

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ПОЧЕК У ДЕТЕЙ

DOI: 10.17691/stm2017.9.2.22

УДК 616.62–053.2/.5–073.48

Поступила 04.11.2015 г.

**В.В. Бекезин**, д.м.н., профессор, зав. кафедрой детских болезней¹;**Е.Ю. Козлова**, аспирант кафедры детских болезней¹;**Т.А. Плескачевская**, к.м.н., зав. педиатрическим отделением №1 стационара №1²;**А.В. Борсуков**, д.м.н., профессор, директор проблемной научно-исследовательской лаборатории «Диагностические исследования и малоинвазивные технологии»¹¹Смоленский государственный медицинский университет, Смоленск, 214019, ул. Крупской, 28;²Детская клиническая больница, Смоленск, 214000, ул. Октябрьской Революции, 16

Цель исследования — изучение возможностей использования комплексной ультразвуковой оценки состояния паренхиматозного слоя почек (методами эластографии сдвиговой волной и энергетического доплеровского картирования внутривисцеральных сосудов) в качестве ранней неинвазивной диагностики у детей, страдающих ожирением и метаболическим синдромом.

Материалы и методы. Ультразвуковое исследование почек проводили с использованием цифровой ультразвуковой портативной системы АНГИОДИН-Соно/П-Ультра (НПФ «БИОСС», Россия). Обследовано 42 ребенка, которым проведены эластография сдвиговой волной паренхиматозного слоя почек и оценка внутривисцеральных сосудов методом энергетического доплеровского картирования.

Результаты. У детей с ожирением и метаболическим синдромом определяется высокая частота регистрации 2, 3 и 4-го типов почечного кровотока, характеризующих его снижение. По результатам эластографии сдвиговой волной выявлены статистически значимые различия жесткости почечной паренхимы у детей с метаболическим синдромом и детей с ожирением, а также у детей с метаболическим синдромом и у детей контрольной группы (с нормальной массой тела). Показатель жесткости почечной паренхимы у детей с ожирением имел тенденцию к повышению ($p > 0,05$) по сравнению с детьми контрольной группы. Выявленные изменения показателей жесткости почечной паренхимы у детей с метаболическим синдромом могут свидетельствовать о вазоспазме на капиллярном уровне (клубочки почек), что в последующем может сопровождаться ремоделированием их сосудистой стенки, в том числе и на фоне системного повышения артериального давления. Это усиливает риск формирования порочного круга: ишемия паренхимы почек и активация юкта-гломерулярного аппарата ↔ сохранение и усиление артериальной гипертензии. У детей с ожирением и метаболическим синдромом режим энергетического доплера с применением стандартизированной схемы оценки позволяет более точно определить интенсивность почечного кровотока за счет высокой воспроизводимости методики.

Заключение. Комплексное использование современных методов ультразвуковой диагностики состояния почек (эластография сдвиговой волной + энергетическое доплеровское картирование) дает возможность выявить группу высокого кардиоваскулярного риска у детей с ожирением.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика почек; эластография сдвиговой волной; энергетическое доплеровское картирование почек; жесткость почечной паренхимы; метаболический синдром; почки.

Как цитировать: Bekezin V.V., Kozlova E.U., Pleskachevskaya T.A., Borsukov A.V. Modern possibilities of kidney ultrasound diagnosis in children. *Sovremennye tehnologii v medicine* 2017; 9(2): 170–177, <https://doi.org/10.17691/stm2017.9.2.22>

English

Modern Possibilities of Kidney Ultrasound Diagnosis in Children

V.V. Bekezin, MD, DSc, Professor, Head of the Department of Children's Diseases¹;**E.U. Kozlova**, PhD Student, Department of Children's Diseases¹;**T.A. Pleskachevskaya**, MD, PhD, Head of Pediatric Department No.1, Hospital No.1²;**A.V. Borsukov**, MD, DSc, Professor, Director of Problem Research Laboratory "Diagnostic Research and Minimally Invasive Technologies"¹

Для контактов: Бекезин Владимир Владимирович, e-mail: smolenskbvv@yandex.ru

¹Smolensk State Medical University, 28 Krupskaya St., Smolensk, 214019, Russian Federation;

²Children Clinical Hospital, 16 October Revolution St., Smolensk, 214000, Russian Federation

The aim of the investigation was to study the possibilities of complex ultrasonography (using shear wave elastography and power Doppler mapping of the intrarenal vessels) for evaluation of the renal parenchyma as a method of early non-invasive diagnosis in children suffering from obesity and metabolic syndrome.

Materials and Methods. Kidney ultrasound examination was performed using portable digital ultrasound system ANGIODIN-Sono/P-Ultra (BIOSS, Russia). Forty-two children were examined using shear wave elastography of the renal parenchyma and power Doppler mapping for evaluation of intrarenal vessels.

Results. Children with obesity and metabolic syndrome were found to have high frequency of registering renal blood flow types 2, 3, and 4 which characterize the decline in its intensity. According to shear wave elastography results, statistically significant differences in renal parenchymal stiffness were revealed in children with obesity and metabolic syndrome, children with metabolic syndrome and control group children (with normal body weight). Renal parenchymal stiffness value in children with obesity was likely to be higher ($p > 0.05$) than in control group children. The revealed changes in renal parenchymal stiffness values in children with metabolic syndrome may speak of vasospasm on the capillary level (the glomeruli), which can be followed by remodeling of the glomerular wall, particularly, against the background of systemic arterial hypertension. This increases the risk of vicious cycle formation: ischemia of the renal parenchyma and activation of juxtaglomerular apparatus \leftrightarrow persistence and exacerbation of arterial hypertension. In children with obesity and metabolic syndrome, the mode of power Doppler with a standardized evaluation scheme provides the possibility to identify the intensity of renal blood flow due to high reproducibility of the technique.

Conclusion. Complex use of modern renal ultrasound techniques (shear wave elastography + power Doppler mapping) gives the possibility to reveal the group of high cardiovascular risk in children with obesity.

Key words: renal ultrasound diagnosis; shear wave elastography; power Doppler mapping of the kidneys; renal parenchymal stiffness; metabolic syndrome; kidneys.

Ожирение и избыточная масса тела тесно ассоциированы с развитием метаболического синдрома, маркерами которого являются сахарный диабет 2-го типа, артериальная гипертензия (АГ), ранний атеросклероз, патология желудочно-кишечного тракта, репродуктивные нарушения, окислительный стресс [1–6]. Исследования последних лет показывают, что ожирение служит независимым фактором риска хронических почечных заболеваний. Инсулинорезистентность, гиперинсулинемия и дислипидемия, регистрируемые при метаболическом синдроме, способствуют развитию АГ. Гормонально-метаболические нарушения и АГ, в свою очередь, сказываются на структурно-функциональном состоянии почек и приводят к формированию гломерулупатии [7, 8].

Количественно оценить жесткость почечной ткани (повышение этого показателя говорит о начавшихся изменениях в паренхиме) можно с помощью нового метода ультразвуковой диагностики — эластографии сдвиговой волной [9]. Принцип действия метода основан на генерации в тканях сдвиговой волны и последующей оценке скорости ее распространения [10]. Метод эластографии сдвиговой волной на сегодняшний день используется в диагностике заболеваний печени, молочной железы, щитовидной железы [9, 11]. Встречаются лишь единичные исследования об использовании этого метода для диагностики заболеваний почек, указывающие на влияние различных факторов, в том числе и почечного кровотока, на скорость распространения сдвиговой волны [12]. В настоящее время для оценки состояния почечной гемодинамики используются метод цветного доплеровского картирования и его разновидности, получившие

название энергетического доплера. В режимах цветного и энергетического доплеровского картирования определяется диаметр сосудов, оценивается положение внутрипочечных сосудов, степень васкуляризации паренхимы почек [13, 14].

Энергетический доплер благодаря способности регистрировать низкоскоростные потоки превосходит цветовую доплерографию в визуализации нормальной внутрипочечной сосудистой сети и используется для выявления зон ишемии в почках [15, 16]. Проведение комплексного ультразвукового исследования почек в В-режиме, режиме эластографии сдвиговой волной и энергетического доплеровского картирования позволяет получить наиболее объективную картину, характеризующую структурно-функциональное состояние почек, а также диагностировать ренальные нарушения на начальных этапах развития.

Таким образом, оценить возможности современных методов ультразвуковой диагностики (эластография сдвиговой волной, энергетическое доплеровское картирование внутрипочечных сосудов) при различных патологических состояниях почек, особенно в детском возрасте, интересно с научной и практической точек зрения.

Цель исследования — изучение возможностей использования комплексной ультразвуковой оценки состояния паренхиматозного слоя почек (методами эластографии сдвиговой волной и энергетического доплеровского картирования внутрипочечных сосудов) в качестве ранней неинвазивной диагностики у детей, страдающих ожирением и метаболическим синдромом.

Материалы и методы. Обследовано 42 пациента в

возрасте от 11 до 17 лет, находившихся на стационарном лечении в педиатрическом отделении №1 Детской клинической больницы Смоленска в 2014–2015 гг. Антропометрические измерения включали определение массы тела (кг), роста (см), окружности талии (см), индекса массы тела. Общеклиническое обследование включало общие анализы крови и мочи. Биохимический анализ крови проводили на аппарате Hitachi 912 (Hitachi, Япония) с определением параметров липидного (общий холестерин, триглицериды, ЛПВП, ЛПНП, ЛПОНП) и углеводного (глюкоза) обменов, фибриногена и С-реактивного белка. Функции почек определяли по пробе Зимницкого, скорость клубочковой фильтрации — расчетным методом по формуле Шварца. Пероральный глюкозотолерантный тест выполняли на биохимическом автоматическом экспресс-анализаторе Innova Star (Diasys Diagnostic System, Германия). Экскрецию альбумина с мочой определяли полуколичественным анализом с помощью диагностической системы «Микроальбуфан» («Эрба Лахема», Чехия). Суточное мониторирование артериального давления осуществляли на аппарате ВРЛАВ (Россия).

В работе была использована классификация ожирения, основанная на перцентильных таблицах индекса массы тела, ее сопоставляли с полом и возрастом конкретного ребенка.

Все пациенты были разделены на три группы. В 1-ю группу вошли 14 детей и подростков с метаболическим синдромом. Согласно рекомендациям Международной федерации диабета (IDF, 2007), критериями включения в группу были наличие абдоминального ожирения, АГ, атерогенной дислипидемии (гипертриглицеридемия и/или снижение холестерина ЛПВП). Во 2-ю группу вошли 16 человек с первичным

неосложненным экзогенно-конституциональным ожирением. Контрольную группу составили 12 детей и подростков 2-й группы здоровья с нормальной массой тела. Дети всех групп не имели в анамнезе поражения мочевыделительной системы.

Исследование проведено в соответствии с Хельсинкской декларацией, принятой в июне 1964 г. (Хельсинки, Финляндия) и пересмотренной в октябре 2000 г. (Эдинбург, Шотландия), и одобрено Этическим комитетом Смоленского государственного медицинского университета. Информированное согласие получено от всех пациентов в возрасте 15–17 лет и от родителей пациентов, не достигших 15-летнего возраста, согласно Федеральному закону «Основы законодательства Российской Федерации об охране здоровья граждан» от 22 июля 1993 г. №54871.

При оценке антропометрических показателей была выявлена тенденция ($p > 0,05$) к более высоким показателям массы тела в группе детей с метаболическим синдромом по сравнению с детьми с ожирением. Аналогичная тенденция отмечена и относительно показателей индекса массы тела (табл. 1).

При оценке углеводного обмена в группе детей с метаболическим синдромом выявлен один случай показателей глюкозы крови, соответствующих нарушенной гликемии натощак. В целом различий по уровню гликемии у детей 1-й и 2-й групп не установлено. Анализ показателей липидного спектра продемонстрировал статистически значимое повышение триглицеридов у детей с метаболическим синдромом по сравнению с детьми с ожирением. Показатели средних уровней общего холестерина, ЛПВП, ЛПНП, коэффициента атерогенности статистически значимых различий не имели.

У всех детей с метаболическим синдромом отме-

Т а б л и ц а 1
Характеристика обследуемых групп

Показатели	1-я группа — с метаболическим синдромом (n=14)	2-я группа — с ожирением (n=16)	Контрольная группа — с нормальной массой тела (n=12)
Возраст, лет	13,5±3,7	13,2±2,6	12,8±4,7
Пол (абс. число/%):			
мальчики	8/57,1	8/50	5/41,7
девочки	6/42,9	8/50	7/58,3
Индекс массы тела	32,54±4,98 [^]	30,93±3,11 [^]	20,35±4,71
Окружность талии, см	94,0±11,79	86,46±8,04	73,66±5,50
Гликемия натощак, ммоль/л	5,32±0,64	5,27±0,41	4,97±0,39
Триглицериды, ммоль/л	1,58±0,08*	1,01±0,03	1,04±0,77
Суточное мониторирование артериального давления, абс. число/%:			
артериальная гипертензия лабильная	10/71,4	0/0	0/0
артериальная гипертензия стабильная	4/28,6	0/0	0/0

* — статистически значимые различия показателей у детей 1-й группы с детьми 2-й и контрольной групп, $p < 0,05$; [^] — у детей 1-й и 2-й групп с детьми контрольной группы, $p < 0,05$.

Таблица 2

Стандартизированная шкала оценки степени васкуляризации почек по данным доплерографии

Типы	Схема	Характеристика
0		В норме прослеживаются не менее 90% почечного синуса и структур паренхиматозного слоя почки (общая почечная артерия, сегментарные, междольковые, дуговые, междольковые сосуды)
1		При исследовании в режиме Gain определяются общая почечная артерия, сегментарные артерии; междольковые артерии сосудистого русла четко не оцениваются из-за слияния цветовых зон в одну зону с разнонаправленным турбулентным кровотоком
2		Минимальное снижение характеризуется визуализацией общей почечной артерии, сегментарных, междольковых и частично дуговых артерий (до 50% от всех дуговых сосудов), междольковые артерии не определяются
3		При умеренном снижении прослеживается общая почечная артерия, сегментарные, частично междольковые (до 50% от всех долевых), дуговые, междольковые артерии не определяются
4		При максимальном снижении определяются общая почечная артерия, частично сегментарные сосуды, междольковые, дуговые, междольковые артерии не определяются

чалась АГ I степени, высокого риска. По результатам суточного мониторинга артериального давления у 71,4% детей регистрировалась лабильная АГ, у 28,6% — стабильная.

Ультразвуковое исследование почек выполняли с использованием цифровой ультразвуковой портативной системы АНГИОДИН-Соно/П-Ультра (НПФ «БИОСС», Россия) электронным конвексным датчиком 3–6 МГц в положении больного лежа на животе. Проводили анатомическую оценку почек в В-режиме с определением размеров, расположения, контуров почек, экзогенности коркового слоя паренхимы.

Режим энергетического доплеровского картирования этой установки включал качественную оценку интенсивности кровотока в продольном сечении площади почек. Выполняли многоплоскостное сканирование с выведением в процессе исследования в зону оценки 4–5 сегментарных артерий, что повышает достоверность проводимого исследования. Такое выведение 4–5 артерий подразумевает многоплоскостное сканирование для получения визуализации сосудистого русла в течение одного ультразвукового исследования одним специалистом в течение 1–5 мин. Для оценки степени васкуляризации паренхимы почек у взрослых М. Bertolotto и соавт. в 2000 г. предложили пятибалльную шкалу оценки внутрипочечного кровотока: сохраненный кровоток до почечной капсулы оценивали в 4 балла с постепенным уменьшением его до 0 баллов, когда паренхиматозный кровоток не определялся. Для оценки степени васкуляризации паренхимы почек у детей в исследовании использовалась модифицированная

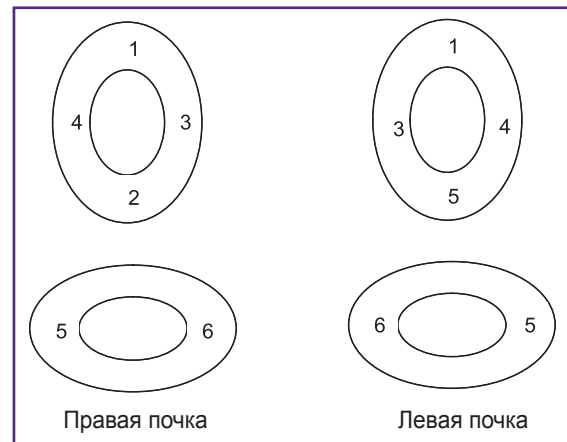


Рис. 1. Точки эластометрии паренхимы почек

пятибалльная шкала М. Bertolotto, предложенная А.В. Борсуковым с соавт. [17] (табл. 2). По данным энергетического доплеровского картирования был выделен 1-й тип кровотока у детей, при котором регистрируется его усиление, а при 2–4-м типах кровотока — уменьшение.

Эластографию сдвиговой волной паренхиматозного слоя почек проводили в 6 точках в продольном и поперечном сканировании. Выбор точек был обусловлен анатомическим строением почки (рис. 1). Технология сдвиговой волны — это количественная эластометрия с возможностью выбора зоны исследования. При оптимальном серошкальном исследовании почек в условиях хорошей и устойчивой визуализации

использовали режим эластометрии сдвиговой волной для определения цифрового значения жесткости в килопаскалях (кПа) исследуемого объема паренхимы почек. Регистрировали средний показатель жесткости, когда определяемое при этом отклонение было не более 30% от среднего значения [18]. На экране на фоне серошкального изображения в виде цветовой эластограммы кодировалась жесткость исследуемого отдела почечной паренхимы. Паренхима почек, характеризующаяся высокими показателями жесткости, картировалась в красной цветовой гамме, а с низкими показателями жесткости — в голубой цветовой гамме. На экране при этом регистрировался показатель жесткости в кПа.

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакетов прикладных программ Microsoft Excel 2000 и Statistica 7.0. Результаты представлены в виде средних значений и стандартного отклонения (для нормально распределенных признаков) и медианы и межквартильного интервала (для ненормально распределенных признаков). Статистическую значимость различий констатировали при $p < 0,05$.

Результаты. Данные эластографии сдвиговой волной (табл. 3) показали статистически значимые различия жесткости почечной паренхимы у детей с метаболическим синдромом и детей с ожирением, а

также у детей с метаболическим синдромом и детей контрольной группы. Показатель жесткости почечной паренхимы у детей с ожирением по сравнению с детьми контрольной группы имел тенденцию к повышению ($p > 0,05$). На рис. 2 представлены эхограммы почки ребенка контрольной группы и ребенка с метаболическим синдромом.

Корреляционный анализ параметров суточного мониторинга артериального давления — индекса времени систолического артериального давления и жесткости паренхимы почек по данным эластографии сдвиговой волной выявил наличие статистически значимой слабой прямой корреляционной связи между индексом времени систолического артериального давления (день) и жесткостью паренхимы почек у детей с метаболическим синдромом (табл. 4). При этом у детей с ожирением такая корреляционная связь была очень слабой.

При проведении качественной оценки кровотока почек в режиме энергетического доплеровского картирования по стандартизированной методике регистрировали следующие типы кровотока (табл. 5). Нормальный почечный кровоток (тип 0) отмечен у 2 детей 1-й группы, у 6 детей 2-й группы и у всех 12 детей контрольной группы.

На рис. 3 представлены эхограммы энергетического

Таблица 3

Показатели жесткости почечной паренхимы по данным эластографии сдвиговой волной у обследованных детей (Ме [25; 75])

Группы	Правая почка	Левая почка
1-я группа — с метаболическим синдромом (n=14)	45,55 [7,59; 95,88]*	35,08 [14,09; 55,03]*
2-я группа — с ожирением (n=16)	16,51 [9,43; 19,31]^	16,65 [9,83; 22,75]^
Контрольная группа — с нормальной массой тела (n=12)	11,11 [8,35; 13,2]	11,73 [7,03; 9,75]

* — статистически значимые различия показателей у детей 1-й и контрольной групп, $p < 0,05$; ^ — у детей 1-й и 2-й групп, $p < 0,05$.

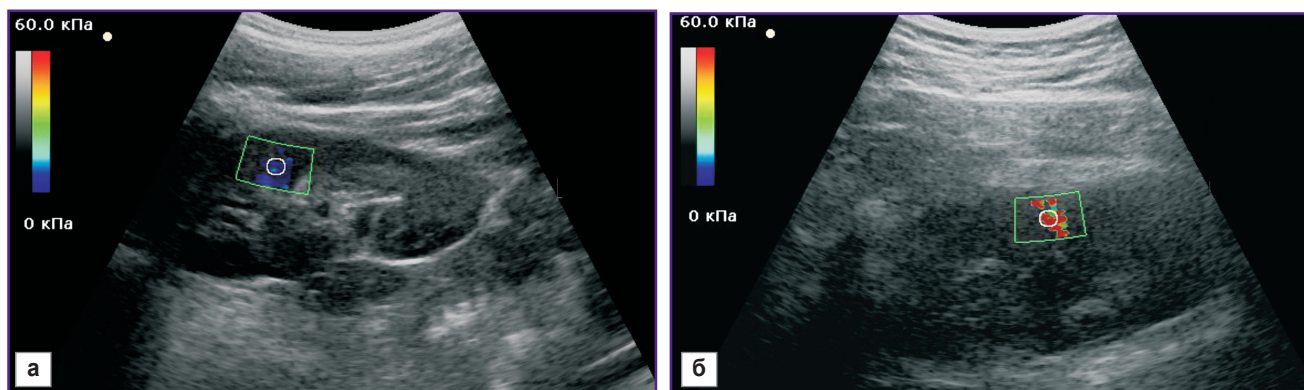


Рис. 2. Эластограммы паренхимы почки ребенка:

а — с нормальной массой тела (низкий показатель жесткости паренхимы); б — с метаболическим синдромом (высокий показатель жесткости паренхимы)

Таблица 4

Корреляционная связь между параметрами суточного мониторирования артериального давления и жесткостью паренхимы почек по данным эластографии сдвиговой волной у детей с метаболическим синдромом и ожирением ($p < 0,05$)

Параметры суточного мониторирования артериального давления, %	Эластичность паренхимы, кПа	
	Правая почка	Левая почка
1-я группа — с метаболическим синдромом (n=14)		
Индекс времени систолического артериального давления:		
сутки	0,16	0,14
день	0,36	0,31
ночь	Н/д	Н/д
2-я группа — с ожирением (n=16)		
Индекс времени систолического артериального давления:		
сутки	Н/д	Н/д
день	0,15	0,13
ночь	Н/д	Н/д

Примечание. Н/д — недостоверно.

Таблица 5

Встречаемость различных типов кровотока почек по данным энергетического доплеровского картирования у обследованных детей

Группы	Типы кровотока по стандартизированной шкале, абс. число/%					
	0	1	2	3	4	3 и 4
1-я группа — с метаболическим синдромом (n=14)	2/14,3	0/0	1/7,1	3/21,4	8/57,2	11/78,6 [^] *
2-я группа — с ожирением (n=16)	6/37,5*	0/0	4/25,0	3/18,75	3/18,75*	6/37,5*
Контрольная группа — с нормальной массой тела (n=12)	12/100	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0

* — статистически значимые различия показателей у детей 1-й и 2-й групп с детьми контрольной группы, $p < 0,05$; [^] — у детей 1-й и 2-й групп, $p < 0,05$.

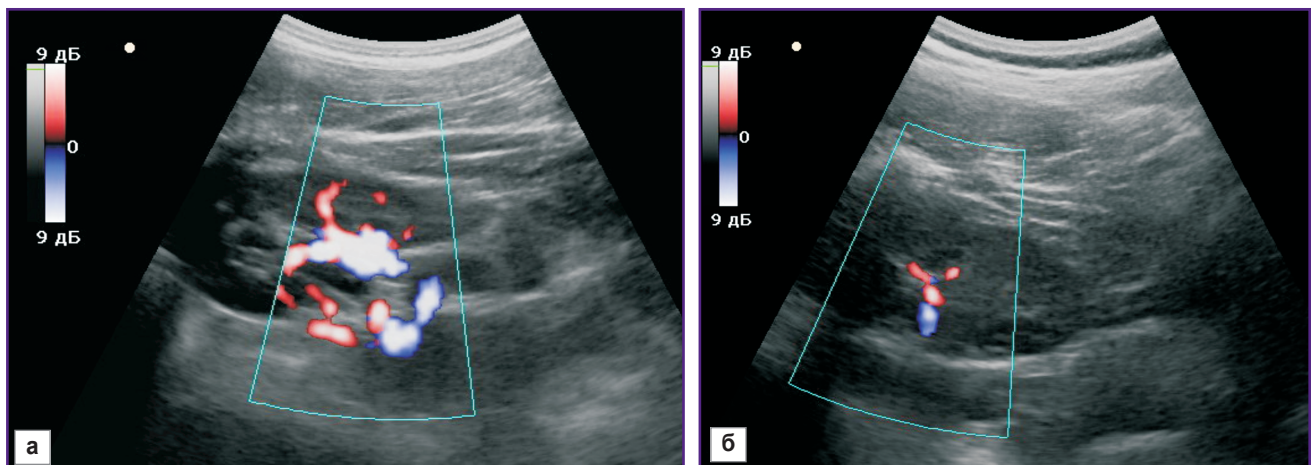


Рис. 3. Энергетическое доплеровское картирование внутривисочечных сосудов у детей:
 а — с нормальной массой тела (нормальное количество визуализируемых сосудов на всех уровнях артериального почечного русла); б — с метаболическим синдромом (резкое обеднение артериального сосудистого русла почки)

доплеровского картирования внутривисочечных сосудов у ребенка контрольной группы (тип 0) и ребенка с метаболическим синдромом (тип 4).

Обсуждение. Оценка состояния внутривисочечного кровотока — одного из важнейших участков системы кровообращения — является необходимой для выяв-

ления факторов риска сердечно-сосудистых осложнений. Роль почки в регуляции сосудистого тонуса и артериального давления значительна. Доказано, что АГ при метаболическом синдроме развивается на фоне гиперактивации ренин-ангиотензин-альдостероновой системы [7]. Жировая ткань человека продуцирует многие звенья этой системы: ангиотензин I, II, ренин, ангиотензиноген, рецепторы ангиотензина 1-го и 2-го типов, ангиотензинпревращающий энзим [3, 19]. При ожирении на фоне эндотелиальной дисфункции регистрируется избыточная продукция вазоконстриктивных факторов. Так, ангиотензин II вызывает следующие неблагоприятные эффекты: вазоконстрикцию, секрецию альдостерона, вазопрессина, норадреналина, задержку жидкости, пролиферацию гладкомышечных клеток, активацию симпатoadrenalовой системы. Действуя на почечные структуры, ангиотензин II вызывает их гипертрофию, гиперплазию. По мере увеличения частоты эпизодов повышения артериального давления и их длительности нарастает структурная перестройка сосудов, отмечается умеренная гипертрофия меди [20].

Выявленные в исследовании изменения показателей жесткости почечной паренхимы по данным эластографии сдвиговой волной у детей и подростков с метаболическим синдромом могут свидетельствовать о вазоспазме на капиллярном уровне (клубочки почек), что согласуется и с результатами энергетического доплеровского картирования, которые говорят о снижении внутривисцерального кровотока. В последующем это может сопровождаться ремоделированием сосудистых стенок почек, в том числе и на фоне системного повышения артериального давления у детей с ожирением. В итоге увеличивается риск формирования порочного круга: ишемия паренхимы почек и активация юкста-гломерулярного аппарата ↔ сохранение и усиление АГ. Данное рассуждение основано на непрямых методах оценки структурных изменений в почках. Использование прямых методов исследования в виде ангиографии и биопсии почек у детей резко ограничено, они назначаются по жизненным показаниям. Поэтому неинвазивные методы диагностики в педиатрической практике приобретают особую актуальность.

Заключение. У детей и подростков с ожирением и метаболическим синдромом целесообразно проводить комплексное ультразвуковое исследование паренхимы почек. Пациентов с ожирением, имеющих высокие показатели жесткости паренхимы почек по данным эластографии сдвиговой волной и снижение интрависцерального кровотока по результатам энергетического доплеровского картирования, следует относить к группе высокого риска по формированию маркеров метаболического синдрома, включая артериальную гипертензию. Выявленные структурно-функциональные изменения со стороны почек у детей и подростков с ожирением и метаболическим синдромом свидетельствуют о необходимости назначения в

комплексном лечении курсов метаболической терапии: эндотелиопротекторных препаратов (антиоксиданты и др.), препаратов, улучшающих микроциркуляцию (антиагреганты и др.).

Финансирование исследования и конфликт интересов. Исследование не финансировалось какими-либо источниками, и конфликты интересов, связанные с данным исследованием, отсутствуют.

Литература/References

1. Бекезин В.В., Козлова Л.В., Коваленко О.М., Леонов С.Д., Федоров Г.Н., Пересецкая О.В. Особенности свободнорадикального окисления у детей и подростков с ожирением и метаболическим синдромом. Профилактическая и клиническая медицина 2009; 2: 49–53. Bekezin V.V., Kozlova L.V., Kovalenko O.M., Leonov S.D., Feodorov G.N., Peresetskaya O.V. Features of free radical oxidation in children and adolescents with obesity and metabolic syndrome. *Profilakticheskaya i klinicheskaya meditsina* 2009; 2: 49–53.
2. Бокова Т.А. Этиопатогенез метаболического синдрома у детей. Лечение и профилактика 2011; 1: 50–55. Bokova T.A. Etiopathogenesis of metabolic syndrome in children. *Lechenie i profilaktika* 2011; 1: 50–55.
3. Дедов И.И., Мельниченко Г.А., Бутрова С.А. Жировая ткань как эндокринный орган. Ожирение и метаболизм 2006; 1: 6–13. Dedov I.I., Mel'nichenko G.A., Butrova S.A. Fat tissue as an endocrine organ. *Ozhirenie i metabolizm* 2006; 1: 6–13.
4. Павловская Е.В., Каганов Б.С., Строкова Т.В. Ожирение у детей и подростков — патогенетические механизмы, клинические проявления, принципы лечения. Международный журнал педиатрии, акушерства и гинекологии 2013; 3(2): 67–79. Pavlovskaya E.V., Kaganov B.S., Strokova T.V. Obesity in children and adolescents: pathogenic mechanisms, clinical manifestations, treatment approaches. *Mezhdunarodnyy zhurnal pediatrii, akusherstva i ginekologii* 2013; 3(2): 67–79.
5. Петеркова В.А., Васюкова О.В. К вопросу о новой классификации ожирения у детей. Проблемы эндокринологии 2015; 61(2): 39–44. Peterkova V.A., Vasyukova O.V. About the new classification of obesity in the children and adolescents. *Problemy endokrinologii* 2015; 61(2): 39–44.
6. Шилов А.М., Авшалумов А.Ш., Синицина Е.Н., Еремина И.В. Коррекция факторов риска у пациентов с избыточной массой тела, сочетающейся с инсулинорезистентностью и артериальной гипертензией. Русский медицинский журнал 2011; 19(13): 805–811. Shilov A.M., Avshalumov A.Sh., Sinitsina E.N., Eremina I.V. Risk factor correction in overweight patients with insulin resistance and arterial hypertension. *Russkiy meditsinskiy zhurnal* 2011; 19(13): 805–811.
7. Ивашкин В.Т., Драпкина О.М., Корнеева О.Н. Клинические варианты метаболического синдрома. М: Издательство «Медицинское информационное агентство»; 2012; 216 с. Ivashkin V.T., Drapkina O.M., Korneeva O.N. *Klinicheskie varianty metabolicheskogo sindroma* [Clinical variants of metabolic syndrome]. Moscow: Izdatel'stvo "Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo"; 2012; 216 p.
8. Palm F., Nordquist L. Renal oxidative stress,

oxygenation, and hypertension. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2011; 301(5): R1229–R1241, <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00720.2010>.

9. Зыкин Б.И., Постнова Н.А., Медведев М.Е. Эластография: анатомия метода. Променевая диагностика, променевая терапия 2012; 2–3: 107–113. Zykin B.I., Postnova N.A., Medvedev M.E. Elastography: method anatomy. *Promeneva diagnostika, promeneva terapiya* 2012; 2–3: 107–113.

10. Руденко О.В., Сафонов Д.В., Рыхтих П.И., Гурбатов С.Н., Романов С.В. Физические основы эластографии. Часть 2. Эластография на сдвиговой волне (лекция). Радиология — практика 2014; 4: 62–71. Rudenko O.V., Safonov D.V., Rykhtik P.I., Gurbatov S.N., Romanov S.V. Physical bases of elastography. Part 2. Shear wave elastography (lecture). *Radiologiya — praktika* 2014; 4: 62–71.

11. Борсуков А.В., Крюковский С.Б., Покусаева В.Н., Никифоровская Е.Н., Перегудов И.В., Морозова Т.Г. Эластография в клинической гепатологии (частные вопросы). Смоленск: Смоленская городская типография; 2011; 276 с. Borsukov A.V., Kryukovskiy S.B., Pokusaeva V.N., Nikiforovskaya E.N., Peregudov I.V., Morozova T.G. *Elastografiya v klinicheskoy gepatologii (chastnye voprosy)* [Elastography in clinical hepatology (specific issues)]. Smolensk: Smolenskaya gorodskaya tipografiya; 2011; 276 p.

12. Bob F., Bota S., Sporea I., Sirlu R., Petrica L., Schiller A. Kidney shear wave speed values in subjects with and without renal pathology and inter-operator reproducibility of acoustic radiation force impulse elastography (ARFI) — preliminary results. *PLoS One* 2014; 9(11): e113761, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113761>.

13. Глазун Л.О., Полухина Е.В. Ультразвуковая диагностика заболеваний почек. М: Видар; 2014; 296 с. Glazun L.O., Polukhina E.V. *Ul'trazvukovaya diagnostika zabolevaniy pochek* [Ultrasound diagnosis of kidney diseases]. Moscow: Vidar; 2014; 296 p.

14. Полещук Л.А. Характеристика почечной гемодинамики у детей с заболеваниями почек (обзор литературы). Нефрология и диализ 2006; 8(3): 225–231. Poleshuk L.A.

The characteristic of renal blood flow at children with kidney diseases (review). *Nefrologiya i dializ* 2006; 8(3): 225–231.

15. Bude R.O., Rubin J.M., Adler R.S. Power versus conventional color Doppler sonography: comparison in the depiction of normal intrarenal vasculature. *Radiology* 1994; 192(3): 777–780, <https://doi.org/10.1148/radiology.192.3.8058946>.

16. Babcock D.S., Patriquin H., LaFortune M., Dauzat M. Power Doppler sonography: basic principles and clinical applications in children. *Pediatr Radiol* 1996; 26(2): 109–115, <https://doi.org/10.1007/bf01372087>.

17. Борсуков А.В., Бекезин В.В., Козлова Е.Ю. Стандартизация качественной оценки доплерографии почек у детей с ожирением и метаболическим синдромом. Вестник Смоленской государственной медицинской академии 2015; 14(2): 34–37. Borsukov A.V., Bekezin V.V., Kozlova E.U. Standardization of quality evaluation of Doppler ultrasonography of the kidneys in children with obesity and metabolic syndrome. *Vestnik Smolenskoy gosudarstvennoy meditsinskoj akademii* 2015; 14(2): 34–37.

18. Дынник О.Б., Линская А.В., Кобыляк Н.Н. Сдвигово-волновая эластография и эластометрия паренхимы печени (методические аспекты). Променевая диагностика, променевая терапия 2014; 1–2: 73–82. Dynnik O.B., Linskaya A.V., Kobylyak N.N. Shear wave elastography and liver parenchyma elastometry (methodological issues). *Promeneva diagnostika, promeneva terapiya* 2014; 1–2: 73–82.

19. Шестакова М.В. Активность ренин-ангиотензиновой системы (РАС) жировой ткани: метаболические эффекты блокады РАС. Ожирение и метаболизм 2011; 1: 21–25. Shestakova M.V. Activity of the adipose tissue angiotensin-renin system (RAS): metabolic effects of RAS blockage. *Ozhirenie i metabolizm* 2011; 1: 21–25.

20. Назаренко Г.И., Хитрова А.Н., Краснова Т.В. Современные медицинские технологии и доплерографические исследования в уронефрологии. М: Медицина; 2002; 152 с. Nazarenko G.I., Khitrova A.N., Krasnova T.V. *Sovremennye meditsinskie tekhnologii i dopplerograficheskie issledovaniya v uronefrologii* [Modern medical technologies and Doppler sonography in uronephrology]. Moscow: Meditsina; 2002; 152 p.