



Перекрут яичка у детей. Возможности эхографической диагностики и прогнозирования

©Е.Б. Ольхова^{1,2*}, М.В. Топольник², А.С. Гуленков³

¹ Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова, Москва, Россия

² Детская городская клиническая больница святого Владимира Департамента здравоохранения города Москвы, Москва, Россия

³ Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений, Москва, Россия

* Е.Б. Ольхова, Детская городская клиническая больница святого Владимира Департамента здравоохранения города Москвы, 107014, г. Москва, ул. Рубцовско-Дворцовая, д. 1/3, elena-olchova@bk.ru

Поступила в редакцию 28 сентября 2022 г. Исправлена 20 декабря 2022 г. Принята к печати 28 декабря 2022 г.

Резюме

Введение: Перекрут яичка (ПЯ) – наиболее экстренная ситуация в детской андрологии. Высокая чувствительность тестикулярной ткани к гипоксии определяет необходимость экстренного оказания помощи.

Цель: Определение статистически достоверных показателей диагностической значимости некоторых эхографических симптомов ПЯ у детей.

Материал и методы: Эхографически обследовано 202 ребенка с ПЯ (основная группа) и 449 пациентов контрольной группы в возрасте от 2 мес. до 17 лет 11 мес. 28 дней. Статистическая обработка проведена с определением средних величин, их стандартного отклонения, ошибки репрезентативности, достоверности различия средних, коэффициента корреляции и ROC-анализа. Для объективизации эхографической оценки формы яичка внедрены в практику: коэффициент округления – k_0 = (длина яичка – толщина яичка) / длина яичка и показатель Δk_0 , рассчитываемый как разница k_0 на пораженной и контрлатеральной сторонах.

Результаты и обсуждение: ПЯ чаще наблюдался у детей старше 12 лет (84,7 %). В группе детей с ПЯ k_0 составил $0,160 \pm 0,007$, в группе контроля – $0,037 \pm 0,003$ ($t = 16,92$, $p \gg 0,001$). ROC-анализ подтвердил полученную высокую информативность Δk_0 : AUC – 0,886. У пациентов с благоприятным исходом лечения ПЯ Δk_0 составляет $0,130 \pm 0,008$, у пациентов с неблагоприятным исходом – $0,19 \pm 0,01$ ($p < 0,001$). В большинстве случаев удается визуализировать whirlpool sign (WS) с сохраненным кровотоком (71 наблюдение). При этом вероятность благоприятного исхода лечения ПЯ составила 74,6%. WS без доплеровского окрашивания сосудов эхографически дифференцируется значительно реже (31 наблюдение), и при этом благоприятный исход лечения ПЯ составил 54,8%. Из 22 пациентов, у которых WS при прицельном сканировании выявлен не был, благоприятный исход лечения составил только 40,9%.

Заключение: Коэффициент округления k_0 может быть использован в качестве вспомогательного критерия диагностики ПЯ в ранние сроки заболевания. При $\Delta k_0 = 0,08$, чувствительность (Se) признака относительно наличия ПЯ составляет 79,2%, при специфичности (Sp) = 85,7%. При $\Delta k_0 = 0,16$ достигается практически 100%-я специфичность показателя, однако Se при этом снижается до 45,0%. Выявление WS с цветным окрашиванием при доплеровском исследовании является положительным прогностическим признаком.

Ключевые слова: ультразвуковая диагностика, дети, перекрут яичка

Цитировать: Ольхова Е.Б., Топольник М.В., Гуленков А.С. Перекрут яичка у детей. Возможности эхографической диагностики и прогнозирования. *Инновационная медицина Кубани*. 2023;(1):58–64. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2023-26-1-58-64>

Testicular Torsion in Children. Diagnostic and Prognostic Potential of Ultrasonography

©Elena B. Olkhova^{1,2*}, Margarita V. Topolnik², Alexander S. Gulenkov³

¹ A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, Moscow, Russian Federation

² St. Vladimir Children's Clinical Hospital of the Moscow Healthcare Department, Moscow, Russian Federation

³ All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russian Federation

* Elena B. Olkhova, St. Vladimir Children's Clinical Hospital of the Moscow Healthcare Department, ulitsa Rubtsovsko-Dvortsovaya, 1/3, Moscow, 107014, Russian Federation, elena-olchova@bk.ru

Received: September 28, 2022. Received in revised form: December 20, 2022. Accepted: December 28, 2022.

Abstract

Introduction: Testicular torsion is the most urgent case in pediatric andrology that requires emergency care due to the high sensitivity of testicular tissue to hypoxia.

Objective: To determine statistically significant parameters indicating diagnostic significance of some ultrasonographic testicular torsion symptoms in children.

Materials and methods: Ultrasonography was performed in 202 children with testicular torsion (main group) and 449 patients (control group) aged from 2 months to 17 years 11 months and 28 days. During statistical processing we determined the mean values,



their standard deviation, sampling errors, significance of differences in the mean values, correlation coefficient and did ROC analysis. For an objective ultrasonographic assessment of testicular shape, we implemented the coefficient of rounding – k_o = (testicular length – testicular thickness) / testicular length – and the parameter Δk_o calculated as the difference between k_o for the affected side and the contralateral one.

Results and discussion: Testicular torsion was more common in children above 12 years of age (84.7%). The k_o was 0.160 ± 0.007 in the group of children with testicular torsion and 0.037 ± 0.003 in the control group ($t = 16.92$, $p \gg .001$). The ROC analysis proved the Δk_o to be highly informative: AUC was 0.886. The Δk_o was 0.130 ± 0.008 for patients with favorable treatment outcomes and 0.19 ± 0.01 ($p < 0.001$) for those with unfavorable outcomes. In most cases (71), the whirlpool sign was visualized with preserved blood flow. In such a case, the probability of the favorable treatment outcome was 74.6%. The whirlpool sign visualization was significantly less common (31 cases) without Doppler ultrasonography; favorable treatment outcomes were achieved in 54.8%. Of 22 patients with the undetected whirlpool sign, favorable treatment outcomes were possible only in 40.9%.

Conclusions: The coefficient of rounding k_o can be used as an auxiliary criterion for the early diagnosis of testicular torsion. With $\Delta k_o = 0.08$, the sensitivity of the parameter in respect of testicular torsion is 79.2%, and specificity is 85.7%. With $\Delta k_o = 0.16$, the specificity of the parameter is almost 100% with a 45.0% decrease of the sensitivity. Whirlpool sign detection using color Doppler ultrasonography is a positive prognostic factor.

Keywords: ultrasonography, children, testicular torsion

Cite this article as: Olkhova EB, Topolnik MV, Gulenkov AS. Testicular torsion in children. Diagnostic and prognostic potential of ultrasonography. *Innovative Medicine of Kuban*. 2023;(1):58–64. <https://doi.org/10.35401/2541-9897-2023-26-1-58-64>

Актуальность

Перекрут яичка (ПЯ) – наиболее экстренная ситуация в детской андрологии. Высокая чувствительность тестикулярной ткани к гипоксии определяет необходимость экстренного оказания помощи.

ПЯ сопровождается нарушением/прекращением тестикулярного кровотока, при этом сперматогенная ткань погибает за несколько часов, что в совокупности с нечеткостью клинической картины обуславливает необходимость точной инструментальной диагностики и экстренного оказания медицинской помощи. Единственным объективным методом визуализации структур мошонки и тестикулярного кровотока при ПЯ на сегодняшний момент является УЗИ. МРТ, сцинтиграфия и спектроскопия в инфракрасном диапазоне не нашли широкого применения у пациентов с ПЯ [3, 12]. Отсутствие выраженных структурных изменений яичка при УЗИ в первые часы от начала заболевания и высокая операторзависимость метода предполагает объективные сложности в получении и интерпретации эхографических данных и определяют необходимость поиска объективных эхографических показателей.

Цель исследования: определение статистической достоверности некоторых эхографических симптомов ПЯ у детей.

Материал и методы

За последние 18 лет эхографически обследовано 202 ребенка с ПЯ (основная группа) и 449 пациентов (контрольная группа) в возрасте от 2 мес. до 17 лет 11 мес. 28 дней. Дети с ПЯ единственного и крипторхированного из группы исследования исключены. Всем детям основной группы УЗИ выполнялось сразу после обращения в стационар и на 3-и сут. после операции. Проводилось УЗИ органов мошонки и паховых областей на пораженной и контрлатеральной сторонах с применением мультисекторных линейных датчиков 8–18 МГц в В-режиме и цветовом доплеровском режиме на аппаратах премиум-класса

Acuson/Seqoia-512 (Acuson, США) и Voluson E8 (General Electric, США). Осуществлялось измерение размеров яичек и придатков, оценка их эхографической структуры, оценка оболочек яичка, наличие выпота, наличие/отсутствие сосудистого рисунка в яичках, придатках, оболочках, элементах семенного канатика, визуализации whirlpool sign (WS – «знак водоворота», «симптом улитки» – русскоязычные аналоги, не получившие широкого распространения), собственно, места перекрута семенного канатика. Контрольные УЗИ проводились на 2–3-и сут. после деторсии. Благоприятным исходом лечения ПЯ считалось восстановление эхоструктуры яичка и интратестикулярного кровотока к 3-м сут. послеоперационного периода. Неблагоприятным исходом считались все остальные варианты. Этот срок обусловлен многочисленными исследованиями, доказавшими, что ишемия гонады продолжительностью более 3-х сут. и выраженные нарушения эхоструктуры яичка в В-режиме являются для органа прогностически неблагоприятными: развивающиеся склеротические изменения приводят к утрате сперматогенной функции с возможным сохранением эндокринной. Изучение отдаленных результатов в задачи данного исследования не входило.

С целью объективизации эхографической оценки формы яичка внедрен в практику коэффициент округления (k_o) (формула 1):

$$k_o = \frac{(D - T)}{T}$$

1) где: k_o – коэффициент округления; D – длина яичка, мм; T – толщина яичка, мм.

Также определялся показатель Δk_o , рассчитываемый по формуле (2):

$$\Delta k_o = k_o \text{ пораженной стороны} - k_o \text{ контрлатеральной стороны}$$

2) Расчет k_o и Δk_o выполнен для всех детей основной и контрольной групп и не требовал специального программного обеспечения.

Статистическая обработка данных проведена с помощью программы Microsoft Office Excel 2019 с вычислением среднего показателя в группе (X_{cp}) и стандартной ошибки (SE). При сравнении выборок использовали t-критерий Стьюдента. Проверка на нормальность распределения проведена по QQ Plot ($R^2 = 0,9631$). ROC-анализ выполнен с определением AUC (площадь под кривой), которая была рассчитана через трапециевидную сумму Римана.

Результаты и обсуждение

По данным разных авторов, ПЯ встречается в 15% (7–30%) случаев всех острых заболеваний мошонки у детей, при этом частота возникновения ПЯ в популяции составляет около 3,8/100 000 детского населения. В большинстве случаев ПЯ встречается в пубертатном периоде, значительно реже – на 1–2 (3) годах жизни. В промежутке от 2 (3) до 11 лет включительно ПЯ встречается казуистически редко. Быстрота обращения пациента в стационар и точность диагностики определяют успех лечения: при длительности ишемии до 6 (4–8) ч неблагоприятный исход лечения ПЯ составляет около 9%, при давности ПЯ более 12 ч – около 50% и при давности ПЯ 24 ч и более частота неблагоприятных исходов превышает 90% [8, 10]. Всего же после ПЯ орхэктомия выполняется в 39–71% случаев [10].

Всеми исследователями подчеркивается необходимость скорейшего устранения ишемии яичка, вплоть до эксплоративных операций при сомнительных клинических и эхографических данных. Это определяет необходимость немедленного выполнения УЗИ при поступлении такого пациента либо отказ от выполнения обследования при необходимости его ожидания [3, 8, 10, 12]. Внедрение УЗИ с доплеровской оценкой тестикулярного кровотока в схему неотложного (до 60 мин от момента поступления пациента) обследования пациента с подозрением на ПЯ позволяет снизить количество эксплоративных операций и повысить точность диагностики ПЯ [12]. В собственном исследовании УЗИ с доплеровской оценкой тестикулярного кровотока выполнялось всем детям с жалобами на боли в области мошонки и/или с клиническим подозрением на тестикулярную патологию непосредственно при поступлении.

Единая хирургическая тактика относительно нежизнеспособных яичек отсутствует: даже при явных признаках нежизнеспособности яичка орхэктомия выполняется не всегда (в том числе с учетом пожеланий родителей ребенка) [6]. Клиническая диагностика ПЯ хорошо известна детским хирургам, однако точность ее не абсолютна. Более чем у 80% пациентов выражен болевой синдром [3, 4]. Наиболее значимыми считаются: высокое расположение яичка и его «горизонтальное» положение, отсутствие или ослабленные кремастерного рефлекса [3].

Основным и практически единственным методом лучевой визуализации ПЯ является УЗИ, диагностическая информативность которой в последние годы достаточно высока: чувствительность УЗИ колеблется от 85 до 100%, а специфичность — от 75 до 100%, при этом отмечается высокая операторзависимость метода [1, 5, 7, 9, 11, 13, 14].

К прогностически неблагоприятным серошкальным симптомам ПЯ относят неоднородность паренхимы яичка на стороне поражения, для количественной оценки которой предложено специальное программное обеспечение [1, 3, 5, 6, 11, 13]. Отсутствие интракестулярного сосудистого рисунка при ПЯ наблюдается более, чем в 90% случаев [2, 4–7, 14]. WS, как признак ПЯ, известен уже около 20 лет, частота его обнаружения различна и зависит от класса используемой аппаратуры и личного опыта врача, проводящего исследование [2, 7, 9, 11, 14]. Имеет значение и методика выполнения УЗИ: ретроспективная оценка врачом-специалистом лучевой диагностики ранее полученных изображений исключает возможность мануального поиска WS, соответственно, частота выявления симптома резко снижается [3].

В ранее выполненных собственных исследованиях авторы изучили основные эхографические проявления как серошкальных, так и доплеровских изменений при ПЯ у детей. Однако прогностическая ценность k_0 на стороне поражения и нарастание Δk_0 , а также особенности визуализации WS пока остаются неизученными [1, 2].

В собственных наблюдениях ПЯ чаще возникал у детей после 12 лет, что согласуется с данными литературы [4, 5, 7, 11, 13]. Дети до 12 лет составили 15,3% (31 случай). Наиболее часто ПЯ встречался у 13–14-летних пациентов, при этом частота неблагоприятных исходов ПЯ у детей до 12 лет достоверно выше, чем в более старшем возрасте (74,2 и 46,2% соответственно, $t = 3,14$, $p < 0,01$). Эти данные соответствуют мировым. Считается, что риск орхэктомии снижается на 14% за 1 год увеличения возраста пациентов с ПЯ [1]. Слева ПЯ встречался недостоверно чаще, чем справа ($p > 0,05$).

У пациентов в первые 8 ч после ПЯ эхоструктура пораженного яичка в В-режиме не изменяется, но яичко становится более округлым (рис. 1). При этом эхогенность паренхимы остается симметричной с контрлатеральной стороной. Возможно появление минимального количества выпота в оболочках яичка и незначительное утолщение оболочек. Именно отсутствие достоверных изменений паренхимы яичка в ранние сроки после ПЯ является основной причиной диагностических ошибок, особенно при выполнении УЗИ в непрофильных учреждениях [1, 4, 5, 7, 11, 13, 14]. Грубая неоднородность паренхимы является поздним эхографическим симптомом, появляющимся через 12–24 ч от момента ПЯ и является прогностически неблагоприятным

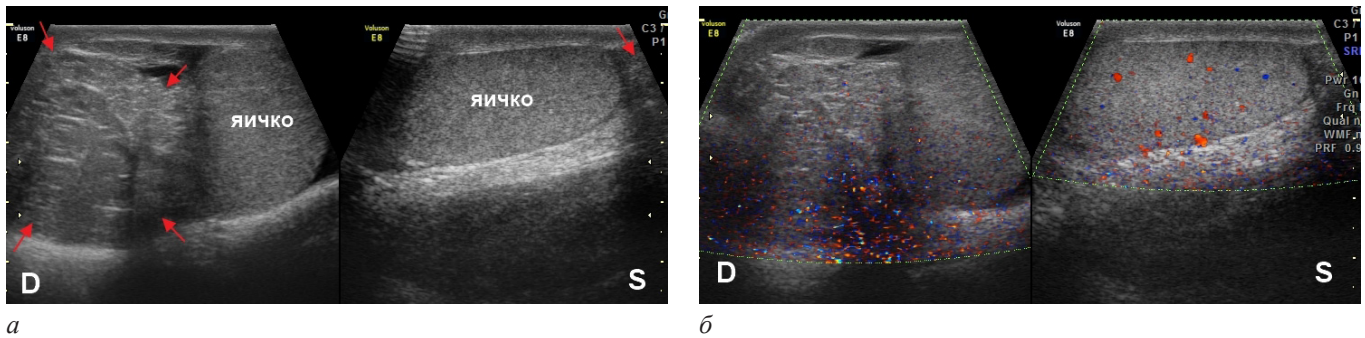


Рисунок 1. Перекрут правого яичка, исследование через 6 ч после ПЯ: а – исследование в режиме 2-х полей, В-режим, придатки яичек показаны стрелками; б – те же сканы, цветное доплеровское сканирование
Figure 1. Torsion of the right testis, ultrasonography after 6 hours following testicular torsion: а – B-mode ultrasonography, arrows indicate epididymides; б – the same scans, color Doppler ultrasonography

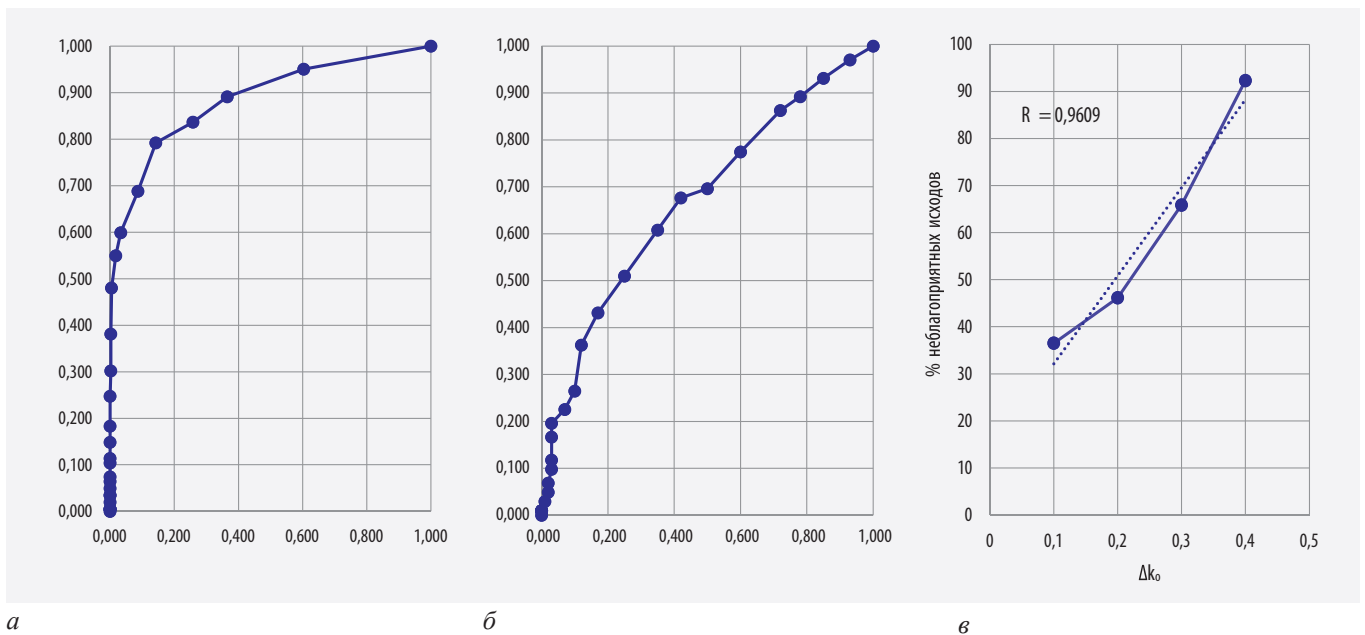


Рисунок 2. Статистический анализ информативности показателей k_0 и Δk_0 : а – ROC-кривая диагностической информативности k_0 в сравнении основной и контрольной групп; б – ROC-анализ прогностической значимости Δk_0 относительно исхода ПЯ; в – корреляционный анализ прогностической значимости Δk_0 относительно исхода ПЯ
Figure 2. Statistical analysis of k_0 and Δk_0 informativeness: а – ROC curve of k_0 diagnostic informativeness: main group vs control group; б – ROC analysis of Δk_0 prognostic significance in respect of the treatment outcome; в – Correlation analysis of Δk_0 prognostic significance in respect of the treatment outcome

признаком [1, 3–7, 11, 13]. Имеющееся округление формы яичка при этом сохраняется, но гетерогенность паренхимы более демонстративна и привлекает к себе внимание в первую очередь [3, 6]. Факту значительного увеличения размеров придатка при ПЯ не всегда придается должное значение, а оценка интратестикулярно-сосудистого рисунка бывает неинформативной у детей раннего возраста [1, 3].

Предложенный авторами показатель k_0 позволил объективизировать изменение формы яичка и снизить операторзависимость исследования. При округлении формы яичка параметр k_0 на стороне поражения увеличивался: в группе детей с ПЯ k_0 составил $0,160 \pm 0,007$, в группе контроля – $0,037 \pm 0,003$ ($t = 16,92$, $p \gg 0,001$). ROC-анализ доказал высокую

информативность показателя Δk_0 : AUC составила 0,886 (рис. 1). При этом для $\Delta k_0 \geq 0,08$ диагностическая информативность относительно наличия ПЯ составила: $Se = 79,2\%$, $Sp = 85,7\%$. Практически 100%-я специфичность показателя достигается при $\Delta k_0 = 0,16$, однако Se при этом снижается до 45,0%, что не позволяет полностью ориентироваться на это значение. Максимальное значение показателя Δk_0 , зафиксированное в контрольной группе, составило 0,2. ROC-анализ зависимости прогноза ПЯ от Δk_0 показал достоверную, хотя и менее демонстративную картину с $AUC = 0,670$ (рис. 2). В то же время коррелятивный анализ между Δk_0 и прогнозом ПЯ показал прямую сильную связь: чем больше Δk_0 , тем выше вероятность неблагоприятного исхода лечения ПЯ.

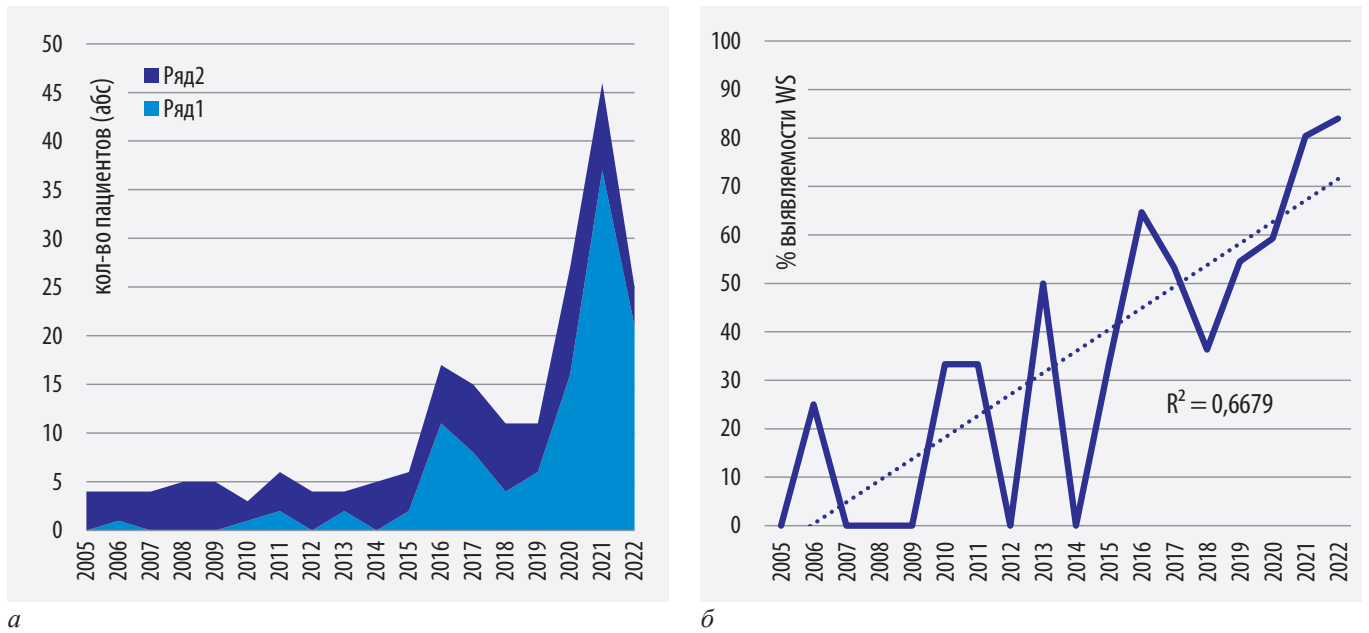


Рисунок 3. Частота обнаружения WS по годам в ГБУЗ «Детская городская клиническая больница святого Владимира Департамента здравоохранения города Москвы»: а – в абсолютных значениях; б – в относительных значениях
 Figure 3. Whirlpool sign detection rate by year, St. Vladimir Children's Clinical Hospital of the Moscow Healthcare Department: а – absolute values; б – relative values

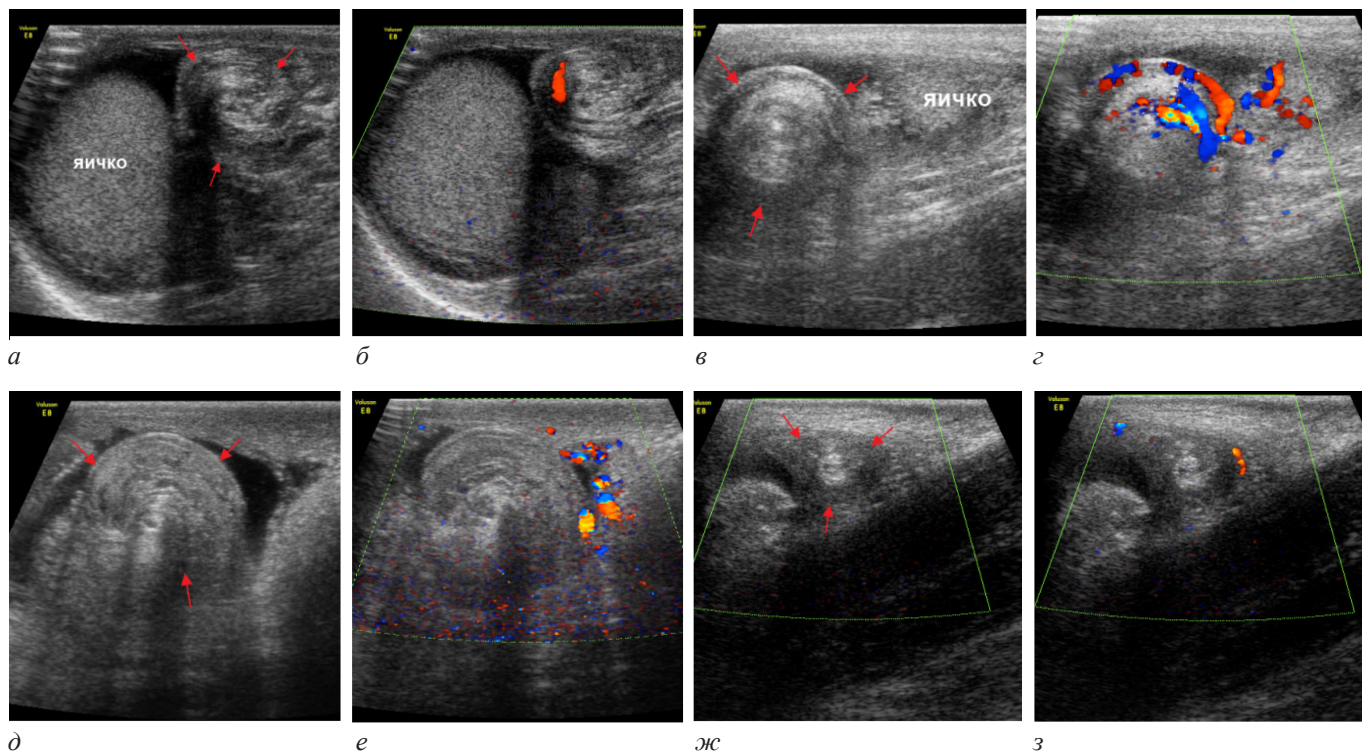


Рисунок 4. Варианты эхографического представления WS (стрелки): а, б – хорошо заметный, «цветной» WS непосредственно около яичка в В-режиме и при цветовом доплеровском сканировании, яичко аваскулярно; в, г – хорошо заметный, «цветной» WS на некотором отдалении от яичка в В-режиме и при цветовом доплеровском сканировании, яичко вне скана; д, е – «пустой» WS в В-режиме и при цветовом доплеровском сканировании; ж, з – малых размеров с трудом дифференцируемый «пустой» WS в В-режиме и при цветовом доплеровском сканировании
 Figure 4. Whirlpool sign variants on ultrasonography (arrows): а, б – The "colored" whirlpool sign is well visualized close to the testis using both B-mode and color Doppler, the avascular testis; в, г – The "colored" whirlpool sign is well visualized some distance from the testis using both B-mode and color Doppler, the testis is not depicted on the scan; д, е – Both B-mode and color Doppler show small, hardly visible "uncolored" whirlpool sign; ж, з – Both B-mode and color Doppler show the "uncolored" whirlpool sign.

Отсутствие интраэпидидимального сосудистого рисунка было типично для всех случаев ПЯ, что определяет высокое диагностическое, но не прогностическое значение признака [3–8, 10–16]. Собственный опыт показал, что в отличие от признака отсутствия сосудистого рисунка в яичке, признак наличия или отсутствия WS при его целенаправленном поиске, требующем личного опыта и мануальных навыков врача, имеет не только диагностическое, но и прогностическое значение (рис. 3). Как уже было отмечено, применяемая за рубежом практика ретроспективной оценки эхограмм не позволяет врачу УЗД осуществлять необходимый мануальный поиск WS, что неизбежно приводит к резкому снижению частоты выявления этого симптома [3].

Варианты эхографического представления WS зависят еще и от степени нарушения кровотока в сосудах семенного канатика: возможно сохранение в них тока крови, тогда WS представляется как «сосудистое кольцо». Если перекрут более тугой, то сосудистый рисунок в семенном канатике прекращается, диаметр его редко превышает 5 мм и он выглядит как плотная спиралевидная структура без анэхогенных сосудов в просвете. Такой «пустой» WS крайне сложен для эхографического обнаружения и может быть обнаружен только при прицельном поиске и не во всех случаях (рис. 4). Возможны и ситуации, когда при ПЯ обнаружить WS не удастся, при этом сосудистый рисунок в проекции семенного канатика кажется «обрубленным» около яичка без четкой дифференцировки WS. В доступной литературе не удалось найти исследований, посвященных особенностям визуализации WS при ПЯ: все авторы приводят классический вариант WS с доплеровским окрашиванием перекрученных сосудов [3, 5, 10–12, 14]. Возможно, это обстоятельство также обуславливает невысокий процент обнаружения WS во многих исследованиях.

У детей с ПЯ в большинстве случаев удается достоверно выявить «цветной» WS (71 наблюдение), относительно хорошо заметный на фоне аваскулярного яичка. При такой эхографической картине вероятность благоприятного исхода лечения ПЯ составляет 74,6%. «Пустой» WS эхографически дифференцируется реже (31 наблюдение), при этом благоприятный исход лечения ПЯ – 54,8%. Из 22 пациентов, у которых WS при прицельном сканировании выявлен не был, благоприятный исход лечения составил только 40,9%. Достоверная статистическая значимость различия прогностической значимости получена только для «цветного» WS и отсутствия WS: $t = 2,89$, $p < 0,05$. Среди всех благоприятных исходов ПЯ ($n = 79$) «цветной» WS был выявлен в 67,1%, а среди неблагоприятных ($n = 45$) – только 40% ($t = 3,0$, $p < 0,05$).

Выводы

Предложенный коэффициент округления k_0 может быть использован в качестве вспомогательного критерия ПЯ, особенно в ранние сроки заболевания, когда другие структурные изменения не выражены.

Максимальное диагностическое значение имеет параметр Δk_0 : при $\Delta k_0 = 0,08$, Se признака относительно наличия ПЯ составляет 79,2%, при $Sp = 85,7\%$. При $\Delta k_0 = 0,16$ достигается практически 100%-я специфичность показателя, однако Se при этом снижается до 45,0%.

Несмотря на достоверно более высокие значения Δk_0 у пациентов с неблагоприятным исходом лечения ПЯ, использовать этот параметр в качестве прогностического признака нецелесообразно.

Визуализация WS имеет важное диагностическое и прогностическое значение, но является оператор-зависимым компонентом исследования. Достоверное выявление WS с сохраненным цветным окрашиванием при доплеровском исследовании является положительным прогностическим признаком: вероятность благоприятного исхода ПЯ при этом почти в 2 раза выше, чем при отсутствии окрашивания/визуализации WS.

Литература/References

1. Ольхова Е.Б., Топольник М.В., Рудин А.Ю., Руненко В.И., Мельник И.В. Роль серошкального ультразвукового исследования в диагностике постнатального перекрута яичка у детей. *Радиология – практика*. 2021;(5):54–68. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2021-5-54-68>
2. Ольхова Е.Б., Борисов С.Ю., Топольник М.В., Тагирова А.Ю., Жумаситов С.В., Мукасева Т.В. Роль доплеровского ультразвукового исследования в диагностике постнатального перекрута яичка у детей. *Радиология – практика*. 2021;(5):69–81. <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2021-5-69-81>
3. Olkhova EB, Borisov SYu, Topolnik MV, Tagirova AYu, Zhumasitov SV, Mukaseeva TV. The role of Doppler ultrasound in the diagnosis of postnatal testicular torsion in children. *Radiology – Practice*. 2021;(5):54–68. (In Russ.). <https://doi.org/10.52560/2713-0118-2021-5-54-68>
4. Abbas TO, Abdelkareem M, Alhadi A, et al. Suspected testicular torsion in children: diagnostic dilemma and recommendation for a lower threshold for initiation of surgical exploration. *Res Rep Urol*. 2018;10:241–249. PMID: 30584529. PMID: PMC6287511. <https://doi.org/10.2147/rru.s186112>
5. Barbosa JA, Tiseo BC, Barayan GA, et al. Development and initial validation of a scoring system to diagnose testicular torsion in children. *J Urol*. 2013;189(5):1859–1864. PMID: 23103800. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2012.10.056>
6. Burud IAS, Alsagoff SMI, Ganesin R, Selvam ST, Zakaria NAB, Tata MD. Correlation of ultrasonography and surgical outcome in patients with testicular torsion. *Pan Afr Med J*. 2020;36:45. PMID: 32774621. PMID: PMC7388596. <https://doi.org/10.11604/pamj.2020.36.45.21824>

6. Kaye JD, Shapiro EY, Levitt SB, et al. Parenchymal echo texture predicts testicular salvage after torsion: potential impact on the need for emergent exploration. *J Urol*. 2008;180(4 Suppl):1733–1736. PMID: 18721947. <https://doi.org/10.1016/j.juro.2008.03.104>
7. Keays M, Rosenberg H. Testicular torsion *CMAJ*. 2019; 191(28):E792. PMID: 31308008. PMCID: PMC6629539. <https://doi.org/10.1503/cmaj.190158>
8. Kumar V, Matai P, Prabhu SP, Sundee PT. Testicular loss in children due to incorrect early diagnosis of torsion. *Clin Pediatr (Phila)*. 2020;59(4–5):436–438. PMID: 32019340. <https://doi.org/10.1177/0009922820903037>
9. Roberts CE, Ricks WA, Roy JD, Hartin CW, Alemayehu H. Testicular workup for ischemia and suspected torsion in pediatric patients and resource utilization. *J Surg Res*. 2021;257: 406–411. PMID: 32892138. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2020.08.008>
10. Shunmugam M, Goldman RD. Testicular torsion in children. *Can Fam Physician*. 2021;67(9):669–671. PMID: 34521708. <https://doi.org/10.46747/cfp.6709669>
11. Teurneau-Hermansson K, Zindovic I, Jakobsson J, et al. Doppler ultrasound improves diagnostic accuracy for testicular torsion. *Scand J Urol*. 2021;55(6):461–465. PMID: 34369846. <https://doi.org/10.1080/21681805.2021.1962404>
12. Tian XM, Tan XH, Shi QL, et al. Risk factors for testicular atrophy in children with testicular torsion following emergent orchiopexy. *Front Pediatr*. 2020;8. PMID: 33262963. PMCID: PMC7686235. <https://doi.org/10.3389/fped.2020.584796>
13. Vijayaraghavan SB. Sonographic differential diagnosis of acute scrotum: real-time whirlpool sign, a key sign of torsion. *J Ultrasound Med*. 2006;25(5):563–574. PMID: 16632779. <https://doi.org/10.7863/jum.2006.25.5.563>

Сведения об авторах

Ольхова Елена Борисовна, д. м. н., профессор, профессор кафедры лучевой диагностики, Московский государственный медико-стоматологический университет им. А. И. Евдокимова; заведующая отделением ультразвуковой диагностики, Детская городская клиническая больница святого Владимира Департамента здравоохранения г. Москвы (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0003-3757-8001>

Топольник Маргарита Владимировна, врач отделения ультразвуковой диагностики, Детская городская клиническая больница Святого Владимира (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-8664-4362>

Гуленков Александр Сергеевич, к. фарм. н., старший научный сотрудник, Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений (Москва, Россия). <https://orcid.org/0000-0002-1532-9330>

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Author credentials

Elena B. Olkhova, Dr. Sci. (Med.), Professor, Professor at the Diagnostic Radiology Department, A.I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry; Head of the Ultrasound Unit, St. Vladimir Children's Clinical Hospital of the Moscow Healthcare Department (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0003-3757-8001>

Margarita V. Topolnik, Radiologist, Ultrasound Unit, St. Vladimir Children's Clinical Hospital of the Moscow Healthcare Department (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-8664-4362>

Alexander S. Gulenkov, Cand. Sci. (Pharm.), Senior Researcher, All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants (Moscow, Russian Federation). <https://orcid.org/0000-0002-1532-9330>

Conflict of interest: none declared.