

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1238>

Научная статья



# Форма лоханки почки у плода при гидронефрозе III степени как предиктор оперативного вмешательства в постнатальном периоде

С.Г. Бондаренко<sup>1</sup>, С.Т. Агзамходжаев<sup>2,3</sup>, А.В. Бойко<sup>4</sup>, Г.И. Кузовлева<sup>5,6</sup><sup>1</sup> Клиническая больница скорой медицинской помощи № 7, Волгоград, Россия;<sup>2</sup> Ташкентский педиатрический медицинский институт, Ташкент, Узбекистан;<sup>3</sup> Национальный детский медицинский центр, Ташкент, Узбекистан;<sup>4</sup> Детская городская клиническая больница № 7, Барнаул, Россия;<sup>5</sup> Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия;<sup>6</sup> Детская городская клиническая больница № 9 им. Г.Н. Сперанского, Москва, Россия

## Аннотация

**Актуальность.** Фетальный гидронефроз — один из наиболее распространенных пороков развития мочевой системы. Основная задача пренатальной диагностики состоит в идентификации группы риска с расширением собирающей системы почки вследствие механической обструкции лоханочно-мочеточникового сегмента.

**Цель** — определение пренатальной группы риска с высокой вероятностью раннего оперативного вмешательства в постнатальном периоде на основе оценки предикторных свойств формы лоханки при гидронефрозе III степени.

**Материалы и методы.** Проведен проспективный анализ результатов пренатального ультразвукового исследования 77 плодов (82 почечных единицы) с гидронефрозом III степени (классификация SFU). Переднезадний диаметр лоханки измерялся в миллиметрах на уровне ворот почки. При эллипсоидной форме лоханки вычислялся коэффициент сжатия эллипса, как отношение малой полуоси эллипса к его большой полуоси. Все параметры регистрировались в третьем триместре беременности. В исследование включались случаи гидронефроза с толщиной паренхимы, не отличающейся более чем на два сигмальных отклонения от нормативного значения. Первое ультразвуковое исследование в постнатальном периоде выполнялось в течение первого месяца жизни и далее в 3, 6 и 12 мес.

**Результаты.** Пренатально 57 почек имели эллипсоидную лоханку, и 25 — воронкообразную форму. Переднезадний диаметр эллипсоидных (16,5 [13; 20]) и воронкообразных лоханок (15,0 [13; 17,8]) статистически значимо не различался ( $p = 0,39$ ). Оперировано 36 (43,9 %) пациентов, из них 29 были в возрасте 1–3 мес., в связи с нарастанием переднезаднего диаметра с  $17,5 \pm 6,0$  до  $27,9 \pm 8,2$  ( $p < 0,001$ ) и переходом гидронефроза в IV степень уже к 1-му месяцу жизни. Остальные 7 детей имели постепенное прогрессирование гидронефроза и были оперированы в возрасте 12 мес. и старше. В 56,1 % отмечены разрешение, регрессия или стабилизация гидронефроза в процессе динамического наблюдения продолжительностью 1 год. При одновариантном анализе обнаружено, что конфигурация лоханки и коэффициент сжатия статистически значимо правильно прогнозировали прогрессирование гидронефроза и вероятность операции в 69,5 и 80,5 % соответственно. При этом коэффициент сжатия обладал более высокой чувствительностью и специфичностью.

**Заключение.** Фетальный гидронефроз с воронкообразной конфигурацией лоханки, имеет функциональную природу и регрессирует после рождения в течение первого года жизни. Антенатальная эллипсоидная конфигурация лоханки, приближающаяся к окружности, является статистически значимым предиктором оперативного вмешательства в связи с прогрессированием гидронефроза вследствие внешних причин обструкции.

**Ключевые слова:** гидронефроз; пренатальная диагностика; предикторы хирургического лечения; дети.

## Как цитировать:

Бондаренко С.Г., Агзамходжаев С.Т., Бойко А.В., Кузовлева Г.И. Форма лоханки почки у плода при гидронефрозе III степени как предиктор оперативного вмешательства в постнатальном периоде // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2022. Т. 12, № 4. С. 419–428. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1238>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1238>

Research Article

# The shape of the kidney pelvis in the fetus with hydronephrosis grade III as a predictor of surgical treatment in postnatal period

Sergey G. Bondarenko<sup>1</sup>, Saidanvar T. Agzamkhodzhaev<sup>2,3</sup>, Andrey V. Boyko<sup>4</sup>, Galina I. Kuzovleva<sup>5,6</sup><sup>1</sup> Clinical Emergency Hospital No. 7, Volgograd, Russia;<sup>2</sup> Tashkent Pediatric Medical Institute, Tashkent, Uzbekistan;<sup>3</sup> National Children's Medical Center, Tashkent, Uzbekistan;<sup>4</sup> Children's City Clinical Hospital No. 7, Barnaul, Russia;<sup>5</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia;<sup>6</sup> Speransky Children's Hospital No. 9, Moscow, Russia

## Abstract

**BACKGROUND:** Fetal hydronephrosis is one of the most common malformations of the urinary system. The main goal of prenatal diagnostics is to identify a risk group with a dilatation of the renal collecting system due to mechanical obstruction of the pelvic-ureteral segment.

**AIM:** The aim of the study is to definition of a prenatal risk group with a high probability of early surgical intervention in the postnatal period based on an assessment of the predictor properties of the pelvis shape in hydronephrosis grade III.

**MATERIALS AND METHODS:** A prospective analysis of the results of prenatal ultrasound examination of 77 fetuses (82 renal units) with grade III hydronephrosis (SFU classification) was carried out. The anteroposterior diameter of the pelvis was measured in millimeters at the level of the kidney gate. With the ellipsoid shape of the pelvis, the compression ratio of the ellipse was calculated as the ratio of the small semi-axis of the ellipse to its large semi-axis. All parameters were recorded in the third trimester of pregnancy. The study included cases of hydronephrosis with parenchymal thickness not differing by more than two sigma deviations from the standard value. The first ultrasound examination in the postnatal period was performed during the first month of life and then at 3, 6 and 12 months.

**RESULTS:** Prenatally, 57 kidneys had an elliptical pelvis and 25 funnel-shaped. The anteroposterior diameter of ellipsoid (16.5 [13; 20]) and funnel-shaped pelvis (15.0 [13; 17.8]) did not differ statistically significantly ( $p = 0.39$ ). 36 (43.9%) patients were operated on, 29 of them were operated at the age of 1–3 months, due to the increase in APD from  $17.5 \pm 6.0$  to  $27.9 \pm 8.2$  ( $p = 0.001$ ) and the transition of hydronephrosis to the IV degree by 1 month of life. The remaining 7 children had gradual progression of hydronephrosis and were operated at the age of 12 months and older. In 56.1%, resolution, regression or stabilization of hydronephrosis were noted during dynamic observation lasting 1 year. With a single-variant analysis, it was found that the configuration of the pelvis and the compression ratio of the ellipse statistically significantly correctly predicted the progression of hydronephrosis and the probability of surgery at 69.5% and 80.5%, respectively. At the same time, the compression ratio had a higher sensitivity and specificity.

**CONCLUSIONS:** Fetal hydronephrosis with a funnel-shaped configuration of the pelvis, has a functional nature and regresses after birth during the first year of life. The antenatal ellipsoid configuration of the pelvis, approaching the circumference, is a statistically significant predictor of surgical intervention due to the progression of hydronephrosis due to external causes of obstruction.

**Keywords:** hydronephrosis; prenatal diagnosis; predictors of surgical treatment; children.

## To cite this article:

Bondarenko SG, Agzamkhodzhaev ST, Boyko AV, Kuzovleva GI. The shape of the kidney pelvis in the fetus with hydronephrosis grade III as a predictor of surgical treatment in postnatal period. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2022;12(4):419–428. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1238>

Received: 07.03.2022

Accepted: 07.11.2022

Published: 29.12.2022

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Фетальный гидронефроз (ФГ) — один из наиболее распространенных пороков развития мочевой системы, выявляемых пренатально при ультразвуковом скрининге (частота встречаемости 2–5,5 %) [1]. D. Zhang и соавт. [2] выделяют физиологический и патологический типы ФГ — гидронефроз, который может спонтанно разрешиться после рождения, классифицируется как физиологический, в то время как пиелозктазию, которая прогрессирует и приводит к нарушению функции почек, можно определять как патологическое состояние. Мы считаем, что термин «физиологический» гидронефроз не совсем точно отражает патогенез, поэтому в своем исследовании используем понятие «транзиторный гидронефроз».

Основная задача пренатальной диагностики состоит в идентификации группы риска, в которой расширение собирательной системы почки является следствием механической обструкции лоханочно-мочеточникового сегмента (ЛМС). При этом раннее лечение может предотвратить развитие осложнений [3, 4].

Для определения степени гидронефроза и прогнозирования его течения в постнатальном периоде используется переднезадний диаметр лоханки (anterioposterior diameter — APD). Он является очень динамичным параметром, и его пороговое значение варьирует значительно [5–7]. Использование APD как предиктора имеет определенные недостатки и ограничения. Прогноз течения ФГ в постнатальном периоде, основанное на классификации Общества фетальной урологии (Society for Fetal Urology — SFU), дает надежный результат при I–II и IV степени, а при III степени находится в пределах 50–60 %, что можно отнести к неуверенному прогнозу [6].

Повышение гидростатического давления при гидронефрозе, оказывая давление на стенки лоханки, приводит к увеличению ее объема и, возможно, изменяет ее нормальную воронкообразную форму [8, 9].

*Цель исследования* — определение группы плодов с высокой вероятностью раннего оперативного вмешательства в постнатальном периоде на основе оценки предикторных свойств формы лоханки при гидронефрозе III степени.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

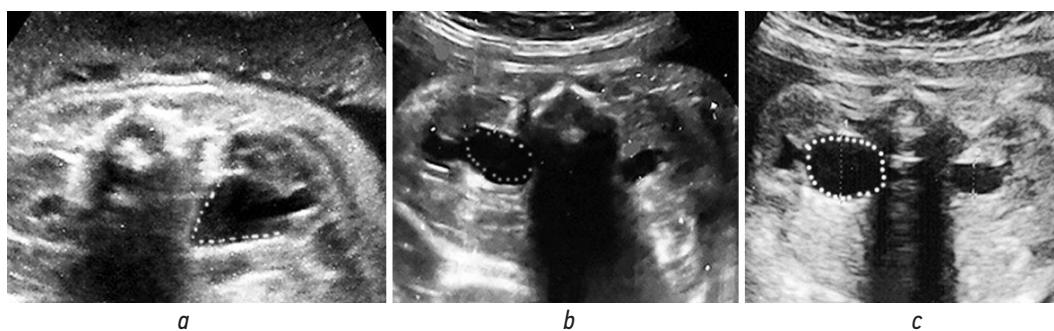
Проведен проспективный анализ результатов пренатального ультразвукового исследования 77 плодов (82 почечных единицы) с изолированным гидронефрозом III степени (классификация SFU). В протокол исследования были включены измерение APD, диаметра чашечек, толщины паренхимы над чашечками, а также форма лоханки, которая стратифицировалась как воронкообразная или эллипсовидная (рис. 1). Переднезадний диаметр лоханки измерялся на уровне ворот почки (в соответствии с рекомендацией SFU). При эллипсовидной форме лоханки вычислялся коэффициент сжатия эллипса (КС), то есть отношение малой полуоси эллипса к его большой полуоси.

Все параметры регистрировались в третьем триместре беременности. В исследование включали случаи гидронефроза с толщиной паренхимы, не отличающейся более чем на два сигмальных отклонения от нормативного значения ( $8,8 \pm 1,1$  мм), которое было получено при скрининге 50 плодов без явной аномалии почек. В исследование не включали плоды с аномалиями положения почек, первичным мегауретером, уретероцеле, удвоением почек, а также инфравезикальной обструкцией. Первое ультразвуковое исследование в постнатальном периоде выполняли в течение первого месяца жизни и далее в 3, 6 и 12 мес. Показаниями к оперативному лечению считали прогрессирование дилатации лоханки и чашечек или возрастание степени гидронефроза.

Исход события определялся как бинарная зависимая переменная, которая кодировалась «1» при прогрессировании гидронефроза с последующим оперативным лечением, и «0» — при уменьшении степени гидронефроза и консервативном наблюдении. К независимым переменным (предикторам) относили APD, форму лоханки и КС.

У оперированных детей причина обструкции классифицировалась как внутренняя (стеноз мочеточника) и внешняя (пересекающие сосуды, фиксированные изгибы мочеточника и высокое отхождение мочеточника с его компрессией адвентициальными тяжами).

Для сравнения средних величин, имеющих нормальное распределение, использовали *t*-тест Стьюдента.



**Рис. 1.** Формы лоханки: *a* — воронкообразная; *b*, *c* — эллипсовидная с различным коэффициентом сжатия  
**Fig. 1.** The shapes of the pelvis: *a* — funnel; *b*, *c* — elliptical with different compression ratio

Для сравнения парных переменных, имеющих распределение отличное от нормального, использовали критерий знаков Вилкоксона для двух связанных выборок и *U*-критерий Манна – Уитни для двух независимых выборок. При сравнении частот событий использовали точный критерий Фишера, а для определения достоверности превышения эмпирической частоты события над теоретической (частота случайного события,  $p = 0,5$ ) — биномиальный критерий.

Для оценки качества бинарной классификации с использованием параметров пренатального ультразвукового исследования применялся анализ ROC-кривых.

Для предсказания оперативного лечения в постнатальном периоде использовалась бинарная логистическая регрессия. Вероятность события рассчитывалась как  $p = 1/1 + e^{-z}$ , где  $z = b_0 + b_1 \cdot x$ , ( $b_0$  — константа,  $b_1$  — коэффициент регрессии,  $x$  — значение независимой переменной). Все расчеты производились с помощью пакета IBM SPSS Statistics 22.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В третьем триместре APD лоханок, в зависимости от их конфигурации, значимо не различался, 16,5 [13; 20] при эллипсоидной и 15,0 [13; 17,8] при воронкообразной лоханке ( $p = 0,39$ , тест Манна – Уитни) (табл. 1).

При изучении динамики гидронефроза и APD лоханки в периоде новорожденности в 37,8 % ( $n = 31$ ) установлена положительная динамика, которая выражалась в уменьшении степени гидронефроза и APD в среднем на 48 %, а в 21 % случаев ( $n = 17$ ) имелось полное разрешение гидронефроза (табл. 2).

Стабилизация гидронефроза и APD в течение первого месяца жизни отмечена у 25 % детей ( $n = 21$ ). Увеличение APD обнаружено в 37 % наблюдений ( $n = 30$ ) в среднем на 38 %. Антенатальный APD между группами детей с улучшением или разрешением гидронефроза и прогрессирующим APD в ближайшем постнатальном периоде не имел значимых отличий ( $16,3 \pm 4,5$  и  $17,5 \pm 6,0$ ,  $p = 0,1$ , *T*-тест).

У 7 пациентов в сроки наблюдения 3–6 мес. развивалась фебрильная инфекция мочевых путей. Им была проведена микционная цистоуретрография, которая установила наличие пузырно-мочеточникового рефлюкса III–IV степени.

В ближайшем постнатальном периоде частота разрешения гидронефроза, как и уменьшение APD в зависимости от конфигурации лоханки, не демонстрировали значимых различий (точный критерий Фишера,  $p = 0,09$ ). Вместе с тем случаи прогрессирующего гидронефроза в подавляющем большинстве имели эллипсоидную конфигурацию лоханки (табл. 3).

При воронкообразной форме лоханки в 7 случаях при динамическом наблюдении развивалась фебрильная мочевиная инфекция вследствие пузырно-мочеточникового рефлюкса III–IV степени. Один пациент был оперирован в возрасте 4 мес. в связи с нарастанием APD с 15 до 42 мм и переходом гидронефроза в IV степень. Постепенное прогрессирующее гидронефроза до IV степени отмечалось у двух детей, что стало показанием к операции в возрасте 2 лет.

При эллипсоидной форме лоханки в 4 случаях APD к 6 мес. наблюдения увеличился с 18,0 [13,5; 24,0] до 27,5 [23,8; 32,0] мм, в результате чего были сформулированы показания к оперативному лечению. У одного пациента,

Таблица 1. Описательная статистика ультразвуковых показателей

Table 1. Descriptive statistics of the ultrasound parameters

Переменные	Me [Q <sub>1</sub> ; Q <sub>3</sub> ]	min–max	<i>p</i> *
Переднезадний диаметр лоханки антенатально, мм	16,5 [13; 20]	10–37	0,001
Переднезадний диаметр лоханки постнатально, мм	14,5 [9; 26,3]	1–42	0,001
Коэффициент сжатия антенатально	0,7 [0,6; 0,9]	0,4–1,0	0,005

\*Тест Колмогорова – Смирнова на нормальность распределения с поправкой Лиллиефорса.

\*Kolmogorov–Smirnov test for normal distribution with Lilliefors correction.

Таблица 2. Динамика переднезаднего диаметра лоханки (APD) к первому месяцу постнатального периода, Me [Q<sub>1</sub>; Q<sub>3</sub>]

Table 2. Dynamics of the anteroposterior diameter (APD) in the first month of the postnatal period, Me [Q<sub>1</sub>; Q<sub>3</sub>]

Динамика	Количество пациентов ( $n = 82$ )	Антенатальный APD	Постнатальный APD	<i>p</i> *
Разрешение	17	13,0 [11,5; 18,0]	5,0 [3,0; 6,0]	<0,001
Регрессирование	14	15,0 [13,0; 19,0]	9,0 [5,0; 12,0]	<0,001
Стабилизация	21	16,0 [13,5; 19,0]	15,0 [12,0; 19,0]	0,9
Прогрессирование	30	17,5 ± 6,0	27,9 ± 8,2	<0,001

\*Парный критерий Вилкоксона.

\*Paired Wilcoxon test.

**Таблица 3.** Динамика переднезаднего диаметра лоханки (APD) к первому месяцу постнатального периода в зависимости от антенатальной формы лоханки, *Me [Q<sub>1</sub>; Q<sub>3</sub>]*

**Table 3.** Dynamics of the anteroposterior diameter (APD) in the first month of the postnatal period, depending on the antenatal form of the pelvis, *Me [Q<sub>1</sub>; Q<sub>3</sub>]*

Форма лоханки	Динамика (n)	Антенатальный APD	Постнатальный APD	p*
Воронкообразная, n = 25	Разрешение (8)	14 [12,0; 15,6]	4,0 [2,3; 5,0]	<0,001
	Регрессия (5)	15,0 [14,0; 19,0]	12,0 [9,0; 15,0]	<0,001
	Стабилизация (11)	16,5 [11,3; 21,8]	16,5 [11,0; 21,8]	0,34
	Прогрессия (1)	15	42	
Эллипсовидная, n = 57	Разрешение (9)	12 [10,5; 22,5]	6,0 [3,0; 6,5]	<0,001
	Регрессия (9)	17,0 [15,0; 19,0]	12,0 [10,0; 12,0]	<0,001
	Стабилизация (10)	14,0 [13,5; 18,5]	15,0 [12,0; 17,5]	0,6
	Прогрессия (29)	18,0 [14,0; 20,8]	27,5 [24,3; 35,0]	<0,001

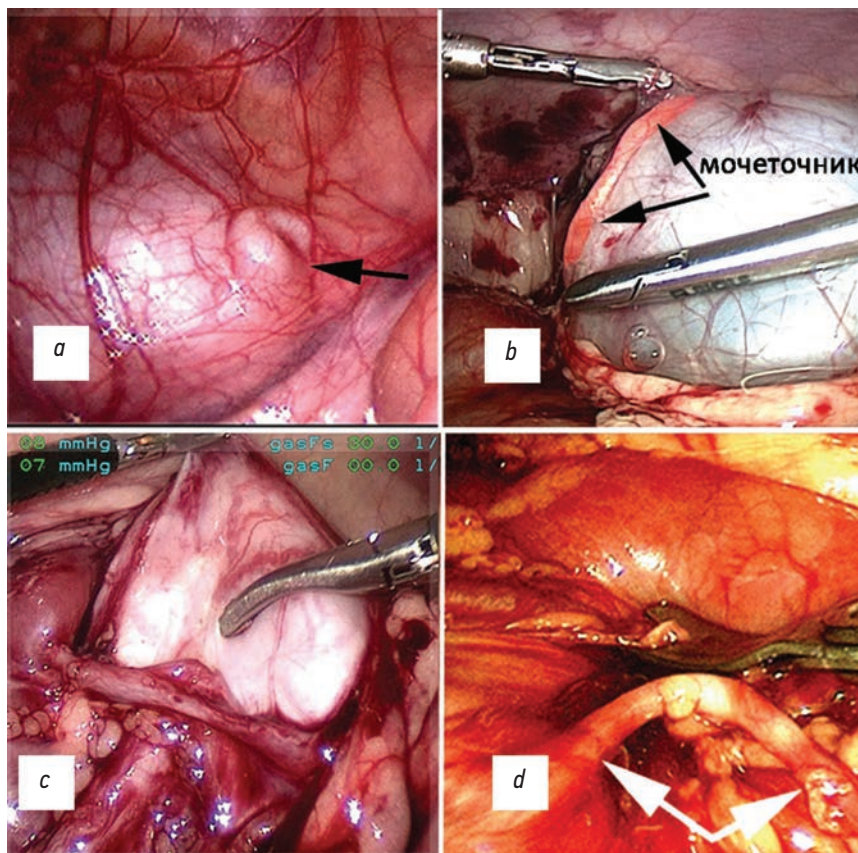
\*Парный критерий Вилкоксона.

\*Paired Wilcoxon test.

имевшего уменьшение APD в раннем постнатальном периоде, в дальнейшем обнаружено прогрессирование гидронефроза до IV степени с увеличением APD на 63 %. В возрасте 6 мес. ему было проведено оперативное лечение. При эллипсовидной форме лоханки в 29 случаях зарегистрировано нарастание APD с  $18,5 \pm 3,2$  до  $32,3 \pm 5,5$  мм уже в ближайшем постнатальном

периоде и прогрессирование гидронефроза до IV степени. Эти пациенты были оперированы в возрасте 1–3 мес., кроме одного ребенка, который в связи с отказом родителей от наблюдения был оперирован в возрасте 2 лет (нефрэктомия ввиду полной утраты функции почки).

Из 36 оперированных пациентов только трое имели воронкообразную конфигурацию лоханки в пренатальном

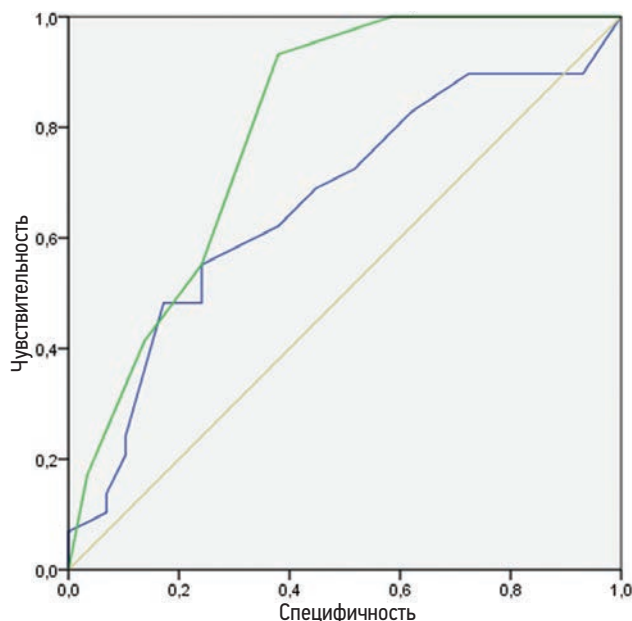


**Рис. 2.** Интраоперационные изображения причин обструкции: *a* — фиксированный изгиб (указан стрелкой) прилоханочного отдела мочеточника без стеноза лоханочно-мочеточникового сегмента; *b* — высокое вхождение мочеточника с его компрессией лоханкой; *c* — пересекающий сосуд; *d* — длинная зона дисплазии (указана стрелкой) проксимального отдела мочеточника

**Fig. 2.** Intraoperative images of the ureteropelvic junction: *a* — kinking of the proximal ureter; *b* — high ureteral insertion with ureteral compression by the pelvis; *c* — crossing vessel; *d* — long zone of dysplasia of the proximal ureter

периоде. Эллипсоидная конфигурация лоханки ( $n = 33$ ) сохранялась и после рождения ребенка, а причиной обструкции в 30 случаях было сочетание внутреннего стеноза с другими внешними причинами: проксимальное смещение лоханочно-мочеточникового соустья (высокое вхождение мочеточника) с фиксацией мочеточника к лоханке спайками (21), фиксированный к лоханке изгиб прилоханочного отдела мочеточника (7), а у 2 пациентов имелся пересекающий сосуд (рис. 2). Интересно, что в 2 случаях фиксированных изгибов и в одном при высоком отхождении мочеточника признаки стеноза отсутствовали.

В трех случаях при воронкообразной форме лоханки прогрессирование гидронефроза было связано с протяженной зоной дисплазии проксимального отдела мочеточника. На рис. 1 показаны основные причины обструкции у оперированных детей. Использование бинаomialного критерия подтвердило, что преобладание внешних



**Рис. 3.** ROC-кривые качества прогноза прогрессирования гидронефроза в постнатальном периоде. Предикторы: антенатальный переднезадний диаметр лоханки (синяя кривая) и коэффициент сжатия (зеленая кривая)

**Fig. 3.** ROC-quality curves for the prognosis of hydronephrosis progression in the postnatal period. Predictors of antenatal anteroposterior diameter of the pelvis (blue curve) and compression ratio (green curve)

причин обструкции является статистически достоверным событием ( $p < 0,001$ , при заданной вероятности 0,5).

### Оценка параметров антенатального УЗИ-скрининга как предикторов постнатального течения гидронефроза

Проведенный статистический анализ показал, что риск операции при прогрессировании гидронефроза в постнатальном периоде был значительно выше у детей с эллипсоидной формой лоханки в антенатальном периоде (тест Фишера,  $p < 0,001$ , отношение шансов 10,9 при доверительном интервале 2,4–50,1) и при значениях КС больше чем 0,6 (табл. 4).

При оценке ROC-кривых (рис. 3) установлено, что антенатальный APD лоханки обладал низким качеством бинарной классификации как предиктора оперативного вмешательства, площадь под кривой составляла 0,6 ( $p = 0,1$ ), в то время как КС при эллипсоидной конфигурации оказался более качественным диагностическим тестом (площадь под кривой 0,8,  $p < 0,001$ ).

Прогностическая модель с использованием бинарной логистической регрессии показала, что антенатальный APD лоханки не обладал статистически значимыми предиктивными свойствами в прогнозировании течения гидронефроза и оперативного вмешательства в ближайшем постнатальном периоде. При одновариантном анализе обнаружено, что конфигурация лоханки и КС статистически значимо правильно прогнозировали прогрессирование гидронефроза и вероятность операции в 69,5 и 80,5 % соответственно. При этом КС обладал более высокой чувствительностью и специфичностью (табл. 5).

При эллипсоидной форме лоханки вероятность прогрессирования APD в постнатальном периоде возрастала при увеличении КС, и в точке отсечения КС равного или больше 0,7 вероятность оперативного вмешательства, в связи с прогрессированием гидронефроза, была равна 0,8 и более.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Гидронефроз плода — частая аномалия мочевой системы, распространенность которой составляет 2–5,5 % [1]. Причинами формирования являются обструкция

**Таблица 4.** Сравнительный анализ параметров УЗИ

**Table 4.** Comparative analysis of ultrasound parameters

Признак	Оперированы ( $n = 36$ )	Не оперированы ( $n = 46$ )	$p^*$
Антенатальный APD, мм	$15,7 \pm 4,6$	$15,9 \pm 3,4$	0,86
Эллипсоидная форма лоханки	33 (58 %)	24 (42 %)	<0,001
Воронкообразная форма лоханки	3 (12 %)	22 (88 %)	
Коэффициент сжатия	$0,8 \pm 0,1$	$0,61 \pm 0,2$	<0,001

\*Тест Манна – Уитни. *Примечание.* APD — переднезадний диаметр лоханки.

\*Mann–Whitney test. *Note.* APD — anteroposterior diameter of the pelvis.

**Таблица 5.** Одновариантный логистический регрессионный анализ параметров УЗИ, связанных с прогрессированием гидронефроза в постнатальном периоде

**Table 5.** Univariate logistic regression analysis of factors associated with the progression of hydronephrosis in the postnatal period

Статистики	Предикторы		
	APD	форма лоханки	коэффициент сжатия
Константа	-1,1	-3,2	-2,6
Коэффициент регрессии	0,05	3,2	4,2
Отношение шансов	1,1	24,9	64,6
95 % доверительный интервал	1-1,2	3,2-196,3	9,2-454,1
Уровень значимости <i>p</i>	0,3	0,002	<0,001
Чувствительность	8,8	96,7	83,3
Специфичность	93,8	46,2	80,4
Процент правильного прогноза	58,5	69,5	80,5

*Примечание.* APD — переднезадний диаметр лоханки.

*Note.* APD — anteroposterior diameter of the pelvis.

лоханочно-мочеточникового или пузырно-мочеточникового сегмента, пузырно-мочеточниковый рефлюкс или клапан задней уретры. Основная задача пренатального исследования состоит в определении причины расширения собирательной системы почки, которая может возникать в результате обратимых функциональных состояний мочевыводящих путей или быть следствием аномального развития структур верхних мочевых путей.

В исследовании R. Babu и соавт. [10] показано, что морфология мочеточника у плодов, у которых отсутствовали аномалии почек и мочевыводящих путей, не отличалась от структуры патологического ЛМС у детей, оперированных по поводу гидронефроза. Изменения в образцах тканей заключались в превалировании коллагена и дезориентации мышечных волокон с дефицитом интерстициальных клеток Кахала (Cajal). Морфологическая картина, представленная авторами, указывает на характеристику мочеточника у плодов в период матурации и отсутствие созревания основных структур у оперированных детей. Таким образом, транзиторный гидронефроз у плодов можно расценить как следствие недостаточной физиологической активности мочеточника в процессе его созревания.

Для прогнозирования течения ФГ в постнатальном периоде широко используются предложенная обществом фетальной урологии степенная классификация пиелокаликотазии (SFU), 3-степенная классификация дилатации мочевого тракта (UTD) и измерение APD лоханки. По данным T.A. Kiener и соавт. [11], степень гидронефроза по SFU, как предиктора постнатального оперативного вмешательства, имела чувствительность 59 % и специфичность 86 %. Авторы показали, что частота операций при I-IV степенях гидронефроза составила 5,6, 17,5, 52,2 и 50 % соответственно. В приведенных результатах частота операций при III-IV степени, в отличие от легких степеней, может интерпретироваться как случайное событие. D. Zhang и соавт. [2] представили результаты, в которых

при фетальном гидронефрозе III-IV степени по классификации SFU 75 % новорожденных имели патологическую форму гидронефроза. Классификация гидронефроза по степени тяжести, предложенная SFU, дает качественную оценку гидронефроза, что предполагает оператор-зависимую интерпретацию результатов исследования. Метаанализ, опубликованный G. Sidhu и соавт. [12], показал высокую степень варибельности оценки тяжести гидронефроза в публикациях по прогнозированию исходов ФГ. Низкая межэкспертная надежность при оценке ФГ III степени по классификации SFU и гидронефроза низкого риска по классификации UTD была констатирована в исследованиях D.J. Chalmers и соавт. [13] и M. Rickard и соавт. [14]. В большинстве работ прослеживается субъективная оценка толщины паренхимы, используются выражения «нормальная толщина» или «истончение паренхимы», что не удовлетворяет основным принципам доказательной медицины. Такая субъективная оценка анатомии почки может приводить к некорректному прогнозу вследствие недостаточно объективной дифференциации между III и IV степенью гидронефроза по классификации SFU или II и III — по классификации UTD. По нашему мнению, оценку степени гидронефроза необходимо проводить с использованием сравнения толщины кортикального слоя с нормативным показателем. При измерении кортикального слоя почки мы используем правило «двух сигм», что позволяет статистически значимо оценить состояние паренхимы.

Многие исследователи используют APD лоханки для дифференциации физиологического и патологического ФГ. Метаанализ, проведенный R.S. Lee и соавт. [15], показал, что фетальный гидронефроз с APD лоханки  $\geq 15$  мм имеет 88 % риск наличия патологии в постнатальном периоде по сравнению с 45 % риском при гидронефрозе средней степени (APD лоханки 9–15 мм), при котором прогноз наличия или отсутствия патологии неочевиден. По данным исследования L.K. Duin и соавт. [16], 61,1 %

пациентов с пренатальным APD лоханки более 15 мм были оперированы в грудном возрасте. Вместе с тем А.М. Elmaci и соавт. [17] показали, что при APD лоханки 10–20 мм вероятность разрешения гидронефроза в течение первого года жизни составляет 51 %, и такая частота события может считаться равновероятной. По данным других исследователей, в третьем триместре беременности пороговые значения APD лоханки, выше которых вероятность оперативного вмешательства увеличивалась, варьировали в значительных пределах (6–15 мм). Исходя из данных литературы, использование APD лоханки как параметра предикции показывает значительную вариабельность в определении прогноза, так как не учитывает анатомические варианты строения лоханки [5–7, 18, 19].

Если следовать рекомендациям SFU, измерение APD в области ворот почки при внутриворотном или смешанном типе строения будет недостаточно корректно оценивать степень пиелозктазии. С другой стороны, рекомендованная мультидисциплинарной конференцией в 2014 г. методика измерения APD во внутриворотной части лоханки также не будет адекватной при ее внепочечном строении [20].

Основная задача пренатальной диагностики изолированного гидронефроза — дифференциация функциональной и механической обструкции в зоне ЛМС. Повышение внутриворотного давления является ведущим патогенетическим звеном при гидронефрозе, вызванным сопротивлением пассажу мочи через ЛМС. В 1969 г. J.H. Johnston определил обструкцию гидродинамически и разделил ее на две функциональные составляющие: внешние механические факторы (девиация мочеточника, внешняя компрессия) и внутренние нарушения, такие как сужение или дисфункциональные адинамические состояния мочеточника [8]. Позже S.A. Koff и соавторы в экспериментальном и клиническом исследовании показали механизм развития внешних механических факторов обструкции [9]. Первоначально существующие внутренние причины, вызывая повышение внутриворотного давления, изменяют конфигурацию лоханки за счет выбухания ее нижней стенки, которая в норме имеет вогнутую или прямую форму. В последующем происходит проксимальное смещение ЛМС, фиксация мочеточника к лоханке, и активизируется внешняя компрессия мочеточника лоханкой. Мы предположили, что описанный механизм развития обструкции возможен уже в период внутриутробного развития. Для того чтобы определить, возможно ли дифференцировать наличие механической обструкции от функциональной при изолированном ФГ, было изучено наличие связи формы лоханки с течением гидронефроза для прогнозирования операции в постнатальном периоде. Выбор гидронефроза III степени по SFU был обусловлен недостаточно качественным, как показал анализ литературы, прогнозом течения гидронефроза постнатально у этой группы больных [21]. Проведенное проспективное исследование показало, что в 56 % случаев гидронефроз регрессировал в течении 1 года жизни,

что соответствует литературным данным. Статистический анализ показал, что при антенатальном гидронефрозе III степени разрешение, регрессия или стабилизации гидронефроза (56 %) по сравнению с частотой прогрессирования (44 %) являются равновероятными событиями. Было установлено, что степень дилатации лоханки не обладала предиктивными свойствами и антенатальный APD лоханки статистически значимо не различался между группой детей, у которых гидронефроз регрессировал и теми пациентами, которым проведено оперативное лечение. Вместе с тем была обнаружена статистически значимая регрессионная связь между конфигурацией лоханки и исходом гидронефроза в постнатальном периоде. Вероятность оперативного вмешательства была высокой только при эллипсоидной форме лоханки с коэффициентом сжатия эллипса равного или больше 0,7. Таким образом, чем больше форма лоханки приближается к окружности, тем выше вероятность наличия механической обструкции уже в период внутриутробного развития.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Фетальный гидронефроз с воронкообразной конфигурацией лоханки имеет функциональную природу и независимо от степени ее дилатации будет регрессировать после рождения в течение первого года жизни. Эллипсоидная конфигурация лоханки, приближающаяся к окружности, — статистически значимый предиктор прогрессирования дилатации собирательной системы почки вследствие внешних причин обструкции, определяющий большую вероятность оперативного вмешательства в раннем постнатальном периоде.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Вклад каждого автора: С.Г. Бондаренко, Г.И. Кузовлева — концепция и дизайн исследования; С.Т. Агзамходжаев, А.В. Бойко — сбор и обработка материалов; С.Т. Агзамходжаев, Г.И. Кузовлева — анализ полученных данных, написание текста.

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

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

**Информированное согласие на публикацию.** Авторы получили письменное согласие законных представителей пациента на публикацию медицинских данных и фотографий.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Author contribution.** Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition analysis,



interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. Contribution of each author: S.G. Bondarenko, G.I. Kuzovleva — study concept and design; S.T. Agzamkhodzhaev, A.V. Boyko — collection and processing of materials; S.T. Agzamkhodzhaev, G.I. Kuzovleva — analysis of the received data, writing the text.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Livera L.N., Brookfield D.S., Egginton J.A., Hawnaur J.M. Antenatal ultrasonography to detect fetal renal abnormalities: a prospective screening programme // *BMJ*. 1989. Vol. 298, No. 6685. P. 1421–1423. DOI: 10.1136/bmj.298.6685.1421
2. Zhang D., Sun X., Chen X., et al. Ultrasound evaluation for prediction of outcomes and surgical decision in fetal hydronephrosis // *Exp Ther Med*. 2019. Vol. 18, No. 2. P. 1399–1406. DOI: 10.3892/etm.2019.7683
3. Babu R., Rathish V.R., Sai V. Functional outcomes of early versus delayed pyeloplasty in prenatally diagnosed pelvi-ureteric junction obstruction // *J Pediatr Urol*. 2015. Vol. 11, No. 2. P. 63.e1–e5. DOI: 10.1016/j.jpuro.2014.10.007
4. Юдина Е.В., Гельдт В.Г., Кузовлева Г.И. Значение комплексного ультразвукового обследования в оценке кровообращения почек плода в норме и при обструктивных уropатиях // *Пренатальная диагностика*. 2007. № 4. С. 291–296.
5. Sairam S., Al-Habib A., Sasson S., Thilaganathan B. Natural history of fetal hydronephrosis diagnosed on mid-trimester ultrasound // *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2001. Vol. 17, No. 3. P. 191–196. DOI: 10.1046/j.1469-0705.2001.00333.x
6. Zhan X., Tao G., Cheng L., et al. Ultrasound score: a new method to differentiate fetal physiological and pathological hydronephrosis // *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2010. Vol. 151, No. 1. P. 26–32. DOI: 10.1016/j.ejogrb.2010.02.046
7. Bassanese G., Travan L., D'Ottavio G., et al. Prenatal anteroposterior pelvic diameter cutoffs for postnatal referral for isolated pyelectasis and hydronephrosis: more is not always better // *J Urol*. 2013. Vol. 190, No. 5. P. 1858–1863. DOI: 10.1016/j.juro.2013.05.038
8. Johnston J.H. The pathogenesis of hydronephrosis in children // *Br J Urol*. 1969. Vol. 41, No. 6. P. 724–734. DOI: 10.1111/j.1464-410x.1969.tb09985.x
9. Koff S.A., Hayden L.J., Cirulli C., Shore R. Pathophysiology of ureteropelvic junction obstruction: experimental and clinical observations // *J Urol*. 1986. Vol. 136, No. 1 Pt 2. P. 336–338. DOI: 10.1016/s0022-5347(17)44859-2
10. Babu R., Vittalraj P., Sundaram S., Shalini S. Pathological changes in ureterovesical and ureteropelvic junction obstruction explained by fetal ureter histology // *J Pediatr Urol*. 2019. Vol. 15, No. 3. P. 240.e1–240.e7. DOI: 10.1016/j.jpuro.2019.02.001
11. Kiener T.A., Wohlmuth C., Schimke C., et al. Ultrasound markers in fetal hydronephrosis to predict postnatal surgery // *Ultraschall Med*. 2020. Vol. 41, No. 3. P. 278–285. DOI: 10.1055/a-0591-3303

## REFERENCES

1. Livera LN, Brookfield DS, Egginton JA, Hawnaur JM. Antenatal ultrasonography to detect fetal renal abnormalities: a prospective screening programme. *BMJ*. 1989;298(6685):1421–1423. DOI: 10.1136/bmj.298.6685.1421

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

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

**Consent for publication.** Written consent was obtained from the patient for publication of relevant medical information and all of accompanying images within the manuscript.

12. Sidhu G., Beyene J., Rosenblum N.D. Outcome of isolated antenatal hydronephrosis: a systematic review and meta-analysis // *Pediatr Nephrol*. 2006. Vol. 21, No. 2. P. 218–224. DOI: 10.1007/s00467-005-2100-9

**13.** Chalmers D.J., Meyers M.L., Brodie K.E., et al. Inter-rater reliability of the APD, SFU and UTD grading systems in fetal sonography and MRI // *J Pediatr Urol*. 2016. Vol. 12, No. 5. P. 305.e1–305.e5. DOI: 10.1016/j.jpuro.2016.06.012

**14.** Rickard M., Easterbrook B., Kim S., et al. Six of one, half a dozen of the other: A measure of multidisciplinary inter/intra-rater reliability of the society for fetal urology and urinary tract dilation grading systems for hydronephrosis // *J Pediatr Urol*. 2017. Vol. 13, No. 1. P. 80.e1–80.e5. DOI: 10.1016/j.jpuro.2016.09.005

**15.** Lee R.S., Cendron M., Kinnamon D.D., Nguyen H.T. Antenatal hydronephrosis as a predictor of postnatal outcome: a meta-analysis // *Pediatrics*. 2006. Vol. 118, No. 2. P. 586–593. DOI: 10.1542/peds.2006-0120

**16.** Duin L.K., Willekes C., Koster-Kamphuis L., et al. Fetal hydronephrosis: does adding an extra parameter improve detection of neonatal uropathies? // *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2012. Vol. 25, No. 7. P. 920–923. DOI: 10.3109/14767058.2011.600365

**17.** Elmaci A.M., Dönmez M.İ. Time to resolution of isolated antenatal hydronephrosis with anteroposterior diameter  $\leq 20$  mm // *Eur J Pediatr*. 2019. Vol. 178, No. 6. P. 823–828. DOI: 10.1007/s00431-019-03359-y

**18.** Wollenberg A., Neuhaus T.J., Willi U.V., Wissler J. Outcome of fetal renal pelvic dilatation diagnosed during the third trimester // *Ultrasound Obstet Gynecol*. 2005. Vol. 25, No. 5. P. 483–488. DOI: 10.1002/uog.1879

**19.** Kim H.J., Jung H.J., Lee H.Y., et al. Diagnostic value of anteroposterior diameter of fetal renal pelvis during second and third trimesters in predicting postnatal surgery among Korean population: useful information for antenatal counseling // *Urology*. 2012. Vol. 79, No. 5. P. 1132–1137. DOI: 10.1016/j.urology.2012.01.007

**20.** Nguyen H.T., Benson C.B., Bromley B., et al. Multidisciplinary consensus on the classification of prenatal and postnatal urinary tract dilation (UTD classification system) // *J Pediatr Urol*. 2014. Vol. 10, No. 6. P. 982–998. DOI: 10.1016/j.jpuro.2014.10.002

**21.** Обухов Н.С., Воронина Е.А., Данилюк С.А. Пренатальная диагностика и постнатальная верификация обструктивных уropатий у детей первого года жизни // *Вестник уральской медицинской академической науки*. 2016. № 2. С. 24–29. DOI: 10.22138/2500-0918-2016-14-2-24-29

2. Zhang D, Sun X, Chen X, et al. Ultrasound evaluation for prediction of outcomes and surgical decision in fetal hydronephrosis. *Exp Ther Med*. 2019;18(2):1399–1406. DOI: 10.3892/etm.2019.7683

3. Babu R, Rathish VR, Sai V. Functional outcomes of early versus delayed pyeloplasty in prenatally diagnosed pelvi-ureteric junction obstruction. *J Pediatr Urol.* 2015;11(2):63.e1–e5. DOI: 10.1016/j.jpuro.2014.10.007
4. Yudina EV, Gel'dt VG, Kuzovleva GI. Znachenie kompleksnogo ul'trazvukovogo obsledovaniya v otsenke krovoobrashcheniya pochek ploda v norme i pri obstrukivnykh uropatiyakh. *Prenatal'naya Diagnostika.* 2007;(4):291–296. (In Russ.)
5. Sairam S, Al-Habib A, Sasson S, Thilaganathan B. Natural history of fetal hydronephrosis diagnosed on mid-trimester ultrasound. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2001;17(3):191–196. DOI: 10.1046/j.1469-0705.2001.00333.x
6. Zhan X, Tao G, Cheng L, et al. Ultrasound score: a new method to differentiate fetal physiological and pathological hydronephrosis. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2010;151(1):26–32. DOI: 10.1016/j.ejogrb.2010.02.046
7. Bassanese G, Travan L, D'Ottavio G, et al. Prenatal anteroposterior pelvic diameter cutoffs for postnatal referral for isolated pyelectasis and hydronephrosis: more is not always better. *J Urol.* 2013;190(5):1858–1863. DOI: 10.1016/j.juro.2013.05.038
8. Johnston JH. The pathogenesis of hydronephrosis in children. *Br J Urol.* 1969;41(6):724–734. DOI: 10.1111/j.1464-410x.1969.tb09985.x
9. Koff SA, Hayden LJ, Cirulli C, Shore R. Pathophysiology of ureteropelvic junction obstruction: experimental and clinical observations. *J Urol.* 1986;136(1 Pt 2):336–338. DOI: 10.1016/s0022-5347(17)44859-2
10. Babu R, Vittalraj P, Sundaram S, Shalini S. Pathological changes in ureterovesical and ureteropelvic junction obstruction explained by fetal ureter histology. *J Pediatr Urol.* 2019;15(3):240.e1–240.e7. DOI: 10.1016/j.jpuro.2019.02.001
11. Kiener TA, Wohlmuth C, Schimke C, et al. Ultrasound markers in fetal hydronephrosis to predict postnatal surgery. *Ultraschall Med.* 2020;41(3):278–285. DOI: 10.1055/a-0591-3303
12. Sidhu G, Beyene J, Rosenblum ND. Outcome of isolated antenatal hydronephrosis: a systematic review and meta-analysis. *Pediatr Nephrol.* 2006;21(2):218–224. DOI: 10.1007/s00467-005-2100-9
13. Chalmers DJ, Meyers ML, Brodie KE, et al. Inter-rater reliability of the APD, SFU and UTD grading systems in fetal sonography and MRI. *J Pediatr Urol.* 2016;12(5):305.e1–305.e5. DOI: 10.1016/j.jpuro.2016.06.012
14. Rickard M, Easterbrook B, Kim S, et al. Six of one, half a dozen of the other: A measure of multidisciplinary inter/intra-rater reliability of the society for fetal urology and urinary tract dilation grading systems for hydronephrosis. *J Pediatr Urol.* 2017;13(1):80.e1–80.e5. DOI: 10.1016/j.jpuro.2016.09.005
15. Lee RS, Cendron M, Kinnamon DD, Nguyen HT. Antenatal hydronephrosis as a predictor of postnatal outcome: a meta-analysis. *Pediatrics.* 2006;118(2):586–593. DOI: 10.1542/peds.2006-0120
16. Duin LK, Willekes C, Koster-Kamphuis L, et al. Fetal hydronephrosis: does adding an extra parameter improve detection of neonatal uropathies? *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2012;25(7):920–923. DOI: 10.3109/14767058.2011.600365
17. Elmaci AM, Dönmez Mİ. Time to resolution of isolated antenatal hydronephrosis with anteroposterior diameter  $\leq 20$  mm. *Eur J Pediatr.* 2019;178(6):823–828. DOI: 10.1007/s00431-019-03359-y
18. Wollenberg A, Neuhaus TJ, Willi UV, Wisser J. Outcome of fetal renal pelvic dilatation diagnosed during the third trimester. *Ultrasound Obstet Gynecol.* 2005;25(5):483–488. DOI: 10.1002/uog.1879
19. Kim HJ, Jung HJ, Lee HY, et al. Diagnostic value of anteroposterior diameter of fetal renal pelvis during second and third trimesters in predicting postnatal surgery among Korean population: useful information for antenatal counseling. *Urology.* 2012;79(5):1132–1137. DOI: 10.1016/j.urology.2012.01.007
20. Nguyen HT, Benson CB, Bromley B, et al. Multidisciplinary consensus on the classification of prenatal and postnatal urinary tract dilation (UTD classification system). *J Pediatr Urol.* 2014;10(6):982–998. DOI: 10.1016/j.jpuro.2014.10.002
21. Obukhov NS, Voronina EA, Danilyuk SA. Prenatal diagnosis and postnatal verification of obstructive uropathy among children in the first year of life. *Vestnik Ural'skoi Meditsinskoj Akademicheskoi Nauki.* 2016;(2):24–29. (In Russ.) DOI: 10.22138/2500-0918-2016-14-2-24-29

## ОБ АВТОРАХ

**Сергей Георгиевич Бондаренко**, канд. мед. наук, заведующий детским урологическим отделением;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5130-4782>;  
eLibrary SPIN: 9230-5510; e-mail: [sergebondarenko@rambler.ru](mailto:sergebondarenko@rambler.ru)

**Саиданвар Талатович Агзамходжаев**, д-р мед. наук; руководитель отдела детской урологии;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0742-7392>;  
eLibrary SPIN: 6553-0725; e-mail: [ast.doctor@gmail.com](mailto:ast.doctor@gmail.com)

**Андрей Владимирович Бойко**, канд. мед. наук, заведующий отделением детской хирургии;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4578-1085>;  
eLibrary SPIN: 8592-7591; e-mail: [andreyboiko@mail.ru](mailto:andreyboiko@mail.ru)

\***Галина Игоревна Кузовлева**, канд. мед. наук, врач детский уролог-андролог; ассистент кафедры детской хирургии и урологии-андрологии им. Л.П. Александрова; адрес: 123317, Москва, Шмитовский пр-д, д. 29; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5957-7037>;  
eLibrary SPIN: 7990-4317; e-mail: [dr.gala@mail.ru](mailto:dr.gala@mail.ru)

## AUTHORS INFO

**Sergei G. Bondarenko**, Cand. Sci. (Med.), Head of Department of Pediatric Urology; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5130-4782>;  
eLibrary SPIN: 9230-5510; e-mail: [sergebondarenko@rambler.ru](mailto:sergebondarenko@rambler.ru)

**Saidanvar T. Agzamkhodjaev**, Dr. Sci. (Med); Head of Department of Pediatric Urology;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0742-7392>;  
eLibrary SPIN: 6553-0725; e-mail: [ast.doctor@gmail.com](mailto:ast.doctor@gmail.com)

**Andrey V. Boyko**, Cand. Sci. (Med.), Head of Pediatric Surgery Department; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4578-1085>;  
eLibrary SPIN: 8592-7591; e-mail: [andreyboiko@mail.ru](mailto:andreyboiko@mail.ru)

\***Galina I. Kuzovleva**, Cand. Sci. (Med.), Paediatric Urologist; Assistant of the Department of Pediatric Surgery, Urology and Andrology; address: 29, Shmitovskiy pass., Moscow, 123317, Russia; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5957-7037>;  
eLibrary SPIN: 7990-4317; e-mail: [dr.gala@mail.ru](mailto:dr.gala@mail.ru)

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author