

УДК 616.61-005+616-073.173+612.15
<https://doi.org/10.56871/CmN-W.2026.33.60.002>

Почечная гемодинамика в норме и при патологии

Ирина Игоревна Иванова¹, Наталья Юрьевна Коваль²

¹ Тверской государственный медицинский университет, 170100, г. Тверь, ул. Советская, д. 4, Российская Федерация

² Детская городская клиническая больница № 1, 170100, г. Тверь, ул. Рыбацкая, д. 7, Российская Федерация

Для цитирования: Иванова И.И., Коваль Н.Ю. Почечная гемодинамика в норме и при патологии. *Children's Medicine of the North-West*. 2026;14(2):26–39. <https://doi.org/10.56871/CmN-W.2026.33.60.002>.

Поступила: 04.02.2026

Одобрена: 09.04.2026

Принята к печати: 30.06.2026

РЕЗЮМЕ. Почки являются одним из наиболее активно кровоснабжаемых органов. Современные методы визуализации позволяют диагностировать изменения кровотока на уровне как крупных, так и средних и даже мелких сосудов. Оценку проводят на основе скоростных (максимальная систолическая, минимальная диастолическая скорость), а также расчетных показателей (индекс резистентности, пульсационный индекс, систоло-диастолическое соотношение). Последние отражают в первую очередь периферическое сопротивление сосудов. Цель исследования – обобщить данные публикаций, отражающих ренальную гемодинамику у здоровых людей разного возраста и ее изменения при различных заболеваниях. В обзор включены отечественные и зарубежные публикации за период 2014–2026 гг. Приведены нормативы скоростных и расчетных характеристик почечного кровотока для людей разного возраста. Установлено, что у взрослых абсолютные значения скоростных показателей выше, чем у детей; скорость кровотока уменьшается по направлению к мелким сосудам. Изменения характеристик почечного кровотока имеют разную степень выраженности и носят разноплановый характер при разных заболеваниях, во многом зависят от стадии процесса. Приведены данные по изменению характеристик почечной гемодинамики при пиелонефрите, гломерулонефрите, тубулоинтерстициальном нефрите, соматических и других заболеваниях. Рассмотрены варианты локального, диффузного и парциального обеднения кровотока, а также изменения индексов периферического сопротивления. Показано, что наиболее чувствительный доплерографический критерий начальной стадии нефросклероза – снижение конечной диастолической скорости. Оценка ренального кровотока важна для понимания процессов, происходящих в почках, выбора рациональной тактики лечения и определения прогноза течения патологического процесса.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: почечная гемодинамика, скорость кровотока, индекс резистентности, пульсационный индекс, систоло-диастолическое соотношение, максимальная систолическая скорость

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

✉ Ирина Игоревна Иванова. E-mail: ivanovaii@tvgm.ru

© Иванова И.И., Коваль Н.Ю., 2026

Review

<https://doi.org/10.56871/CmN-W.2026.33.60.002>

Renal hemodynamics in normal and pathological conditions

Irina I. Ivanova¹, Natalia Yu. Koval²

¹ Tver State Medical University, 4 Sovetskaya str., Tver, 170100, Russian Federation

² Children's City Clinical Hospital No. 1, 7 Rybatskaya str., Tver, 170100, Russian Federation

For citation: Ivanova I.I., Koval N.Yu. Renal hemodynamics in normal and pathological conditions. *Children's Medicine of the North-West*. 2026;14(2):26–39. (In Russ.). <https://doi.org/10.56871/CmN-W.2026.33.60.002>.

Received: 04.02.2026

Revised: 09.04.2026

Accepted: 30.06.2026

ABSTRACT. The kidneys are one of the most actively blood-supplied organs. Modern imaging methods allow for the diagnosis of changes in blood flow at the level of both large and medium-sized vessels, and even small vessels. The assessment is based on velocity indicators (maximum systolic and minimum diastolic velocities), as well as calculated indicators (resistance index, pulsation index, and systolic-diastolic ratio). These indicators primarily reflect peripheral vascular resistance. The purpose of this study is to summarize the data from publications that reflect renal hemodynamics in healthy individuals of different ages and its changes in various diseases. The review includes domestic and foreign publications for the period 2014–2026. The review presents the standards for the speed and calculated characteristics of renal blood flow for people of different ages. It is shown that the absolute values of speed indicators are higher in adults than in children, and the blood flow rate decreases towards the smaller vessels. The changes in the characteristics of renal blood flow vary in severity and are diverse in nature, depending on the stage of the disease. The article presents data on changes in renal hemodynamics in cases of pyelonephritis, glomerulonephritis, tubulointerstitial nephritis, and other somatic and infectious diseases. The article discusses the variants of local, diffuse, and partial depletion of blood flow, as well as changes in peripheral resistance indices. It has been shown that the most sensitive Doppler ultrasonographic criterion of the initial stage of nephrosclerosis is a decrease in the end-diastolic velocity. The assessment of renal blood flow is important for understanding the processes occurring in the kidneys, choosing a rational treatment strategy, and determining the prognosis of the pathological process.

KEYWORDS: renal hemodynamics, blood flow rate, resistance index, pulsation index, systolic-diastolic ratio, maximum systolic rate

Funding. This study was not supported by any external sources of funding.

✉ Irina I. Ivanova. E-mail: ivanovaii@tvgmu.ru

© Ivanova I.I., Koval N.Yu., 2026

Работа врача нередко требует понимания состояния ренального кровотока у пациентов, особенно с патологией мочевыделительной системы. Результаты ультразвуковых исследований (УЗИ) зачастую содержат числовую информацию, которая не является легкодоступной для интерпретации в широкой практике и требует специальных знаний.

Цель данной статьи — помочь врачам разных специальностей правильно оценить результаты УЗИ почек, соотнести их с процессами, происходящими в мочевыделительной системе.

Для написания литературного обзора выполнен поиск и анализ научных публикаций, индексированных в базах данных eLIBRARY, PubMed, Cyberleninka и других за период 2014–2026 гг. В ряде случаев использованы более ранние публикации, имеющие приоритет или историческую ценность.

Почки — один из наиболее васкуляризированных соматических органов человека. Весь объем циркулирующей крови (для взрослого это в среднем 4–5 л) проходит через них за 5 минут. Этот процесс повторяется многократно в течение суток, в результате образуется 170–200 л первичной мочи и 1,5–2 л вторичной [1, 2]. Кровоснабжение почек составляет 22% сердечного выброса или 1100–1200 мл/мин. Длина почечных капилляров достигает 25 км, протяженность всех сосудов — в несколько раз больше. Безусловно, только при нормальном функционировании сосудистого компонента почки могут полноценно работать.

Главными приносящими сосудами, участвующими в кровоснабжении органов, являются правая и левая почечные артерии, отходящие непосредственно от аорты. У 12–22% людей указанные артерии с одной стороны могут быть представлены не одним ответвлением, а двумя, то есть имеются aberrantные сосуды [3–5]. В литературе встречаются интересные данные о зависимости диаметра почечных артерий от типа телосложения людей. Так, у астеников диаметр просветов устьев отмечен в интервале от 2,67 до 4,18 мм, у нормостеников — от 4,18 до 6,76 мм, у гиперстеников — от 6,76 до 11,1 мм (данные для взрослых пациентов) [6].

Почечные артерии разделяются на сегментарные, чаще всего их пять. Затем идут междольевые, дуговые и междольковые сосуды. Последние небольшие по диаметру, в широкой повседневной практике оценка кровотока в них нередко представляет затруднения. Дуговые почечные артерии встречаются не у всех людей, в 22% случаев они отсутствуют [4, 5]. Вены почек имеют аналогичное строение, кровотоки по ним идет в обратном на-

правлении. В стенках крупных и средних артерий содержится мышечный слой, в мелких его нет. Сосудистое сопротивление во многом определяется диаметром сосудов, который является переменной величиной. Он может меняться за счет сокращения мышц, под воздействием нейрогуморальных, механических и прочих факторов, гипертрофии мышечных клеток, пролиферативных, воспалительных и других патологических процессов.

Изначально ультразвуковые технологии позволяли оценить только морфологию почек. Современные методы диагностики создали возможности для определения почечной гемодинамики на уровне крупных, средних и даже мелких сосудов. Цветовое доплеровское картирование помогает выявить направление тока крови по сосудам почек и визуализировать потоки. Энергетический доплер позволяет определять ренальный кровоток в сосудах небольшого калибра, где его скорости невысоки. Импульсная доплерометрия дополняет предыдущие методики количественными характеристиками ренального кровотока. Критерий сохранного кровотока — хорошо выраженное сосудистое дерево [2, 4, 7].

Для анализа ренальной гемодинамики используют абсолютные и расчетные показатели. К первым относятся максимальная систолическая (МСС), конечная и минимальная диастолическая скорости, средняя скорость кровотока. Измерение данных показателей и результат зависят от угла расположения датчика по отношению к сосуду, что определяется особенностями проведения исследования, опытом врача, массо-ростовым соотношением обследуемого и пр. На скорость тока крови в почках влияют ударный объем сердца, в меньшей степени — свойства стенки сосудов и реологические характеристики жидкости [8]. Минимальный диастолический поток напрямую зависит от уровня гломерулярной фильтрации [1, 9, 10]. Кровоток в магистральных почечных венах рекомендуется оценивать в фазу неполного спокойного выдоха на фоне физиологической задержки дыхания, что вносит возрастные ограничения, так как дети раннего возраста не способны выполнять команды врача [11]. Скорости в мелких сосудах не изменяются по фазам сердечного цикла, они низкие, что способствует полноценному осуществлению обменных процессов в организме. Ряд авторов считают, что лучше всего почечную гемодинамику характеризует состояние кровотока в сегментарных артериях, другие — в междольевых и дуговых [12, 13].

К расчетным показателям относится серия общепринятых индексов, расположение датчика в

момент исследования оказывает на них минимальное влияние. Чаще всего используют следующие индексы [2, 7, 13].

- Индекс резистентности (Pourcelot index, индекс Пурсело, RI, IP) — отношение разности максимальной систолической и конечной диастолической скорости к МСС. По данным большинства авторов, для взрослых он в норме составляет 0,6–0,7, хотя в некоторых работах в качестве нормы встречаются значения 0,56–0,7 [4, 7]. Данный индекс отражает разницу между систолой и диастолой: чем выше индекс, тем больше разница. Диастолическая скорость обычно примерно в 2 раза ниже систолической. IP зависит от сопротивления сосудов, а также от баланса сопротивления и податливости сосудов [13, 14].
- Пульсационный индекс (Goesling index, индекс Геслинга, PI, ПИ) — отношение разности максимальной систолической и конечной диастолической скорости к средней скорости. Он более вариабелен, чем IP. По сведениям большинства авторов, его норма 1,0–1,5, хотя в некоторых работах указан интервал 0,7–1,4 [4, 7].
- Систола-диастолическое соотношение (Stuart index, индекс Стюарта, S/D) — отношение максимальной систолической к конечной диастолической скорости. В норме оно составляет для взрослых 2,5–3,5, для детей — 1,8–3,0 [4, 7, 14]. Клиническую ценность индексов исследователи оценивают по-разному: одни отдают предпочтение как более точному IP, другие — ПИ [8, 15, 16].

У здорового человека скорость кровотока в почках, как и во всех других органах организма, при переходе от более крупных сосудов к более мелким постепенно уменьшается [4, 7, 15, 17]. Это правило справедливо как для взрослых, так и для детей. Оно отражается в первую очередь на показателе МСС кровотока. В почечной артерии пиковая систолическая скорость у взрослого находится в пределах 70–120 см/с, по мнению других авторов — 60–100 см/с [4, 7]. По утверждению Е.Б. Ольховой, у детей 7–15 лет в магистральных и сегментарных артериях почек МСС составляет в среднем 75,9 и 41,4 см/с соответственно. При уменьшении диаметра сосудов она снижается до 27,2 см/с [15]. Исследователи из Ташкента представляют схожую информацию: у здоровых детей школьного возраста скорость в почечной артерии составляет 81,7–83,6 см/с, в сегментарной — 47,1–48,3 см/с, в междолевой — 27,9–29,0 см/с [17]. По сведениям

М.И. Пыкова, МСС в междолевых, дуговых, междольковых артериях равна 25, 15 и 10 см/с соответственно, в венах колеблется от 15 до 30 см/с [7]. Г.А. Розыходжаева и соавт. считают, что скоростные показатели снижаются примерно на 30% от почечной артерии к сегментарной и еще на 30% от сегментарной артерии к междолевой [17].

У детей выявлена четкая зависимость МСС реального кровотока от возраста: чем больше возраст ребенка, тем выше скорость. Для школьников в качестве нормативных предлагаются значения МСС 50–120 см/с, для детей раннего возраста — 40–90 см/с [7, 12]. По данным Е.Б. Ольховой, в магистральных сосудах эта скорость равна 75,9 см/с для школьников и 70,4 см/с для детей 3–6 лет. Скоростные характеристики тока крови в более мелких сосудах у детей 3–6 лет также ниже, чем у подростков, и составляют 32 и 29 см/с в сегментарных и междолевых артериях соответственно [15].

Некоторые авторы указывают на различия в скорости кровотока в разных почках. По данным Л.Н. Елисеевой и соавт., МСС тока крови в правой магистральной артерии выше, чем в левой, и составляет у лиц молодого возраста 88,4 и 83,2 см/с справа и слева соответственно. Минимальная систолическая скорость (МиСС) была также более высокой в правой почке: 35,7 и 32,3 см/с справа и слева соответственно. В отношении максимальной венозной скорости наблюдалась обратная закономерность: она выше в левой почке (23,9 и 26,5 см/с). Минимальная венозная скорость зафиксирована несколько выше в правой почке (8,8 и 7,9 см/с) [18].

Расчетные индексы отражают в первую очередь периферическое сопротивление сосудов. Они, как и скорости, также уменьшаются по направлению к мелким сосудам. По данным Е.Б. Ольховой, у детей 7–15 лет IP в магистральных, сегментарных, междолевых артериях почек составлял 0,660, 0,626, 0,592 соответственно; ПИ — 1,20, 1,07 и 0,97 в аналогичных сосудах [15]. Если на уровне магистральных сосудов IP обычно находится в пределах 0,6–0,7, то на уровне междольковых артерий он равен 0,54 [4]. По мнению М.И. Пыкова, у здоровых детей в сосудах разного диаметра индексы, характеризующие периферическое сопротивление, изменяются не столь существенно, как скоростные показатели [7].

Расчетные индексы у здоровых людей зависят не только от калибра сосудов, но и от возраста пациентов: с возрастом у детей IP и ПИ уменьшаются. Так, от 1 года до 18 лет IP в норме снижается с 0,68 до 0,62, ПИ — с 1,19 до 1,08, S/D — с 3,13 до 2,65 [7].

У детей раннего возраста резистивные показатели артериального кровотока выше, чем у школьников, что обусловлено более высоким периферическим сопротивлением. Максимальные значения ИР отмечены у младенцев в возрасте 7 дней – 3 месяцев жизни, он остается умеренно повышенным у детей до 7 лет, а к 8–10 годам приближается по своим значениям к показателям взрослых [13, 15, 16]. У новорожденных 2–6 суток жизни, по мнению одних авторов, ИР низкий [15], по мнению других – высокий, достигает 0,8–0,85 [7]. Считается, что снижение сосудистого сопротивления у детей по мере роста отражает процесс созревания почек. В дальнейшем у взрослых ИР повышается с течением времени. Так, ИР для междольковых артерий в норме составляет 0,573 для людей 20–30 лет, 0,618 – в 40–50 лет и 0,781 – в 70–80 лет [7]. Это, в свою очередь, может быть обусловлено появлением склеротических изменений в почках.

В норме ренальный кровоток прослеживается во все фазы сердечного цикла, что связано с низким периферическим сопротивлением и отражается в низких значениях резистивных показателей. Он активнее в систолу, немного слабее в диастолу [12, 15].

На оценку почечной гемодинамики влияет масса тела человека. У полных и очень полных людей при УЗИ оценить характеристики сосудистого компонента нередко бывает затруднительно [19, 20]. Скорость ренального кровотока изменяется при гипергидратации организма, особенно у детей, что необходимо учитывать при оценке ультразвуковых показателей. Это ситуации, требующие массивной инфузионной терапии, сопровождающиеся выраженными отеками и т.п. У этих пациентов в такой период скоростные показатели возрастают.

С учетом активной роли сосудистого компонента в функционировании почек он не может не изменяться при возникновении различных заболеваний данного органа. Ряд авторов для оценки степени васкуляризации почки используют шкалу с пятью типами кровотока. Вариант 0 является нормой, при нем прослеживается не менее 90% всех почечных сосудов, включая междольковые. При 1–4-м типах отмечается все большее снижение количества видимых при УЗИ сосудов. Так, при 2-м типе определяются до 50% дуговых артерий, междольковые не видны. При 4-м типе видны только общая почечная артерия и частично сегментарные [19].

Выделены три основных варианта патологических изменений ренального кровотока [15]: локальное, диффузное и парциальное обеднение. В первом

случае определяется ограниченная зона обеднения сосудистого рисунка в почке. Это обусловлено локальным воспалительным, инфильтративным, склеротическим процессом или травматическим повреждением, в том числе при ятрогенном воздействии в результате забора биопсийного материала, наблюдается в зоне опухоли с гиповаскуляризацией, в очаге деструкции, при разрыве органа.

Диффузное обеднение сосудистого рисунка встречается при распространенных поражениях паренхимы, что характерно для гломерулонефритов (ГН), рефлюкс-нефропатии, нефросклероза, гипоплазии почки и т.п. О парциальном обеднении ренального сосудистого рисунка следует говорить в случае резко выраженного его обеднения в кортикальном слое паренхимы и сохранении в медулярном слое.

В литературе встречаются сведения об изменении почечной гемодинамики при различных заболеваниях почек. При пиелонефрите (ПН) подчеркивается зависимость ренальной гемодинамики в большей степени от фазы процесса, чем от диаметра сосудов. Так, при выраженном увеличении кровенаполнения органа (фаза гиперемии) все скорости возрастают, ИР уменьшается. При отеке почки, сопровождающемся выраженной вазоконстрикцией, скорости падают, ИР, особенно на периферии органа, возрастает, мелкие сосуды могут не визуализироваться [2, 7].

По мнению других авторов, скоростные и резистентные показатели изменяются однонаправленно. Е.Н. Логинова и соавт. считают, что МСС, ИР, ПИ у пациентов в ранние сроки после обострения ПН повышены прежде всего на уровне стволых и сегментарных артерий почек, МиСС при этом увеличены незначительно. В почечной вене регистрировалось ускорение кровотока не только в фазу диастолы, но и в фазу систолы, что, по мнению исследователей, является доплерографическим маркером локальной венозной гипертензии. Она обусловлена артериовенозным шунтированием крови, повышением системного давления или увеличением объемного кровотока [21].

А.Н. Узунова и соавт. отмечают, что у детей с хроническим вторичным ПН в патологический процесс вовлекаются преимущественно сосуды среднего калибра, что проявляется снижением в них индексов периферического сопротивления. Объяснение такого явления исследователи видят в развитии периферической компенсаторной вазодилатации в почках и также в функционировании артериовенозных шунтов [22].

При ряде заболеваний почек происходит шунтирование крови через сосуды юкстамедуллярного аппарата, минуя клубочки. При этом большая часть артериальной крови попадает в вены, обходя корковый слой, что усугубляет его ишемию. Об этом свидетельствуют сохранение высоких значений скоростных показателей на уровне крупных артерий и вен в сочетании с резким падением скорости в дуговых артериях до 7–11 см/с, снижением ИР менее 0,6 (до 0,4–0,55) в этих же артериях, что указывает на резкое уменьшение периферического сопротивления и обеднение кровотока на периферии [7, 21].

При ГН некоторые авторы отмечают «отсутствие гармонии» в показателях почечного кровотока. При этом ИР, ПИ могут иметь разнонаправленные изменения, но обычно укладываются в референсные значения [7]. В других исследованиях встречаются порою противоречивые данные в отношении изменения кровотока при ГН. Есть сведения, что ИР повышается в дуговых и на уровне мелких внутривисцеральных артерий свыше 0,7, в более крупных сосудах показатели кровотока могут оставаться в норме [7, 23, 24]. Существует мнение, что ИР, наоборот, повышается в крупных артериях и снижается в междольковых и дуговых [25, 26].

Некоторые авторы уточняют, что кровоток различается у больных с разными формами ГН. Так, при нефротическом синдроме в активную фазу в крупных артериях (преимущественно в стволе почечной артерии) максимальная систолическая и средняя скорость, ИР повышаются, конечная диастолическая скорость не меняется. В мелких артериях кровотока не страдает или отмечается снижение ИР на уровне дуговой артерии. У пациентов с гематурической формой ГН регистрируется уменьшение конечной диастолической скорости и повышение ИР, МСС остается в норме [25, 27].

Исследователи обращают внимание на разные типы нарушений гемодинамики при различных морфологических вариантах ГН. Так, у пациентов с мезангиопролиферативными изменениями и фокально-сегментарным гломерулосклерозом выявлено повышение периферического сопротивления и соответствующих индексов на уровне крупных артерий (почечные, сегментарные), что чаще сопровождалось морфологическими изменениями тубулоинтерстициальной ткани. При указанном варианте гломерулосклероза и у пациентов с мембрано-пролиферативным ГН на уровне средних артерий (междольковые, дуговые) наблюдается снижение ИР [28, 29]. Различные заключения исследователей о

состоянии ренального кровотока, видимо, обусловлены большим разнообразием патогенетических вариантов ГН и разными стадиями течения заболевания.

Для многих заболеваний почек, особенно хронических, характерно снижение кровотока в подкапсульной зоне, например при их дисплазии [30, 31]. Это обычно сопровождается повышением ИР на периферии.

При гидронефрозе ИР увеличивается до 0,8–0,9, что свидетельствует о возрастании сосудистого сопротивления [32, 33].

По данным И.В. Зорина и соавт., у 78,8% больных с рефлюкс-нефропатией кровотока в почках был резко обеднен за счет уменьшения или отсутствия мелких ветвей сегментарных артерий и не прослеживался до капсулы. Это свидетельствует о выраженной ишемии коркового слоя, обусловленной склерозом и гиалинозом мелких артерий с сужением их просвета [8, 34]. Изменения ренальной гемодинамики чаще встречались у больных с рефлюкс-нефропатией, чем с пузырно-мочеточниковым рефлюксом (ПМР): асимметрия гемодинамических показателей и диффузное обеднение васкуляризации почек (36,6 и 22,5% при рефлюкс-нефропатии и ПМР соответственно), турбулентность кровотока (36,6 и 7,5%), истонченные и деформированные сосуды (13,3 и 2,5%) [8].

При тубулоинтерстициальном нефрите (ТИН) у 60–80% пациентов выявлено асимметричное снижение кровотока на уровне прекапилляров. Степень изменений зависит от возраста больного и тяжести патологии. В целом отмечается повышение постгломерулярного сосудистого сопротивления и снижение кровотока за счет разных патогенетических механизмов, в том числе сдавления околоканальцевых капилляров [8, 32, 35]. По мере прогрессирования ТИН установлено снижение ПИ (при рефлюкс-нефропатии) и увеличение S/D; ИР в данном случае не столь информативен [8].

Существенная разница между парными органами в показателях почечного кровотока выявлена при односторонних обструктивных процессах. При этом на стороне патологии ИР составлял 0,7 и более, разница в его значениях справа и слева могла достигать 0,1 и более [36]. При стенозе почечных артерий показатели почечной гемодинамики резко увеличиваются. Степень изменений прямо пропорциональна степени сужения просвета сосуда. При умеренном уменьшении просвета сосуда МСС составляет 150–180 см/с, ИР может оставаться в норме. Скорость более 180 см/с говорит о сужении

просвета более чем на 50% нормального уровня, фиксируется постстенотическая турбулентность тока крови. Другими признаками стеноза артерий являются ИР менее 0,5 для периферических сосудов и разница между обеими почками по ИР более 0,05 [4, 7, 37]. При мочекаменной болезни снижены показатели перфузии в пораженной почке и зафиксировано их компенсаторное увеличение на противоположной стороне [38].

При нейрогенной дисфункции мочевого пузыря у детей снижено сосудистое сопротивление в крупных стволовых артериях [39].

При хронической почечной недостаточности сначала возможно увеличение скоростных показателей, но по мере прогрессирования функциональных нарушений, особенно во вторично сморщенных почках, все скоростные показатели снижаются. Резко возрастает периферическое сопротивление уже на уровне крупных артерий, ИР увеличивается [1, 7, 32]. У детей повышение ИР до 0,95 всегда сопряжено со значительным снижением функций пораженной почки [15].

Гемолитико-уремический синдром нередко приводит к хронической почечной недостаточности, что проявляется резким уменьшением ренального кровотока на периферии. Со временем происходит частичное восстановление сосудистого рисунка, но показатели не достигают нормальных значений, ИР остается повышенным [40–42]. При острой почечной недостаточности перфузия почечной ткани обычно также существенно снижена.

Наиболее чувствительным доплерографическим критерием начальной стадии нефросклероза является снижение конечной диастолической скорости [8, 15]. Это сопровождается значительным повышением показателей артериального периферического сопротивления при сохранении МСС в пределах нижней границы возрастной нормы. В то же время важным показателем, отражающим функцию почек у детей старше 3 лет, служит МСС на крупных сосудах. Ее значение на магистральной почечной артерии ниже 40 см/с всегда сопровождало снижение функций почки даже при сохранении нормальных параметров периферического сопротивления [15]. Для ранней диагностики склеротических изменений в почках предлагается использовать такой критерий, как увеличение S/D [8]. Во вторично сморщенной почке из-за артериовенозного шунтирования снижаются скоростные показатели и индексы периферического сопротивления. Чем меньше значения систолической скорости, тем более выражены склеротические изменения [8, 43].

Показатели почечной гемодинамики во многих случаях отражают прогноз развития патологии. После трансплантации почки у пациентов с ИР более 0,8 наблюдалась повышенная смертность. ИР 0,65 и менее на уровне междолевых артерий расценивается как прогностический фактор ухудшения функций почек [44, 45].

Конечно, УЗИ не может полностью заменить другие диагностические методики. Так, у больных с IgA-нефритом, волчаночным нефритом, мембранозным ГН и болезнью подоцитов ИР, ПИ в междолевых и дуговых артериях почки не различались. И только пункционная биопсия позволила окончательно верифицировать диагноз [31]. Отсутствовали различия по ИР у пациентов с ПМР и рефлюкс-нефропатией [8, 46].

На состояние почечного кровотока влияют заболевания других органов и систем. При сахарном диабете в большинстве случаев развивается микроангиопатия. В результате нарушается почечный кровоток, в первую очередь на уровне дуговых и междолевых сосудов. Это проявляется резким снижением в них показателей периферического сопротивления и возрастании диастолической скорости тока крови [14]. Другие авторы отмечают повышение ИР в среднем до 0,81, ПИ в среднем до 2,1 для сегментарных, междолевых и особенно дуговых артерий [47]. При отсутствии микроангиопатии у 18% больных сахарным диабетом повышены индексы сосудистого сопротивления на уровне магистральной артерии [14]. У детей с ожирением и метаболическим синдромом определена высокая частота 2, 3 и 4-го типов почечного кровотока, отражающих его снижение [19, 20].

Общий уровень артериального давления (АД), работа сердца также оказывают влияние на изменение ренальной перфузии. При повышенном АД выявлены рост индексов сопротивления почечных сосудов и прогрессирующее снижение эффективного почечного плазмотока; обнаружена обратная связь между уровнем АД и почечным кровотоком [18, 26, 27, 29, 48–50]. У детей нарушения ренальной гемодинамики в большей степени определялись не уровнем АД, а длительностью заболевания [25, 51].

На ренальный кровоток влияет и проведение клино-ортостатической пробы, особенно у детей с вегетативной дисфункцией. Степень выраженности изменений гемодинамики зависела от тяжести вегетативной недостаточности [52, 53].

Отмечены существенные различия в почечном кровотоке у лиц молодого возраста 18–25 лет и

детей с наличием и отсутствием признаков дисплазии соединительной ткани (ДСТ). Они заключались в снижении скоростных показателей для артерий и вен, повышении ИР, в большей степени касались венозного кровотока [11, 39]. Исследователи оценивали разницу между максимальной и минимальной скоростями в венах почки (dV_{ven}). Значения $dV_{ven} \geq 21$ см/с рассматривались как признак нарушения оттока. Авторами установлено, что у лиц с признаками ДСТ нарушения кровотока по магистральным почечным венам в одной почке встречаются в 8,76 раза чаще справа, в 3,18 раза чаще слева, с обеих сторон в 6,52 раза чаще, чем в группе сравнения без ДСТ. При сочетании признаков ДСТ с пролапсом митрального клапана, гипермобильностью и болями в суставах наблюдались более выраженные нарушения почечного кровотока [11].

В результатах оценки почечной гемодинамики у пациентов с хроническим ПН и ДСТ существуют определенные разногласия. Авторы утверждают, что наиболее выраженные нарушения почечного кровотока наблюдаются на уровне стволых и сегментарных артерий [21, 22, 54]. Однако, по мнению Е.Н. Логиновой и соавт., в них отмечается повышение скоростных показателей и ИР, по мнению А.Н. Узуновой и соавт., — их снижение [21, 22, 55]. Обнаруженные различия с группой сравнения без ДСТ касались МСС и МиСС, а также ИР, ПИ. Возможное объяснение кроется в разных возрастных категориях обследованных пациентов (взрослые и дети), разных стадиях хронического заболевания на момент обследования.

Изменения почечной гемодинамики сопровождают большинство заболеваний мочевыделительной системы, отражаются в разнонаправленных изменениях расчетных и абсолютных показателей. Представленные в литературе сведения о характере почечной гемодинамики демонстрируют ее различия при многих заболеваниях почек. Для ряда патологических состояний в разных исследованиях получены различные результаты, что вызывает

необходимость проведения дальнейшей работы в данном направлении. Возможности современных вариантов УЗИ коррелируют с данными ангиографии, статической нефросцинтиграфии [3, 8, 26, 56–60], что расширяет возможности их применения благодаря доступности, безопасности и высокой информативности.

Оценка особенностей ренального кровотока важна для понимания процессов, происходящих в почках, выбора рациональной тактики лечения для конкретного пациента и определения прогноза течения патологического процесса.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Вклад авторов. И.И. Иванова — автор идеи, разработка концепции и дизайна исследования, анализ и обобщение данных литературы, пересмотр и редактирование рукописи; Н.Ю. Коваль — сбор и анализ данных литературы, написание черновика.

Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ADDITIONAL INFORMATION

Author contribution. I.I. Ivanova — author of the idea, development of the research concept and design, analysis and generalization of literature data, revision and editing of the manuscript; N.Yu. Koval — collection and analysis of literature data, writing a draft.

All authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study.

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

ЛИТЕРАТУРА

1. Глазун Л.О., Полухина Е.В. Ультразвуковая диагностика заболеваний почек. М.: Видар; 2014. 296 с.
2. Общая ультразвуковая диагностика. Практическое руководство по ультразвуковой диагностике. В.В. Митьков, ред. М.: Видар; 2019. 756 с.
3. Агеева Н.А. Вазоретеральный конфликт при гидро-нефрозе у детей. Диагностика и тактика лечения. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 2022.
4. Ультразвуковая доплеровская диагностика в клинике. Ю.М. Никитин, А.И. Труханов, ред. Иваново: МИК; 2004. 491 с.
5. Парфенович М.Б., Пивченко П.Г. Морфометрические характеристики почек и почечных артерий. *Военная медицина*. 2012;(4:25):84–86. EDN: RSDCAJ.
6. Докаева Т.С., Везирханов А.З., Зенин О.К., Кафаров Э.С., Федоров С.В. Сравнительный анализ диаметра и длины почечных артерий у лиц различных

- соматотипов с учетом половых и возрастных различий по данным мультиспиральной компьютерной томографии. *Современные проблемы науки и образования*. 2023;(3):69. <https://doi.org/10.17513/spno.32632>.
7. Детская ультразвуковая диагностика. М.И. Пыков, К.В. Ватолин, ред. М.: Видар; 2001. 668 с.
 8. Вялкова А.А., Зорин И.В., Чеснокова С.А., Плотникова С.В. Хроническая болезнь почек у детей. *Нефрология*. 2019;5(23):29–46. <https://doi.org/10.24884/1561-6274-2019-23-5-29-46>.
 9. Petersen L.J., Petersen J.R., Ladefoged S.D. et al. The pulsatility index and the resistive index in renal arteries in patients with hypertension and chronic renal failure. *J Nephrol Dial Transplant*. 1995;10(11):2060–2064.
 10. Totsuka D., Kaname M., Sukisaki T. The correlation between the blood flow velocity and the creatinine clearance. *Ultrasound in Med and Biol*. 1994;20 (Suppl.1):161.
 11. Елисеева Л.Н., Тихомирова Н.Ю., Ждамарова О.И., Бочарникова М.И. Варианты нарушения почечного кровотока у лиц молодого возраста с признаками соединительнотканной дисплазии. *Медицинский вестник Северного Кавказа*. 2022;17(3):238–243. <https://doi.org/10.14300/mnnc.2022.17058>.
 12. Lin G.-J., Cher T.-W. Renal Vascular resistance in normal children — a colour Doppler study. *Pediatr Nephrol*. 1997;11(2):182–185. <https://doi.org/10.1007/s004670050255>.
 13. Полещук Л.А. Характеристика почечной гемодинамики у детей с заболеваниями почек. *Нефрология и диализ*. 2006;3(8):225–231. EDN: HVVATL.
 14. Сивоус Г.И., Труфанова А.В., Пыков М.И. Ультразвуковое исследование почечного кровотока у детей и подростков с диабетической нефропатией. *Сахарный диабет*. 2003;(4):14–16. EDN: QIPTVP.
 15. Ольхова Е.Б. Ультразвуковая диагностика острой и хронической почечной недостаточности у детей. Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. Обнинск; 2000.
 16. Briscoe D.M., Hoffer F.A., Tu N. Duplex Doppler examination of renal allografts in children: correlation between renal blood flow and clinical findings. *Pediatr Radiol*. 1993;23(5):365–368. <https://doi.org/10.1007/BF02011960>.
 17. Розыходжаева Г.А., Абраев Б.У., Абдурахманов Д.А., Розыходжаева Ф.А. Оценка показателей почечной гемодинамики у здоровых детей. Материалы VIII Всероссийского научно-образовательного форума с международным участием «Медицинская диагностика — 2016» и X Юбилейного всероссийского национального конгресса лучевых диагностов и терапевтов «Радиология — 2016». 24–26 мая 2016 года г. Москва. *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2016;6(2(Приложение)):260–261. URL: https://www.researchgate.net/publication/303941845_ocenka_pokazatelej_poscesnoj_gemodinamiki_u_zdorovyh_detej (дата обращения: 30.03.2026).
 18. Ждамарова О.И., Елисеева Л.Н. Особенности нарушений почечного венозного кровотока и возможности его коррекции при артериальной гипертензии. *Международный журнал экспериментального образования*. 2015;(10-2):125–126. EDN: UJDQGGZ.
 19. Бекезин В.В., Козлова Е.Ю., Плещачевская Т.А., Борсуков А.В. Современные возможности ультразвуковой диагностики состояния почек у детей. *Клиническая медицина*. 2017;2(9):170–177. <https://doi.org/10.17691/stm2017.9.2.22>.
 20. 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.
 21. Логинова Е.Н., Нечаева Г.И., Надей Е.В., Лялюкова Е.А. Пиелонефрит у пациентов с дисплазией соединительной ткани: особенности клиники, диагностики и лечения. *Лечащий врач*. 2015;(9):7–10. EDN: ULSTTR.
 22. Узунова А.Н., Кинзерский А.Ю., Глухова Л.В. Особенности почечной гемодинамики у детей с хроническим вторичным пиелонефритом, развившимся на фоне дисплазии соединительной ткани. *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского*. 2006;85(5):10–12. EDN: KWHCRV.
 23. Зубарев А.В., Гажонова В.Е. Диффузные заболевания паренхимы почек. В кн.: *Диагностический ультразвук. Уронефрология*. А.В. Зубарев, Е.В. Гажонова, ред. М.; 2002. С. 65–68.
 24. Турсунбаев А.К., Султанов Ж.А. Состояние почечного кровотока при гломерулонефрите у детей. *Нефрология*. 2003;7(1):58–61. EDN: OSJPBR.
 25. Скоков Ю.М. Влияние ингибиторов АПФ на почечную гемодинамику при нефропатиях у детей. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 1999.
 26. Смольянинова Н.Г. Оценка почечного кровотока ультразвуковыми методами исследования с применением компьютерного анализа при различных формах артериальной гипертензии. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 1998.
 27. Коровина Н.А., Пыков М.И., Овсянникова Е.М., Зейналова З. Медикаментозная коррекция нарушений гемодинамики в сосудах почек при гломерулонефрите у детей. *Вопросы практической педиатрии*. 2010;5(6):61–64. EDN: NCVZUD.
 28. Добрынина М.В., Клембовский А.И., Длин В.В., Пыков М.И. Изменения почечного кровотока у детей с различными морфологическими вариантами гломе-

- рулонефрита. *Нефрология и диализ*. 2005;7(1):37–41. EDN: HVFEGV.
29. Тареева И.Е., Кутырина И.М., Нестеров Н.И. Гемодинамические и метаболические механизмы прогрессирования гломерулонефрита. В кн.: *Нефрология*. И.Е. Тареева, ред. М.: Медицина; 2000. С. 229–234.
 30. Тарасова Д.С. Лечебно-диагностическая тактика при патологии мочевыделительной системы у детей с аноректальными мальформациями. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 2021.
 31. Lee S.K., Sheu C.S., Lin M.E. et al. Color Doppler Ultrasound evaluation of renal parenchymal diseases. *Ultrasound in Med and Biol*. 1994;20 (Suppl. 1):161.
 32. Аверченко М.В. Эхографические критерии механизмов прогрессирования хронической болезни почек у детей. *Трансляционная медицина*. 2016;6(3):46–58. EDN: YIACTV.
 33. Портнягина Э.В., Юрчук В.А., Титова С.В. Морфофункциональные изменения почек при врожденном гидронефрозе у детей. *Сибирское медицинское обозрение*. 2011;(5(71)):27–30. EDN: OIRWCB.
 34. Зубавина М.Н., Михеева И.Г., Кольбе О.Б., Моисев А.Б., Паунова С.С. Состояние микроциркуляции и почечной гемодинамики у детей и подростков с аномалиями развития мочевой системы. *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского*. 2015;94(3):24–28. EDN: UKDYSJ.
 35. Iturbe B.R., Johnson R.J., Herrera-Acosta J. Tubulointerstitial damage and progression of renal failure. *Kidney Int Suppl*. 2005;(99):S82–86. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1755.2005.09915.x>.
 36. Rodriguez M.M. Congenital Anomalies of the Kidney and the Urinary Tract (CAKUT). *Fetal Pediatr Pathol*. 2014;33 (5-6):293–320. <https://doi.org/10.3109/15513815.2014.959678>.
 37. Stavros A.T., Parker S.H., Yakes W.F. et al. Segmental stenosis of the renal artery: pattern recognition of tardus and parvus abnormalities with duplex sonography. *Radiology*. 1992;184(2):487–492. <https://doi.org/10.1148/radiology.184.2.1620853>.
 38. Беляева К.А. Лучевая диагностика в мониторинге лечения мочекаменной болезни. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 2022.
 39. Лобанов Ю.Ф., Латышев Д.Ю., Текутьева Н.А., Михеева Н.М., Чичерина А.Н. Особенности регионального кровотока у больных нейрогенной дисфункцией мочеиспускания на фоне ДСТ. *Клиническая нефрология*. 2019;(1):67–72. <https://doi.org/10.18565/nephrology.2019.1.67-72>.
 40. Ольхова Е.Б., Соболева В.О., Федосеева М.М. Доклиническая ультразвуковая диагностика гемолитико-уремического синдрома у ребенка. Клиническое наблюдение. *Радиология – практика*. 2024;(2):107–118. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-107-118>.
 41. Судновская К.А., Байко С.В., Сукало А.В. Ультразвуковые изменения почек у детей в катамнезе гемолитико-уремического синдрома. *Медицина: теория и практика*. 2019;4(спецвыпуск):529. EDN: NAVFBH.
 42. Rink L., Finkelberg I., Kreuzer M., Schipper L., Pape L., Cetiner M. Ultrasound analysis of different forms of hemolytic uremic syndrome in children. *Front Pediatr*. 2024;12: 1433812. <https://doi.org/10.3389/fped.2024.1433812>.
 43. Переверзенцева Ю.Б., Смирнова Н.Н., Румянцева И.В. Особенности ренальной гемодинамики в условиях функциональной нагрузки. *Нефрология*. 2003;7(1):51–57. EDN: QIWFEJ.
 44. Гажонова В.Е., Зыкова А.С., Чистяков А.А., Рощупкина С.В., Романова М.Д., Краснова Т.Н. Прогностическое значение индекса резистентности сосудов почек в оценке прогрессирования хронической болезни почек. *Терапевтический архив*. 2015;87(6):29–33. <https://doi.org/10.17116/terarkh201587629-33>.
 45. Седашкина О.А., Колсанов А.В. Эхографические предикторы хронической болезни почек у детей. *Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины*. 2025;40(1):59–68. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-1-59-68>.
 46. Икромов Т.Ш., Ахмеджанова М.Ш., Ахмедова М.М. Изучение состояния почечного кровотока у детей с обструктивными уропатиями. *Здравоохранение Таджикистана*. 2024;362(3):32–38. <https://doi.org/10.52888/0514-2515-2024-362-3-32-38>.
 47. Кунцевич Г.И., Барабашкин А.В., Аносов О.Л. Возможности дуплексного сканирования с цветным доплеровским картированием в диагностике микроангиопатий у больных с сахарным диабетом. *Визуализация в клинике*. 1995;(7):17–21.
 48. Татаркина Н.Д., Коваль Н.В. Состояние почечного кровотока у больных артериальной гипертензией. *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2008;(1):56–58. EDN: JQPTIH.
 49. Осипова Е.В., Осипова Е.А., Мельникова Л.В. Значение современных методов диагностики в раннем выявлении гипертонической нефропатии. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2022;21(1):87–92. <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-2882>.
 50. Раджабов Р.К., Туксанова Д.И. Современные подходы в диагностике острого повреждения почек при акушерских патологиях в условиях Приаралья (обзор). *Central Asian Journal of Academic Research*. 2025;3(1):37–45. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14625760>.
 51. Петрова А.Ф., Коварский С.Л., Меновщикова Л.Б., Матвеев Е.Н. Факторы риска рецидива гидронеф-

- роза у детей. *Российский педиатрический журнал*. 2024;27(6):404–409. <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2024-27-6-404-409>.
52. Коростылева Е.А. Состояние почечного кровотока при вегетативной дистонии у детей. Автореф. дис. ... канд. мед. наук. М.; 2002.
 53. Пыков М.И., Коровина Н.А., Коростелева Е.А., Творогова Т.М., Труфанова А.В. Ультразвуковое исследование почечного кровотока у детей с вегетативной дистонией. *Ультразвуковая диагностика*. 2001;(1):45–48. EDN: VVHVOZ.
 54. Черкасов Н.С., Давыдова О.В., Дербенева Л.И., Луценко Ю.А. Ренокардиальный синдром у ребенка с ненаследственной дисплазией соединительной ткани. *РМЖ. Мать и дитя*. 2021;2:184–188. <https://doi.org/10.32364/2618-8430-2021-4-2-184-188>.
 55. Логинова Е.Н., Нечаева Г.И., Шупина М.И., Дрокина О.В., Вьюшкова Н.В. Оценка функционального состояния и гемодинамики почек у пациентов с дисплазией соединительной ткани. *Лечащий врач*. 2016;(1):58–62. EDN: VKAFEJ.
 56. Zhang Z., Jaipaul N. Стеноз и окклюзия почечных артерий. Справочник MSD профессиональная версия. 2025. URL: <https://www.msdmanuals.com/ru/professional/патология-мочеполовой-системы/вазо-ренальная-патология/стеноз-и-окклюзия-почечных-артерий> (дата обращения: 23.03.2026).
 57. Куплинова К.В., Рязанцев В.Е., Скворцов И.А., Антипкин И.И. Ультразвуковые гемодинамические параметры почек при патологии верхних мочевых путей. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2025;154(4):58. <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.52>.
 58. Павлов В.Н., Воробьев В.А., Ананьев В.А. КТ-перфузия в диагностике пиелонефрита: преимущества и недостатки. *Consilium Medicum*. 2025;27(7):398–402. <https://doi.org/10.26442/20751753.2025.7.203255>.
 59. Серебренникова С.Н., Александров С.Г., Сусликова М.И., Гузовская Е.В., Гуцол Л.О., Семинский И.Ж. Общая патология почек: малые почечные синдромы. *Байкальский медицинский журнал*. 2026;5(1):95–106. <https://doi.org/10.57256/2949-0715-2026-5-1-95-106>.
 60. Эргашева Ш.Ш. Ультразвуковая диагностика врожденных пороков развития органов мочевой системы у детей. *Central Asian Journal of Academic Research*. 2025;3(2):85–87. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14858789>.
 2. General ultrasound diagnostics. Practical guide to ultrasound diagnostics. V.V. Mitkov, ed. Moscow: Vidar; 2019. 756 p. (In Russ.).
 3. Ageeva N.A. Vasoureteral conflict in hydronephrosis in children. Diagnosis and treatment tactics. PhD thesis. Moscow; 2022. (In Russ.).
 4. Ultrasonic Doppler diagnostics in the clinic. Yu.M. Nikitin, A.I. Trukhanov, eds. Ivanovo: MIK; 2004. 491 p. (In Russ.).
 5. Parfenovich M.B., Pivchenko P.G. Morphometric characteristics of the kidneys and renal arteries. *Military Medicine*. 2012;(4:25):84–86. (In Russ.). EDN: RSDCAJ.
 6. Dokayeva T.S., Vezirkhanov A.Z., Zenin O.K., Kafarov E.S., Fedorov S.V. Comparative analysis of the diameter and length of the renal arteries in persons of different somatotypes, according to gender and age differences according to multispiral computed tomography data. *Modern Problems of Science and Education*. 2023;(3):69. (In Russ.). <https://doi.org/10.17513/spno.32632>.
 7. Pediatric Ultrasound Diagnostics. Pikov M.I., Vatolin K.V., eds. Moscow: Vidar; 2001. 668 p. (In Russ.).
 8. Vyalkova A.A., Zorin I.V., Chesnokova S.A., Plotnikova S.V. Chronic kidney disease in children. *Nephrology (Saint-Petersburg)*. 2019;23(5):29–46. (In Russ.). <https://doi.org/10.24884/1561-6274-2019-23-5-29-46>.
 9. Petersen L.J., Petersen J.R., Ladefoged S.D. et al. The pulsatility index and the resistive index in renal arteries in patients with hypertension and chronic renal failure. *J Nephrol Dial Transplant*. 1995;10(11):2060–2064.
 10. Totsuka D., Kaname M., Sukisaki T. The correlation between the blood flow velocity and the creatinine clearance. *Ultrasound in Med and Biol*. 1994;20 (Suppl.1):161.
 11. Eliseeva L.N., Tikhomirova N.Yu., Zhdamarova O.I., Bocharnikova M.I. The disturbance variants of renal blood flow in young age persons with connective tissue dysplasia signs. *Medical News of North Caucasus*. 2022;17(3):238–243. (In Russ.). <https://doi.org/10.14300/mnnc.2022.17058>.
 12. Lin G.-J., Cher T.-W. Renal Vascular resistance in normal children – a colour Doppler study. *Pediatr Nephrol*. 1997;11(2):182–185. <https://doi.org/10.1007/s004670050255>.
 13. Poleshuk L.A. The characteristic of renal blood flow at children with kidney diseases (review). *Nephrology and Dialysis*. 2006;8(3):225–231 (In Russ.) EDN: HVVATL.
 14. Sivous G.I., Trufanova A.V., Pykov M.I. Ultrasonic examination of renal blood flow in children and adolescents with diabetic nephropathy. *Diabetes mellitus*. 2003;(4):14–16 (In Russ.). EDN: QIPTVP.
 15. Olkhova E.B. Ultrasonic diagnostics of acute and chronic renal insufficiency in children. MD thesis. Obninsk; 2000. (In Russ.).

REFERENCES

1. Glazun L.O., Polukhina E.V. Ultrasonic diagnostics of kidney diseases. Moscow: Vidar; 2014. 296 p. (In Russ.).

16. Briscoe D.M., Hoffer F.A., Tu N. Duplex Doppler examination of renal allografts in children: correlation between renal blood flow and clinical findings. *Pediatr Radiol.* 1993;23(5):365–368. <https://doi.org/10.1007/BF02011960>.
17. Rozikhodjaeva G.A., Abraev B.U., Abdurahmanov D.A., Rozikhodjaeva F.A. Evaluation of renal hemodynamic parameters in healthy children. Proceedings of the VIII All-Russian Scientific and Educational Forum with International Participation “Medical Diagnostics – 2016” and the X Anniversary All-Russian National Congress of Radiologists and Therapists “Radiology – 2016.” May 24–26, 2016, Moscow. *Russian Electronic Journal of Radiology.* 2016;6(2(Suppl.)):260–261. URL: https://www.researchgate.net/publication/303941845_ocenka_pokazatelej_poecnoj_gemodinamiki_u_zdorovyh_detej (accessed: 30.03.2026). (In Russ.).
18. Zhdamarova O.I., Eliseeva L.N. Features of renal venous blood flow disorders and possibilities of their correction in arterial hypertension. *International Journal of Experimental Education.* 2015;(10-2):125–126. (In Russ.). EDN: UJDQGZ.
19. Bekezin V.V., Kozlova E.Yu., Pleskachevskaya T.A., Borsukov A.V. Modern possibilities of kidney ultrasound diagnosis in children. *Clinical Medicine.* 2017;2(9):170–177. (In Russ.). <https://doi.org/10.17691/stm2017.9.2.22>.
20. Borsukov A.V., Bekezin V.V., Kozlova E.Yu. Standardization of quality evaluation of Doppler ultrasonography of the kidney in children with obesity and metabolic syndrome. *Vestnik of the Smolensk State Medical Academy.* 2015;14(2):34–37. (In Russ.).
21. Loginova E.N., Nechaeva G.I., Nadey E.V., Lyalyukova E.A. Pyelonephritis in patients with connective tissue dysplasia: features of clinic, diagnostics, and treatment. *Lechaschi Vrach.* 2015;(9):7–10. (In Russ.). EDN: ULSTTR.
22. Uzunova A.N., Kinzersky A.Yu., Glukhova L.V. Features of renal hemodynamics in children with chronic secondary pyelonephritis developed against the background of connective tissue dysplasia. *Pediatrica. Zhurnal im G.N. Speranskogo.* 2006;85(5):10–12. (In Russ.). EDN: KWHCRV.
23. Zubarev A.V., Gazhonova V.E. Diffuse diseases of the renal parenchyma. In: Diagnostic Ultrasound. Uro-nephrology. A.V. Zubarev, E.V. Gazhonova, eds. Moscow; 2002. P. 65–68. (In Russ.).
24. Tursunbaev A.K., Sultanov Zh.A. The state of renal circulation in children with glomerulonephritis. *Nephrology.* 2003;7(1):58–61. (In Russ.). EDN: OSJPBR.
25. Skokov Yu.M. Influence of ACE inhibitors on renal hemodynamics in nephropathies in children. PhD thesis. Moscow; 1999. (In Russ.).
26. Smolyaninova N.G. Evaluation of renal blood flow by ultrasound methods of research using computer analysis in various forms of arterial hypertension. PhD thesis. Moscow; 1998. (In Russ.).
27. Korovina N.A., Pykov M.I., Ovsyannikova E.M., Zeynalova Z. Medicamentous correction of impaired hemodynamics in renal vessels in glomerulonephritis in children. *Clinical Practice in Pediatrics.* 2010;5(6):61–64. (In Russ.). EDN: NCVZUD.
28. Dobrinina M.V., Klembovsky A.I., Dlin V.V., Pykov M.I. Changes in renal blood flow in children with different morphological types of glomerulonephritis. *Nephrology and Dialysis.* 2005;7(1):37–41. (In Russ.). EDN: HVFEGB.
29. Tareeva I.E., Kutyrina I.M., Nesterov N.I. Hemodynamic and metabolic mechanisms of glomerulonephritis progression. In: Nephrology. I.E. Tareeva, ed. Moscow: Medicine; 2000. P. 229–234. (In Russ.).
30. Tarasova D.S. Therapeutic and diagnostic tactics in the pathology of the urinary system in children with anorectal malformations. PhD thesis. Moscow; 2021. (In Russ.).
31. Lee S.K., Sheu C.S., Lin M.E. et al. Color Doppler Ultrasound evaluation of renal parenchymal diseases. *Ultrasound in Med and Biol.* 1994;20 (Suppl. 1):161.
32. Averchenko M.V. Echographic criterions of mechanisms of chronic renal disease progressing in children. *Translational Medicine.* 2016;6(3):46–58. (In Russ.). EDN: YIACTV.
33. Portnyagina E.V., Yurchuk V.A., Titova S.V. Morphological and functional changes in kidneys during congenital hydronephrosis in children. *Siberian Medical Review.* 2011;(5(71)):27–30. (In Russ.). EDN: OIRWCB.
34. Zubavina M.N., Mikheeva I.G., Kolbe O.B., Moiseev A.B., Pauanova S.S. Microcirculation and renal hemodynamics in children and adolescents with abnormalities of the urinary system. *Pediatrica. Zhurnal im G.N. Speranskogo.* 2015;94(3):24–28. (In Russ.). EDN: UKDYSJ.
35. Iturbe B.R., Johnson R.J., Herrera-Acosta J. Tubulointerstitial damage and progression of renal failure. *Kidney Int Suppl.* 2005;(99):S82–86. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1755.2005.09915.x>.
36. Rodriguez M.M. Congenital Anomalies of the Kidney and the Urinary Tract (CAKUT). *Fetal Pediatr Pathol.* 2014;33 (5-6):293–320. <https://doi.org/10.3109/15513815.2014.959678>.
37. Stavros A.T., Parker S.H., Yakes W.F. et al. Segmental stenosis of the renal artery: pattern recognition of tardus and parvus abnormalities with duplex sonography. *Radiology.* 1992;184(2):487–492. <https://doi.org/10.1148/radiology.184.2.1620853>.
38. Belyaeva K.A. Radiation diagnostics in the monitoring of treatment of urolithiasis. PhD thesis. Moscow; 2022. (In Russ.).

39. Lobanov Yu.F., Latyshev D.Yu., Tekutyeva N.A., Mikheeva N.M., Chicherina A.N. Features of regional blood flow in patients with neurogenic urinary dysfunction against the background of connective tissue dysplasia. *Clinical Nephrology*. 2019;(1):67–72 (In Russ.). <https://doi.org/10.18565/nephrology.2019.1.67-72>.
40. Olkhova E.B., Soboleva V.O., Fedoseeva M.M. Preclinical diagnostics hemolytic-uremic syndrome in a child. Clinical observation. *Radiology – Practice*. 2024;(2):107–118. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2024-2-107-118>.
41. Sudnovskaya K.A., Bayko S.V., Sukalo A.V. Ultrasonic changes in the kidneys of children in the follow-up of hemolytic-uremic syndrome. *Medicine: Theory and Practice*. 2019;4(Special Issue):529. (In Russ.). EDN: NAVFBH.
42. Rink L., Finkelberg I., Kreuzer M., Schipper L., Pape L., Cetiner M. Ultrasound analysis of different forms of hemolytic uremic syndrome in children. *Front Pediatr*. 2024;12:1433812. <https://doi.org/10.3389/fped.2024.1433812>.
43. Pereverzentseva Yu.B., Smirnova N.N., Rumyantseva I.V. Characteristics of renal hemodynamics under conditions of functional loading. *Nephrology (Saint Petersburg)*. 2003;7(1):51–57. (In Russ.). EDN: QIWFEJ.
44. Gazhonova V.E., Zykova A.S., Chistyakov A.A., Roshchupkina S.V., Romanova M.D., Krasnova T.N. Prognostic value of renal resistance index in estimating the progression of chronic kidney disease. *Therapeutic Archive*. 2015;87(6):29–33. (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/terarkh201587629-33>
45. Sedashkina O.A., Kolsanov A.V. Ultrasound predictors of chronic kidney disease in children. *Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2025;40(1):59–68. (In Russ.). <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2025-40-1-59-68>.
46. Ikromov T.Sh., Akhmedzhanova M.Sh., Akhmedova M.M. Study of renal blood flow in children with obstructive uropathies. *Health Care of Tajikistan*. 2024;362(3):32–38. (In Russ.). <https://doi.org/10.52888/0514-2515-2024-362-3-32-38>.
47. Kuntsevich G.I., Barabashkin A.V., Anosov O.L. Possibilities of duplex scanning with color Doppler mapping in the diagnosis of microangiopathies in patients with diabetes mellitus. *Visualization in the Clinic*. 1995;(7):17–21. (In Russ.).
48. Tatarkina N.D., Koval N.V. Renal blood flow at patients with the arterial hypertension. *Pacific Medical Journal*. 2008;(1):56–58. (In Russ.). EDN: JQPTIH.
49. Osipova E.V., Osipova E.A., Melnikova L.V. Significance of modern diagnostic methods in the early diagnosis of hypertensive nephropathy. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2022;21(1):2882. (In Russ.). <https://doi.org/10.15829/1728-8800-2022-2882>.
50. Radjabov R.K., Tuksanova D.I. Modern Approaches in the Diagnosis of Acute Kidney Damage in Obstetric Pathologies in the Aral Sea Region (Review). *Central Asian Journal of Academic Research*. 2025;3(1):37–45. (In Russ.). <https://doi.org/10.5281/zenodo.14625760>.
51. Petrova A.F., Kovarskiy S.L., Menovshchikova L.B., Matveenko E.N. Risk factors for recurrence of hydronephrosis in children. *Russian Pediatric Journal*. 2024;27(6):404–409. (In Russ.). <https://doi.org/10.46563/1560-9561-2024-27-6-404-409>.
52. Korostyleva E.A. The state of renal blood flow in children with autonomic dystonia. PhD thesis. Moscow; 2002. (In Russ.).
53. Pykov M.I., Korovina N.A., Korostyleva E.A., Tvorogova T.M., Trufanova A.V. Renal blood flow ultrasound investigation in children with a vegetative dystonia. *Ultrasound and Functional Diagnostics*. 2001;(1):45–48. (In Russ.). EDN: VVHVOZ.
54. Cherkasov N.S., Davydova O.V., Derbeneva L.I., Lutsenko Yu.A. Renocardiac syndrome in a child with non-inherited connective tissue disease. *Russian Journal of Woman and Child Health*. 2021;4(2):184–188. (In Russ.). <https://doi.org/10.32364/2618-8430-2021-4-2-184-188>.
55. Loginova E.N., Nechaeva G.I., Shupina M.I., Drokina O.V., Vyushkova N.V. Assessment of the functional state and hemodynamics of the kidneys in patients with connective tissue dysplasia. *Lechaschi Vrach*. 2016;(1):58–62. (In Russ.). EDN: VKAFEJ.
56. Zhang Z., Jaipaul N. Renal Artery Stenosis and Occlusion. MSD Professional Manual 2025 Edition. URL: <https://www.msd-manuals.com/ru/professional/патология-мочеполовой-системы/вазоренальная-патология/стеноз-и-окклюзия-почечных-артерий> (accessed: 23.03.2026).
57. Kuplina K.V., Ryazantsev V.E., Skvortsov I.A., Antipkin I.I. Ultrasound haemodynamic parameters of kidneys in upper urinary tract pathology. *International Research Journal*. 2025;154(4):58. (In Russ.). <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.52>.
58. Pavlov V.C., Vorobev V.A., Ananiev V.A. CT perfusion in the diagnosis of pyelonephritis: advantages and disadvantages. A review. *Consilium Medicum*. 2025;27(7):398–402. <https://doi.org/10.26442/20751753.2025.7.20325>.
59. Serebrennikova S., Alexandrov S., Suslikova M., Guzovskaiia E., Gutsol L., Seminsky I. General pathology of the kidneys: minor renal syndromes. *Baikal Medical Journal*. 2026;5(1):95–106. (In Russ.). <https://doi.org/10.57256/2949-0715-2026-5-1-95-106>.
60. Ergasheva Sh.Sh. Ultrasonic Diagnostics of Congenital Malformations of the Urinary System in Children. *Central Asian Journal of Academic Research*. 2025;3(2):85–87. (In Russ.). <https://doi.org/10.5281/zenodo.14858789>.

Об авторах

✉ **Ирина Игоревна Иванова** — д.м.н., заведующая кафедрой педиатрии педиатрического факультета.

E-mail: ivanovaii@tvgm.ru;

<https://odcid.org/0000-0002-9274-8213>; SPIN: 1162-1531

Наталья Юрьевна Коваль — заведующая отделением круглосуточного пребывания.

E-mail: natasha.koval@gmail.com;

<https://odcid.org/0000-0002-5679-3869>; SPIN: 8243-4103

Authors' info

✉ **Irina I. Ivanova** — Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Pediatrics at the Faculty of Pediatrics.

E-mail: ivanovaii@tvgm.ru;

<https://odcid.org/0000-0002-9274-8213>; SPIN: 1162-1531

Natalia Y. Koval — Head of the Department of round-the-clock stay of children's city clinical.

E-mail: natasha.koval@gmail.com;

<https://odcid.org/0000-0002-5679-3869>; SPIN: 8243-4103