, следовательно, влечет за собой назначение заместительной почечной терапии на поздних стадиях заболевания [2–4]. Поскольку фиброз является необратимым хроническим состоянием, возникающим в ответ на повреждение нефронов, степень его выраженности определяет стадию почечной дисфункции [3].

В практической работе врачей-клиницистов основными маркерами для подтверждения клинического диагноза и стадии ХБП являются скорость клубочковой фильтрации (СКФ; мл/мин/1,73м²), альбуминурия (мг/сут), уровень креатинина в моче и расчет отношения альбумин/креатинин [2]. Данные количественные методы исследования ориентированы на оценку прогнозирования заболевания и возможность регулярного наблюдения за его динамикой. Однако риск погрешности результатов исследования, связанный с неправильным сбором мочи, неправильной подготовкой пациента к исследованию, а также неудобство сбора анализов вне условий стационара затрудняют проведения данных исследований [1, 2].

Диагностика ХБП на ранних доклинических 1–2 стадиях, при которых СКФ находится в пределах нормы или незначительно снижена, позволяет проводить эффективную нефропротективную терапию [2, 5].

Поскольку основным звеном в патогенезе ХБП являются сосудистые изменения, что объясняется глобальными гемодинамическими сдвигами, которые в дальнейшем влияют на развитие почечной дисфункции, выраженность заболевания можно оценить путем диагностики нарушения периферической микроциркуляции с одномоментным применением контраст-усиленного УЗИ почек и высокочастотного УЗИ кожи [4, 6–10].

Определение выраженности ХБП в рамках диагностического алгоритма без применения инвазивных и ионизирующих методик, а также возможность замедления прогрессирования заболевания почек являются приоритетными направлениями в медицине в целом и в лучевой диагностике в частности [4, 9, 10].

Цель исследования – оценить эффективность совместного использования высокочастотного УЗИ кожи и контраст-усиленного УЗИ почек в диагностике ХБП.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

На базе Проблемной научно-исследовательской лаборатории «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии» ФГБОУ ВО «Смоленский государственный медицинский университет» Минздрава России в 2021–2022 гг. было проведено исследование, в котором приняли участие 34 пациента с верифицированным диагнозом ХБП, про-

ходящие лечение по основному заболеванию в многопрофильном стационаре Смоленска. Пациенты были разделены на группы (табл. 1) в зависимости от показателя СКФ: 1-я группа (n=17) – пациенты с нормальным или незначительно сниженным уровнем СКФ (>60 мл/мин/1,73м²); 2-я группа (n=17) – пациенты с существенно сниженным уровнем СКФ (30–44 мл/мин/1,73м²).

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

- мультипараметрическое УЗИ почек в В-режиме с оценкой длины, толщины и ширины правой и левой почек (мм), эхогенности по сравнению с печенью или селезенкой соответственно, а также формы, контуров и адекватности чашечно-лоханочной системы;
- проведение контраст-усиленного УЗИ почек (в соответствии с Европейскими рекомендациями для клинической практики) с одномоментным использованием высокочастотного УЗИ кожи (частота датчика 48 МГц).

Статистический анализ данных проводился методами описательной статистики и сравнения выборок (с использованием параметрических и непараметрических критериев). Измерение связи между переменными осуществлялось с по-

мощью корреляции Спирмена и гамма-корреляции. Анализ различий частот двух независимых групп проводили с помощью двустороннего критерия Фишера. Корреляционный анализ с определением ранговой корреляции по Пирсону использовался для оценки взаимосвязи между двумя переменными. Коэффициент $r > 0$ при $p \leq 0,05$ принимался за достоверный. Определялись показатели прогностической ценности (чувствительность и специфичность).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Существенной особенностью сосудистого русла кожи, помимо участия в терморегуляции, является наличие множества артериовенозных анастомозов, создающих возможность сброса крови из артериального отдела в венозный в обход капиллярного русла, что позволяет с высокой точностью оценить архитектуру сосудов с помощью высокочастотного ультразвукового датчика. Благодаря дискретному принципу строения микроциркуляторного русла кожи каждый участок содержит свой микрососудистый модуль. Данный принцип удобен в сегментарной оценке исследуемой площади кожи. В области кожи кончиков пальцев рук находится наибольшее количество анастомозов. Артериовенозные анастомозы, особенно их артериальный и промежуточный сегменты, отличаются от окружающих сосудов наличием более плотной иннервации адренергической природы и обеспечивают оперативное перераспределение кровотока между поверхностно и глубоко расположенными сосудами кожи [11]. При обычном УЗИ в В-режиме определить микроциркуляторное русло невозможно, для этого нужны специальные инструментальные методы: лазерная доплерометрия, микроскопия капилляров, высокочастотная доплерометрия. У данных методик есть недостаток с позиции оценки выраженности нарушений микроциркуляции при ХБП: невозможно оценить общий фон нарушений всех сосудов мелкого диаметра на всю глубину кожи и подкожной клетчатки. Данный недостаток отсутствует у высокочастотного УЗИ кожи (частота датчика 48 МГц) с оценкой количества пикселей в акустических строках на ультразвуковом изображении (в процентном выражении соотношения пикселей разной тональности).

Поскольку при патологических состояниях, таких как ХБП, меняется как интенсивность кровотока через сосуды кожи, так и его распределение между капиллярами и артериовенозными анастомозами, это хорошо визуализируется при комбинированном исследовании с использованием контраст-усиленного УЗИ почек и высокочастотного УЗИ кожи [7].

В ходе данной научно-исследовательской работы создан новый способ оценки клинически значимой ХБП (патент RU №2747159). Предложенный нами способ заключается в определении выраженности ХБП путем оценки наличия и выраженности нарушений периферической микроциркуляции с применением контраст-усиленного УЗИ почек (рис. 1)

Характеристика групп исследования					
Table 1					
Characteristics of study groups					
Группы	Всего, n (%)	Мужчин, n (%)	Женщин, n (%)	СКФ, мл/мин/1,73м ²	Средний возраст, годы
1-я	17 (50,0)	10 (28,1)	7 (21,9)	92,0±4,5	46,0±2,5
2-я	17 (50,0)	6 (15,6)	11 (34,4)	43,0±6,4	53,0±2,2
Всего	34 (100)	16 (43,7)	18 (56,3)	–	51,0±2,3

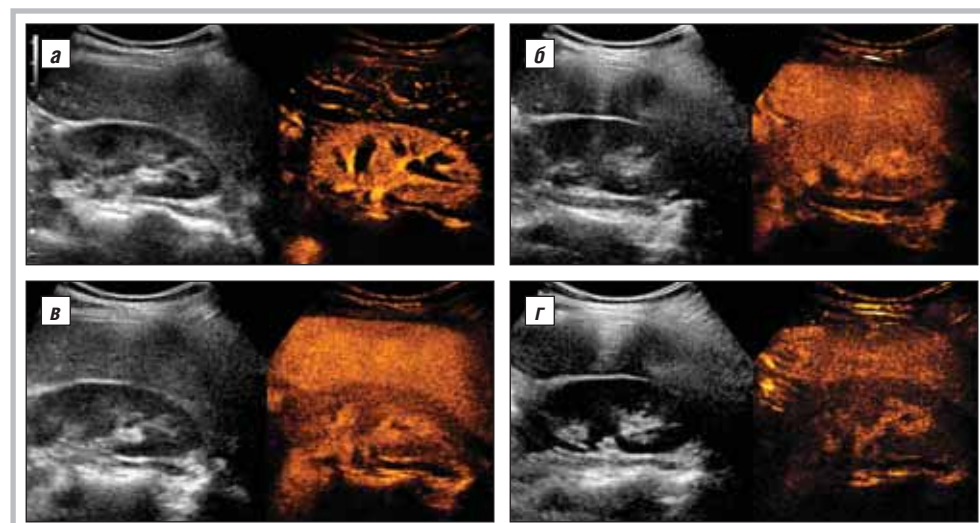


Рис. 1. Качественная оценка контраст-усиленного УЗИ почек пациента из 1-й группы без ХБП (а – артериальная фаза, б – венозная фаза) и пациента из 2-й группы с ХБП 4 стадии (в – артериальная фаза, г – венозная фаза)

Fig. 1. Qualitative assessment of contrast-enhanced renal ultrasound in a Group 1 patient without CKD (a – arterial phase; б – venous phase) and a Group 2 patient with Stage 4 CKD (в – arterial phase; г – venous phase)

и высокочастотного УЗИ кожи до и во время внутривенного контрастного усиления с определением разницы между показателями процентного соотношения пикселей акустических строк (рис. 2).

Метод оценки клинически значимой ХБП осуществляется следующим образом (см. рис. 2): при проведении УЗИ кожи высокочастотным датчиком 1 на ладонной поверхности дистальной фаланги среднего пальца левой руки 2 на экран монитора ультразвукового аппарата выводят участок кожи 5 с визуализацией дермы 3 и подкожно-жировой клетчатки 4 с последующей оценкой процентного соотношения количества эхопозитивных и эхонегативных пикселей акустических строк в участке 5 (показатель П1)

Затем в начале венозной фазы контраст-усиленного УЗИ почек по стандартной программе запускают хронометраж, отсчитывают 15 с и 7-кратно каждые 30 с проводят высокочастотное УЗИ кожи с оценкой процентного соотношения количества эхопозитивных и эхонегативных пикселей аку-

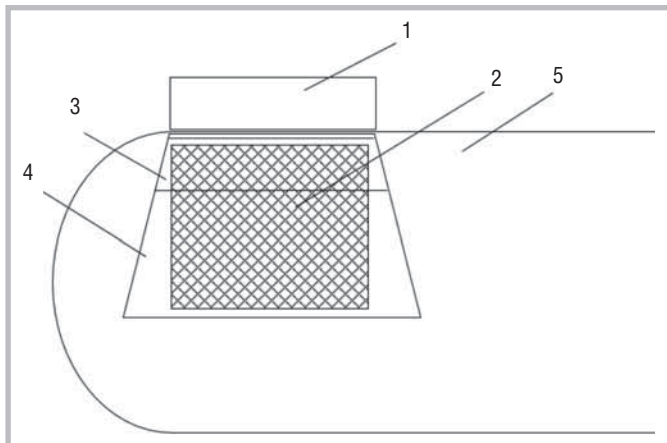


Рис. 2. Схема метода оценки клинически значимой ХБП: 1 – датчик; 2 – ладонная поверхность дистальной фаланги среднего пальца левой руки; 3 – дерма; 4 – подкожно-жировая клетчатка; 5 – участок кожи

Fig. 2. Scheme for evaluating clinical CKD: 1 – a transducer; 2 – the palmar surface of the distal phalanx of the left middle finger; 3 – dermis; 4 – subcutaneous fat; 5 – skin area

Таблица 2
Распределение пациентов на группы согласно результатам комплексного использования высокочастотного УЗИ кожи и контраст-усиленного УЗИ почек; n (%)

Table 2
Group distribution of patients according to the results of co- use of high-frequency skin ultrasound and contrast-enhanced renal ultrasound; n (%)

Показатель соотношения количества эхопозитивных и эхонегативных пикселей акустических строк (среднее арифметическое), %	СКФ в пределах нормы или незначительно снижена (>60 мл/мин/1,73м ²)		
	Всего	СКФ существенно снижена (30–44 мл/мин/1,73м ²)	СКФ существенно снижена (30–44 мл/мин/1,73м ²)
≤12	16 (47,1)	1 (2,94)	15 (44,12)
12–19	18 (52,94)	16 (47,1)	2 (5,88)
Всего	34 (100)	17 (50)	17 (50)

стических строк в участке 5 (группа показателей П2–П8); после рассчитывают разницу между средним арифметическим показателем П2–П8 и показателем П1; если данная разница ≤12%, то делают вывод о наличии клинически значимой ХБП, если разница находится в пределах 12–19% – делают вывод об отсутствии у пациента клинически значимой ХБП.

Результаты комплексного использования высокочастотного УЗИ кожи и контраст-усиленного УЗИ почек для диагностики ХБП представлены в табл. 2.

Чувствительность и специфичность предложенного способа составляет 89,5 и 90,6% соответственно.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совместное применение высокочастотного УЗИ кожи (частота датчика ≥48 МГц) и контраст-усиленного УЗИ почек является эффективным методом выявления ХБП и мониторинга эффективности ее лечения при использовании метода оценки процентного соотношения количества эхопозитивных и эхонегативных пикселей акустических строк.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Вклад авторов. Борсуков А.В. – разработка дизайна исследования, соавтор патента на изобретение. Горбатенко О.А. – обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных; написание текста рукописи; исполнитель проведенного исследования, соавтор патента на изобретение. Вендиктова Д.Ю. – исполнитель проведенного исследования, соавтор патента на изобретение. Тагиль А.О. – исполнитель проведенного исследования. Борсуков С.А. – обзор публикаций по теме статьи, анализ полученных данных, ассистирование при проведении исследования. Курченкова В.С. – ассистирование при проведении исследования.

Финансирование. Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Информированное согласие. Все пациенты подписали информированное согласие на участие в исследовании.

Литература

- International Diabetes Federation, 2019. URL: <https://www.idf.org/>
- Клинические рекомендации Хроническая болезнь почек. Ассоциация нефрологов, 2021; с. 233.
- Sheiman J.A. Патофизиология почки. Пер. с англ. М.: «Издательство БИНОМ», 2019; 192 с.
- 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. DOI: 10.1055/S-0032-1325499
- Барилко М., Селиверстов П., Радченко В. Дисбиоз толстой кишки и хроническая болезнь почек. *Врач.* 2019; 30 (2): 14–9. DOI: 10.29296/25877305-2019-02-02
- Ультразвуковое исследование с применением контрастных препаратов. От простого к сложному. Под общ. ред. А.Н. Сенча. М.: МЕДпресс-информ, 2021; 296 с.
- Molvneux A.S. Neural control of arteriovenous anastomoses. *Microvasc Res.* 1980; 19 (2): 256–9.
- Родионов А.Н., Заславский Д.В., Сыдинов А.А. Клиническая дерматология. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2019.
- 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. DOI: 10.1055/ a-0586-1107
- Westwood M., Joore M., Grutters J. et al. Contrast-enhanced ultrasound using SonoVue® (sulfur hexafluoride microbubbles) compared with contrast-enhanced computed tomography and contrast-enhanced magnetic resonance imaging for the characterization of focal liver lesions and detection of liver metastases: a systematic review and cost-effectiveness analysis. *Health Technol Assess.* 2013; 17 (16): 1–243. DOI: 10.3310/hta17160
- Weskott H.-P. Контрастная сонография. 1-е изд. Бремен: UNI-MED, 2014; 284 с.

References

1. International Diabetes Federation, 2019. URL: <https://www.idf.org/>
2. Clinical recommendations on chronic kidney disease, Association of nephrologists, 2021; 233 p. (in Russ.).
3. Sheiman J. A. Pathophysiology of the Kidney. Transl. from English. M.: «Publishing house BINOM», 2019; 192 p. (in Russ.).
4. 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. DOI: 10.1055/S-0032-1325499
5. Barilko M., Seliverstov P., Radchenko V. Colon dysbiosis and chronic kidney disease. *Vrach.* 2019; 30 (2): 14–9 (in Russ.). DOI: 10.29296/25877305-2019-02-02
6. Ultrasound examination using contrast agents. From simple to complex. Under total. Ed. A.N. Sencha. M.: MEDpress-inform, 2021; 296 p. (in Russ.).
7. Molvneux A.S. Neural control of arteriovenous anastomoses. *Microvasc Res.* 1980; 19 (2): 256–9.
8. Rodionov A.N., Zaslavsky D.V., Sydikov A.A. Clinical dermatology. M.: GEOTAR-Media, 2019 (in Russ.).
9. 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. DOI: 10.1055 / a-0586-1107
10. Westwood M., Joore M., Grutters J. et al. Contrast-enhanced ultrasound using SonoVue® (sulfur hexafluoride microbubbles) compared with contrast-enhanced computed tomography and contrast-enhanced magnetic resonance imaging for the characterization of focal liver lesions and detection of liver metastases: a systematic review and cost-effectiveness analysis. *Health Technol Assess.* 2013; 17 (16): 1–243. DOI: 10.3310/hta17160
11. Weskott H.-P. Contrast sonography. 1st ed. Bremen: UNI-MED, 2014; 284 p. (in Russ.).

POSSIBILITIES FOR THE CO-USE OF HIGH-FREQUENCY SKIN ULTRASOUND AND CONTRAST-ENHANCED RENAL ULTRASOUND IN THE DIAGNOSIS OF CHRONIC KIDNEY DISEASE

Professor **A. Borsukov**¹, MD; **O. Gorbatenko**¹; **D. Venidiktova**¹, **A. Tagil**¹; **S. Borsukov**¹; **V. Kurchenkova**²

¹Smolensk State Medical University, Ministry of Health of Russia

²Clinical Hospital One, Smolensk

In Russia, decreased kidney function was diagnosed in 16% of able-bodied people and in 36% of people over 60 years of age. It is necessary to develop additional algorithms for diagnosing this disease for its early detection at the stage of screening, monitoring the development of pathology, and preventing complications.

Objective. To evaluate the effectiveness of co-use of high-frequency skin ultrasound and contrast-enhanced renal ultrasound in the diagnosis of chronic kidney disease (CKD).

Subjects and methods. The investigation enrolled 34 patients with a documented CKD diagnosis. The patients were divided into groups according to the glomerular filtration rate (GFR): Group 1 consisted of 17 patients with normal or slightly reduced GFR (>60 ml/min/1.73m²); Group 2 included 17 patients with significantly reduced GFR (30–44 ml/min/1.73 m²). The patients were examined according to the unified diagnostic algorithm: B-mode multiparametric renal ultrasound, contrast-enhanced renal ultrasound with the co-application of high-frequency skin ultrasound.

Results. The proposed method for determining the severity of CKD, by assessing peripheral microcirculatory abnormalities using contrast-enhanced renal ultrasound and high-frequency skin ultrasound before and during intravenous contrast enhancement, by determining the difference between the values of ratio of acoustic scan lines, showed a high sensitivity (89.5%) and specificity (90.6%).

Conclusion. The co-use of high-frequency skin ultrasound and contrast-enhanced renal ultrasound is effective in detecting and monitoring CKD.

Key words: diagnosis, contrast-enhanced ultrasound, skin ultrasound, chronic kidney disease.

For citation: Borsukov A., Gorbatenko O., Venidiktova D. et al. Possibilities for the co-use of high-frequency skin ultrasound and contrast-enhanced renal ultrasound in the diagnosis of chronic kidney disease. *Vrach.* 2022; 33 (7): 29–32. <https://doi.org/10.29296/25877305-2022-07-05>

Об авторах/About the authors: Borsukov A.V. ORCID: 0000-0003-4047-7252; Gorbatenko O.A. ORCID: 0000-0002-8820-7713; Venidiktova D.Yu. ORCID: 0000-0001-5497-1476; Tagil A.O. ORCID: 0000-0001-6400-8405; Borsukov S.A. ORCID: 0000-0002-5747-6048; Kurchenkova V.S. ORCID: 0000-0002-8371-1355