

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К УЛЬТРАЗВУКОВОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ МОЧЕВЫВОДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ

(обзор литературы)

Тухтаев Ф.М.¹, Турсунов О.А.²

¹Самаркандский государственный медицинский университет.

*²Самаркандский филиал республиканского научного центра экстренной
медицинской помощи.*

Республика Узбекистан, г. Самарканд.

Резюме: В урологической науке существует явный дефицит данных о регенераторном потенциале почки, особенно в контексте растущего организма. Исследователи редко фокусируются на том, как степень исходного повреждения, его причина и своевременность хирургической коррекции влияют на итоговое функциональное восстановление. Авторы обзора видят решение этой проблемы в активном внедрении передовых ультразвуковых технологий, позволяющих оценивать функцию почки в динамике. Такой подход имеет колоссальное практическое значение, поскольку он позволяет перейти от статической оценки анатомии к динамическому пониманию физиологии, что критически важно для персонализации лечебной стратегии, объективной оценки ее результатов и формирования долгосрочного прогноза для пациента.

Ключевые слова: ультразвуковое исследование, почки, мочевыделительная система, диагностика.

Развитие компьютерных технологий, внедрение методов цифровой обработки и анализа сигналов существенно расширили диагностические возможности аппаратов УЗИ. Хотя такие современные методики визуализации, как ангиография и радиоизотопная ренангиография, позволяют с высокой точностью оценить характер перфузии почечной паренхимы, их

применение сопряжено с инвазивностью и воздействием ионизирующего излучения. Ультразвуковое исследование (УЗИ) выступает одним из наиболее безопасных и информативных способов оценки почечного кровотока.

Современное ультразвуковое оборудование комплектуется множеством дополнительных программ и режимов сканирования, предоставляя специалистам новые инструменты для обнаружения латентных заболеваний и патологических изменений.

В последнее время появились новые методы диагностики почек на базе ультразвука, среди которых выделяются оценка жесткости тканей посредством эластографии, высокочувствительные доплерографические техники, а также УЗИ с контрастированием, направленное на изучение почечной микроциркуляции.

Эластография представляет собой относительно новый, неинвазивный, безопасный и удобный метод определения эластичности тканей, основанный на измерении их упругих свойств. Оценка тканевой эластичности стала значимым шагом вперед в области медицинской визуализации и характеристики тканей. Многие мягкие ткани могут иметь схожую эхогенность при УЗИ, однако их механические свойства могут кардинально различаться, что можно использовать для дифференциальной диагностики между нормальными и патологически измененными тканями. Эластичность материала определяется его способностью восстанавливать исходную форму после приложения деформирующей нагрузки. Благодаря развитию неинвазивных количественных методов, почечная эластография стала возможной, следуя за стремительным прогрессом в диагностике фиброза печени. На сегодняшний день почечная эластография считается перспективным направлением, которое, тем не менее, все еще требует доработки и подтверждения (валидации).

На протяжении последних двух десятилетий цветовая и энергетическая (или силовая) доплерография занимает все более важное место в диагностике сосудистых нарушений почек. Несмотря на перманентное усовершенствование чувствительности доплеровских систем, визуализация микроциркуляторного русла почек остается непростой задачей, хотя ее клиническая значимость высока при множестве состояний, включая инфаркт, корковый некроз, очаговую ишемию, опухоли и псевдоопухоли, хроническую болезнь почек, острый канальцевый некроз и реакцию отторжения трансплантата почки. Производители внедрили линейные широкополосные датчики, работающие в расширенном частотном диапазоне, что улучшило возможности оценки кровотока как в нативных, так и в трансплантированных почках, расположенных поверхностно.

Необходимость в новых доплеровских методиках с повышенной чувствительностью и разрешающей способностью сохраняется; эти методики переходят из стадии научных изысканий в рутинную клиническую практику. Следует отметить два различных подхода к созданию сверхчувствительных доплеровских режимов (также известных как микро-доплеровская визуализация). Первый основан на использовании сверхбыстрого сканирования плоскими волнами, а второй задействует передовые алгоритмы шумоподавления.

Сверхбыстрое построение изображения на основе плоских волн базируется на совершенно ином принципе, отличном от стандартного УЗИ, и требует специализированного аппаратно-программного комплекса. Стандартное цветное доплеровское УЗИ отображает усредненную скорость кровотока, кодированную цветом в области интереса, которую можно перемещать по В-режиму изображения. Этот метод не всегда позволяет точно определить нарушения кровотока; для этого используется силовое доплеровское сканирование, но доплеровские сигналы могут быть

получены только из одной точки с использованием ограниченного объема выборки, что сопровождается искажением цветового сигнала потока.

В противоположность традиционным доплеровским техникам, основанным на последовательной фокусировке лучей, сверхбыстрое сканирование плоскими волнами использует передачу наклонных плоских волн, а сигналы обратного рассеяния когерентно суммируются для формирования изображений с высоким разрешением при очень высокой частоте кадров (свыше 10 000 кадров/сек). Сверхбыстрое сканирование плоскими волнами применимо как для визуализации динамики кровотока с высокой частотой кадров (режим называется сверхбыстрой доплерографией), так и для значительного повышения чувствительности к потоку крови (режим AngioPLUS — ангио-плоскостолновое УЗИ). Используя сверхбыстрый доплер, можно одновременно получать как информацию цветового, так и спектрального доплера из любой точки в больших доплеровских окнах.

Более того, одно доплеровское исследование позволяет получать данные одновременно из трех различных окон, что открывает возможности для изучения временных параметров, которые ранее были недоступны (например, времени прохождения сигнала от главной почечной артерии до междольковых артерий). Высокочувствительные доплеровские методики, или ангиопластика, улучшают выявление микроциркуляции в почечной коре и могут комбинироваться с введением контрастных веществ на основе микропузырьков.

Новая технология микрососудистой визуализации — Superb Microvascular Imaging (SMI) — это усовершенствованный доплеровский метод, который повышает качество отображения кровотока в мелких сосудах многих поверхностных органов. Он также доступен при использовании конвексных абдоминальных датчиков, что позволяет оценивать как поверхностные, так и глубоко расположенные сосуды почек. SMI основан на адаптивных алгоритмах шумоподавления, которые способны выделять

сигналы медленного кровотока из фонового шума при высокой скорости обновления кадров. Это возможно при крайне низкой акустической мощности, особенно после введения ультразвукового контрастного вещества, в сочетании с темпоральным суммированием, сохраняющим след каждого отдельного микропузырька на изображении с течением времени.

Относительно недавно в ультразвуковой сосудистой диагностике появился новый вектор развития благодаря разработке инновационного метода, именуемого Superb Microvascular Imaging (SMI). SMI стал новым инструментом для неинвазивной визуализации микроциркуляторного русла, способным работать без внутривенного введения контрастных веществ. Этот метод использует расширенное подавление шумов и обрабатывает доплеровские сигналы с низкой скоростью потока, которые в противном случае были бы отфильтрованы и удалены как "шум". Преимуществами являются высокое разрешение, высокая частота кадров и способность визуализировать низкоскоростные потоки. Предлагается два режима: монохромный SMI (mSMI) и цветной SMI (cSMI). cSMI визуализирует компоненты с низкой скоростью потока в цвете, наложенном на серое изображение с высоким временным и пространственным разрешением одновременно. mSMI демонстрирует микроциркуляторное русло с еще большей чувствительностью за счет вычитания анатомического фона.

В области педиатрии SMI доказал свою полезность при оценке пузырно-мочеточникового рефлюкса.

Метод УЗИ долгое время оставался единственным, не требующим введения контрастных веществ. Раньше считалось, что цветное доплеровское картирование полностью удовлетворяет потребности неинвазивного исследования сосудов. Однако возможности цветного доплера по чувствительности не способны восполнить отсутствие ультразвукового контрастирования, особенно в сравнении с КТ, где введение контраста обязательно. В самых тонких сосудах практически невозможно

различить эхосигналы от медленного движения крови и смещений, происходящих в стенке сосуда и окружающих тканях: главным недостатком ультразвуковой диагностики стало то, что мелкие и глубоко расположенные сосуды визуализируются плохо или не визуализируются вовсе при стандартных настройках сканирования. Использование веществ для эхоконтрастирования как раз и нацелено на устранение этого ограничения – усиление отраженного ультразвукового сигнала от кровотока.

Ультразвуковое исследование с контрастным усилением (КУУЗИ) появилось два десятилетия назад. История развития контрастного усиления в УЗИ берет начало в 1968 году, когда кардиолог Клод Джойнер зафиксировал необычное усиление сигнала при исследовании аорт в М-режиме во время ангиографических процедур, что совпало с введением рентгеновского контрастного вещества. В последние десятилетия развитие ультразвукового контрастирования идет стремительными темпами. Создаются препараты с различающейся структурой микропузырьков или газов, которые они содержат. Диагностический потенциал, реализуемый с помощью этих веществ, ежегодно расширяется. Выделяют несколько категорий средств, используемых для УЗИ с контрастным усилением. Препарат первого поколения, «Эховист», представляет собой простые микропузырьки газа в галактозной среде с быстрым выведением из организма. Препарат второго поколения, «Левовист», – также простые микропузырьки газа в галактозе, но стабилизированные пальмитиновой кислотой. Препарат третьего поколения, «Соновью», основан на фосфолипидной системе, содержащей гексафторид серы в качестве газа, стабилизированной пальмитиновой кислотой.

При контрастно-усиленном УЗИ внутрисосудистые агенты на основе микропузырьков применяются для обнаружения нарушений перфузии, сопряженных с различными патологиями – включая опухоли и повреждения органов, — которые бывает сложно выявить при обычном УЗИ.

Особого внимания заслуживает вопрос применения контрастных средств у детей в клинической практике. На данный момент ни один агент для ультразвукового контрастирования не получил официального одобрения для педиатрического использования, однако во многих клинических ситуациях КУУЗИ способно заменить методы визуализации, которые могут включать воздействие ионизирующим излучением или применение потенциально неблагоприятных йодосодержащих контрастных веществ.

Таким образом, объем возможностей комплексного ультразвукового обследования в распознавании заболеваний мочевыделительной системы остается недостаточно изученным. Требуется глубокий анализ и сопоставление характеристик кровотока в паренхиме почек и потоков мочи для выработки критериев оценки функционального состояния почек и мочеточников, а также для прогнозирования течения обструктивных уропатий.

Несмотря на внушительное количество исследований, посвященных проблемам мочевыводящих путей, в научной литературе, к сожалению, до сих пор очень мало работ, касающихся закономерностей восстановления или улучшения функции почки в зависимости от степени ее утраты, причины развития патологии и сроков проведения хирургических вмешательств в периоды роста и развития организма.

Ультразвуковая оценка почек и системы выделения позволяет определить состояние почечной паренхимы и гемодинамики, получить качественные и количественные данные о выбросах из мочеточников в норме и осуществить дифференциальную диагностику различных видов заболеваний мочевыделительной системы.

Определение сохранности почечной функции прямо влияет как на выбор терапевтического подхода, так и на прогноз заболевания. В свою

очередь, степень сохранения функции почки находится в прямой зависимости от состояния ее кровообращения.

Комплексный ультразвуковой анализ почек с элементами доплерографии дает возможность оценить состояние кровотока в почках у пациентов с как врожденными, так и приобретенными заболеваниями мочевыделительной системы. Возможность постоянного мониторинга состояния сосудистого русла как в процессе медикаментозного лечения, так и после операций делает ультразвуковой метод востребованным направлением в урологии и хирургии.

Новые ультразвуковые подходы к диагностике почек, включая эластографию, высокочувствительные доплерографические методики и УЗИ с контрастированием для анализа микроциркуляции в почках, обеспечивают своевременную и точную идентификацию различных форм обструктивных уropатий.

Изложенное позволяет сделать вывод о том, что развитие методов функциональной диагностики на основе ультразвука закладывает основу для нового вектора развития в урологии. Очевидна огромная ценность такой информации не только для постановки диагноза, но и для определения стратегии лечения, а для части пациентов — и для оценки достигнутых результатов терапии и определения дальнейшего прогноза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глазун Л. О., Полухина Е. В. Ультразвуковое исследование при диффузной патологии почек //Здравоохранение Дальнего Востока. – 2017. – №. 3. – С. 61-65.
2. Глазун Л.О. Ультразвуковая диагностика заболеваний почек [Текст]/ Л.О. Глазун, Е.В. Полухина – М.: Видар, 2014. – С. 296

3. Демина А. С., Краева Т. В., Шакирова Г. Х. Возможности комплексного ультразвукового исследования в оценке состояния трансплантированной почки //Здравоохранение Югры: опыт и инновации. – 2018. – №. 3. С.124
4. Детская ультразвуковая диагностика. Под общей редакцией Пыкова М.И., Ватолина К.В., М., Видар, 2001. С.392-397.
5. Диомидова В. Н. и др. Лучевая диагностика заболеваний почек у детей //Актуальные проблемы детской уронефрологии. – 2019. – С. 72-81.
6. Искандаров Р. А. и др. Аномалии развития почек у новорожденных по данным УЗИ //Актуальные вопросы современной науки. – 2019. – С. 94-99.
7. Кинванлун И. Г. и др. Клинико-функциональная характеристика доплерографической картины почек //The Scientific Heritage. – 2021. – №. 67-2. – С. 39-45.
8. Козлова Е. Ю., Борсуков А. В., Бекезин В. В. Применение современных методов ультразвукового исследования в диагностике заболеваний почек у детей и подростков (обзор) //Смоленский медицинский альманах. – 2021. – №. 2. – С. 29-34.
9. Мавлянов Ф. Ш. Прогнозирования функционального состояния почек после реконструктивных операций при обструктивных уропатиях у детей //. Дис. док.мед.наук Ташкент-2016.
10. Мавлянов Ф. Ш. Возможности методов визуализации уродинамики и функционального состояния почек при обструктивных уропатиях у детей //Журнал Биомедицины и практики. – 2018. – №. 1. – С. 4-9.
11. Мавлянов Ф. Ш. и др. Возможности УЗИ в оценке функционального состояния почек у детей с врожденными обструктивными уропатиями //Вопросы науки и образования. – 2019. – №. 33 (83).
12. Мавлянов Ф. Ш., Мавлянов Ш. Х. Факторы прогноза результатов лечения обструктивных уропатий у детей //Вестник науки и образования. – 2020. – №. 9-3 (87). – С. 80-85.

13. Нагибович О. А. и др. Возможности доплерографии в диагностике функционального почечного резерва //Medline. ru. Российский биомедицинский журнал. – 2018. – Т. 19. – №. 4. – С. 682-692.

14. Пыков, М. И., Ватолин, К. В., Быкова, Ю. К., & Милованова, О. А. (2015). Детская ультразвуковая диагностика: учебник / под ред. М.И. Пыкова. Видар-М, 2015.

15. Рустамова М. С., Шокиров Ю. А. Клиническая оценка ультразвукового исследования при различных стадиях хронической болезни почек //Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение биологических и медицинских наук. – 2018. – №. 4. – С. 96-104.

16. Abu-rahme M. et al. P0715 Superb microvascular imaging: an innovative ultrasound technique for early detection of kidney dysfunction and renal fibrosis //Nephrology Dialysis Transplantation. – 2020. – Т. 35. – №. 3. – С. 142.

17. Bamber J, Cosgrove D, Dietrich CF, et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: basic principles and technology. Ultraschall Med. 2013;34:169-184.

18. Barr RG, Nakashima K, Amy D, et al. WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: part 2: breast. Ultrasound Med Biol. 2015;41:1148-1160.

19. Cranston D., Leslie T., Ter Haar G. A Review of High-Intensity Focused Ultrasound in Urology //Cancers. – 2021. – Т. 13. – №. 22. – С. 5696.

20. Dias, T., Sairam, S., & Kumarasiri, S. (2014). Ultrasound diagnosis of fetal renal abnormalities. Best Practice & Research Clinical Obstetrics & Gynaecology, 28(3), 403-415.

21. Dickerson, E. C., Dillman, J. R., Smith, E. A., DiPietro, M. A., Lebowitz, R. L., & Darge, K. (2015). Pediatric MR urography: indications, techniques, and approach to review. Radiographics, 35(4), 1208-1230.

22. Franchi-Abella S, Elie C, Correas J-M. Ultrasound elastography: advantages, limitations and artefacts of the different techniques from a study on a phantom. Diagn Interv Imaging. 2013;94:497-501.

23. Gennisson J-L, Grenier N, Combe C, Tanter M. Supersonic shear wave elastography of in vivo pig kidney: influence of blood pressure, urinary pressure and tissue anisotropy. *Ultrasound Med Biol.* 2012;38: 1559-1567.
24. Ishikawa M. et al. Ultrasonography monitoring with superb microvascular imaging technique in brain tumor surgery // *World neurosurgery.* – 2017. – T. 97. – C. 749. e11-749. e20.
25. Mahmud S., Koratala A. Assessment of venous congestion by Doppler ultrasound: a valuable bedside diagnostic tool for the new-age nephrologist // *CEN Case Reports.* – 2021. – T. 10. – №. 1. – C. 153-155.
26. Martino P., Galosi A. B. (ed.). *Atlas of ultrasonography in urology, andrology, and nephrology.* – Springer, 2017. Pg.35
27. Morrison J. C. et al. Use of ultrasound in pediatric renal stone diagnosis and surgery // *Current urology reports.* – 2017. – T. 18. – №. 3. – C. 22.
28. Niyyar V. D., O'Neill W. C. Point-of-care ultrasound in the practice of nephrology // *Kidney international.* – 2018. – T. 93. – №. 5. – C. 1052-1059.
29. O'Neil, W.C. Renal Relevant Radiology: Use of Ultrasound in Kidney Disease and Nephrology Procedures [Text] / W.C. O'Neil // *Clinical Journal of the American Society of Nephrology.* – 2014 Feb. – Vol.9. – Issue 2. – P.373-381.
30. Petrucci I. et al. Ultrasound and color Doppler applications in chronic kidney disease // *Journal of nephrology.* – 2018. – T. 31. – №. 6. – C. 863-879.
31. Rowley K. J., Liss M. A. Systematic Review of Current Ultrasound Use in Education and Simulation in the Field of Urology // *Current urology reports.* – 2020. – T. 21. – №. 6. – C. 1-7.
32. Schneider AG, Hofmann L, Wuerzner G, et al. Renal perfusion evaluation with contrast-enhanced ultrasonography. *Nephrol Dial Transplant.* 2012;27:674-681
33. Soliman, N. A., Ali, R. I., Ghobrial, E. E., Habib, E. I., & Ziada, A. M. (2015). Pattern of clinical presentation of congenital anomalies of the kidney and urinary tract among infants and children. *Nephrology*, 20(6),(2019) 413-418.