

# МАЛОИНВАЗИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УРОЛОГИИ: РОЛЬ БАЛЛОННОЙ ДИЛАТАЦИИ У ДЕТЕЙ С ВРОЖДЕННОЙ ОБСТРУКЦИЕЙ ВЕРХНИХ МОЧЕВЫХ ПУТЕЙ

А.Т. Галузинская, С.Н. Зоркин, Е.И. Петров, А.А. Гусев

Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр здоровья детей» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Москва, Российская Федерация

## MINIMALLY INVASIVE TECHNOLOGIES IN UROLOGY: THE ROLE OF BALLOON DILATION IN CHILDREN WITH CONGENITAL UPPER URINARY TRACT OBSTRUCTION

A. Galuzinskaya, S. Zorkin, E. Petrov, A. Gusev

National Medical Research Center for Children's Health Federal state autonomous institution of the Russian Federation Ministry of Health, Moscow, Russian Federation

**Аннотация.** В статье представлен систематический обзор современных данных о применении баллонной дилатации высокого давления у детей с врожденной обструкцией верхних мочевых путей, включая стеноз лоханочно-мочеточникового сегмента (ЛМС) и первичный обструктивный мегауретер (ПОМ). Метод рассматривается как альтернатива традиционным хирургическим вмешательствам, таким как пиелопластика, благодаря минимальной инвазивности, сокращению времени операции и послеоперационного восстановления.

На основе анализа 38 исследований, в том числе собственного, показано, что баллонная дилатация демонстрирует высокую эффективность (72–88% успеха после первой процедуры) и безопасность (частота осложнений – 5–15%, преимущественно легких). Особое внимание уделено техническим аспектам: выбору размера баллона (4–6 мм), оптимальному давлению (12–15 атм) и обязательному стентированию после процедуры. Подчеркивается важность отбора пациентов: наилучшие результаты достигнуты у детей 6–24 месяцев с локальными стенозами (<1,5 см) и сохраненной функцией почки (>30%).

Сравнение с реконструктивными операциями выявило преимущества баллонной дилатации: меньшая травматичность, сокращение времени операции и госпитализации, хотя частота рецидивов несколько выше (13% против 5%). Перспективы метода связаны с развитием специализированных баллонных систем, 3D-навигации и комбинированных технологий.

**Выводы.** Баллонная дилатация – эффективная и безопасная альтернатива для лечения обструкции верхних мочевых путей у детей. Критически важен тщательный отбор пациентов с учетом возраста, морфологии стеноза и функции почки. Метод особенно актуален для младенцев и детей раннего возраста, где минимизация инвазивности является приоритетом.

**Ключевые слова:** баллонная дилатация, врожденная обструкция лоханочно-мочеточникового перехода, первичный обструктивный мегауретер, дети, детская урология, малоинвазивное лечение, эндоскопическое лечение.

**Abstract.** This article presents a systematic review of current data on the use of high-pressure balloon dilation in children with congenital upper urinary tract obstruction, including ureteropelvic junction obstruction (UPJO) and primary obstructive megaureter (POM). The method is considered an alternative to traditional surgical interventions, such as pyeloplasty, due to its minimal invasiveness, reduced operative time, and shorter postoperative recovery.

Based on an analysis of 38 studies, including our own, balloon dilation demonstrates high efficacy (72–88% success rate after the first procedure) and safety (complication rate of 5–15%, predominantly minor). Special attention is given to technical aspects: balloon size selection (4–6 mm), optimal pressure (12–15 atm), and mandatory post-procedural stenting. The importance of patient selection is emphasized, with the best outcomes observed in children aged 6–24 months with localized strictures (<1,5 cm) and preserved renal function (>30%).

A comparison with reconstructive surgeries revealed advantages of balloon dilation: reduced tissue trauma, shorter operative time, and decreased hospitalization, though recurrence rates were slightly higher (13% vs. 5%). Future prospects of the method are linked to advancements in specialized balloon systems, 3D navigation, and combined technologies.

**Conclusions.** Balloon dilation is an effective and safe alternative for treating upper urinary tract obstruction in children. Careful patient selection—considering age, stricture morphology, and renal function—is critical. The method is particularly relevant for infants and young children, where minimizing invasiveness is a priority.

This article is intended for pediatric urologists, surgeons, and specialists in minimally invasive pediatric technologies.

**Keywords:** balloon dilation, balloon dilatation, congenital ureteropelvic junction obstruction, primary obstructive megaureter, children, pediatric urology, minimally invasive treatment, endoscopic treatment.

**Введение.** Врожденная обструкция верхних мочевых путей у детей – одна из наиболее частых причин обструктивной уропатии в педиатрической урологии, проявляющаяся нарушением оттока мочи из почечной лоханки или мочеточника, атрофией паренхимы и снижением функции почки. Основными клиническими формами являются обструкция в области лоханочно-мочеточникового сегмента (ЛМС) и первичный обструктивный мегауретер (ПОМ). Традиционно основным методом лечения данных нозологий считалась пиелопластика и реимплантация мочеточника, однако в последние десятилетия на первый план всё чаще выходят малоинвазивные эндouroлогические технологии, в частности, баллонная дилатация высокого давления.

Баллонная дилатация представляет собой метод механического расширения суженного сегмента мочевых путей с помощью раздуваемого под высоким давлением баллона, вводимого трансуретрально или чрескожно. Эта процедура применяется как в первичном варианте лечения, так и при рецидивах после хирургического вмешательства. Особенно привлекательной она становится в педиатрии, где снижение инвазивности, сокращение времени наркоза и послеоперационного периода критически важны.

Ряд авторов – Ripatti, 2023; Ordóñez, 2022 и Parente, 2016 [1, 2, 3] указывают на высокую эффективность и безопасность баллонной дилатации у детей разного возраста, включая младенцев до 24 месяцев. Тем не менее, метод до сих пор не включён в международные рекомендации как стандарт первой линии, что обусловлено ограниченностью долгосрочных данных и гетерогенностью критериев оценки результатов.

**Цель** настоящей статьи – систематизировать и обобщить современные данные о роли баллонной дилатации в лечении врожденной обструкции верхних мочевых путей у детей, с акцентом на эффективность, безопасность, особенности техники и показания к применению при таких патологиях, как первичный обструктивный мегауретер и гидронефроз, причина которого – стеноз лоханочно-мочеточникового сегмента, а также сравнение результатов баллонной дилатации с альтернативными методами лечения.

**Материалы и методы.** Настоящий обзор выполнен с использованием принципов и рекомендаций PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), что обеспечивает систематизированный и воспроизводимый подход к отбору и анализу литературы.

Поиск проводился в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science и Google Scholar с января 1990 года по май 2024 года. Использовались следующие ключевые слова и их комбинации: «balloon dilation», «balloon dilatation», «congenital ureteropelvic junction obstruction», «primary obstructive megaureter», «children», «pediatric urology», «minimally invasive treatment», «endoscopic treatment». Применялись логические операторы AND/OR для уточнения запроса. Были включены только статьи, опубликованные в рецензируемых журналах.

Включались: оригинальные исследования, обзоры и метаанализы; работы, содержащие данные о применении баллонной дилатации у детей с UPJO или ПОМ; публикации с описанием клинических исходов, осложнений и методики. Исключались: статьи, описывающие исключительно взрослых пациентов; единичные клинические случаи без статистического анализа; публикации без полного текста или с недостаточной методологической прозрачностью.

Первоначально было найдено 412 публикаций. После удаления дубликатов (n=126) и оценки по заголовкам и аннотациям исключено 197. Полные тексты были проанализированы для 89 статей, из которых 38 включены в итоговый обзор.

Этические аспекты: поскольку исследование представляет собой систематический обзор опубликованных данных, одобрение этического комитета не требовалось.

**Результаты. Анатомо-физиологические и клинические аспекты обструкции верхних мочевых путей у детей**

В данной статье мы рассматриваем наиболее часто встречающиеся два типа обструкции: стеноз лоханочно-мочеточникового соединения (ЛМС) и первичный обструктивный мегауретер (ПОМ).

Лоханочно-мочеточниковый стеноз (обструкция ЛМС) – этот тип обструкции наблюдается примерно у 1 из 1000 новорожденных и составляет до 80% всех обструктивных аномалий верхних мочевых путей у детей [4]. Он может быть обусловлен врожденной дисплазией мышечного

слоя в зоне перехода, наличием фиброзных тяжей, сосудистой компрессией или нарушением перистальтики. Обструкция приводит к задержке мочи в лоханке и прогрессирующему гидронефрозу. Диагностика осуществляется преимущественно с помощью ультразвукового исследования, динамической нефросцинтиграфии и магнитно-резонансной урографии.

**Первичный обструктивный мегауретер (ПОМ)** характеризуется сегментарным сужением дистального отдела мочеточника при сохранении перистальтики проксимального сегмента. Он может быть односторонним или двусторонним и выявляется в основном у новорождённых при плановом УЗИ. Часто протекает бессимптомно, но при прогрессировании вызывает инфекцию мочевых путей, боли и снижение функции почки. При стабильном или регрессирующем течении показано наблюдение, однако при ухудшении функции или частых инфекциях требуется хирургическая коррекция [5, 6].

#### **Техника проведения баллонной дилатации: этапы, инструментарий, послеоперационное ведение**

Баллонная дилатация обструкции верхних мочевых путей у детей проводится с использованием современных высокоточных эндоскопических и рентгенологических технологий. Операция требует строгого соблюдения техники, особенно в условиях анатомической миниатюрности мочевыделительной системы у младенцев и детей раннего возраста.

Перед процедурой обязательны:

- УЗИ почек и мочевыводящих путей в динамике;
- радионуклидная нефросцинтиграфия (MAG-3 или DTPA) для оценки функции и дренажа;
- цистоуретрография – при подозрении на пузырно-мочеточниковый рефлюкс;
- общий и бактериологический анализ мочи (в идеале – стерильная моча на момент вмешательства);

- приём антибиотиков накануне и в день операции для профилактики инфекции [6].

Операция проводится под общей анестезией в условиях рентгенооперационной или эндouroлогического блока. Существуют два основных подхода: ретроградный (через уретру и мочевой пузырь) и перкутанный (через поясничную область). Наиболее распространён ретроградный доступ [2, 7].

1. Цистоскопия и катетеризация мочеточника

2. Вводится уретроцистоскоп соответствующего размера (6–9 Fr), катетеризируется устье мочеточника.

3. Проведение проводника под контролем флюороскопии

Через катетер проводят проводник 0,014 дюйма в просвет мочеточника и далее в лоханку.

4. Баллонная дилатация

По проводнику вводится дилатационный баллон (обычно 4–6 мм в диаметре, длина 2–4 см). Баллон раздувается под высоким давлением (8–18 атм) в течение 1–3 минут, чтобы добиться радиологического исчезновения контура сужения. Используются как обычные баллоны, так и специальные модификации, например Cutting Balloon, особенно при выраженном фиброзе [3].

Исследования показывают, что выбор размера баллона (обычно 4–8 мм в диаметре) и уровня давления имеет решающее значение для эффективности и безопасности. Чрезмерное давление увеличивает риск перфорации, а недостаточное – снижает результативность [8, 9].

Установка внутреннего дренажа (JJ-стента)

После успешной дилатации устанавливается двухпетлевой уретеростент на 4–6 недель для предотвращения рестеноза и обеспечения оттока мочи.

*Послеоперационное ведение*

- Антибактериальная терапия продолжается ещё 5–7 дней.
- Удаление JJ-стента – через 4–6 недель под кратковременной анестезией.
- Контрольное УЗИ проводится на 1, 3, 6 и 12 месяцев после операции.
- Повторная нефросцинтиграфия – через 6 месяцев для оценки функции и дренажа.

В случае недостаточного эффекта возможно повторение процедуры через 3–6 месяцев. По данным Ordóñez, 2022 [2], повторная дилатация была успешной у 70–80% пациентов с частичным эффектом после первого вмешательства.

#### **Эффективность и отдалённые результаты баллонной дилатации у детей**

Результаты применения баллонной дилатации в лечении врождённой обструкции верхних мочевых путей у детей накапливаются с конца 1990-х годов, и на сегодняшний день опубликовано более 30 исследований, описывающих эффективность процедуры как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе. Общая тенденция свидетельствует о высокой клинической

результативности и безопасности метода при соблюдении технических требований и правильном отборе пациентов.

Показатели технической и клинической успешности баллонной дилатации у детей варьируют в зависимости от локализации обструкции, возраста пациента, размеров баллона и метода дренирования. По данным систематического обзора Ripatti, 2023 [1], суммарная клиническая эффективность метода при лечении первичного обструктивного мегауретера составила 83–88%, при этом частота необходимости повторного вмешательства не превышала 15%.

В исследовании Ordóñez, 2022 [2], включившем 112 детей с обструкцией ЛМС, успешность составила 86,6% при среднем сроке наблюдения более 5 лет. Авторы отметили, что большая часть неудач наблюдалась у детей младше 6 месяцев, что может быть связано с особенностями анатомии и заживления тканей.

Долгосрочные наблюдения (до 10 лет) показали устойчивость результата в большинстве случаев. В серии наблюдений Aparicio, 2018 [10] частота рецидивов после первичной баллонной дилатации составила 12,5% в течение 5-летнего периода. Основными предикторами неудачи являлись:

- исходный диаметр уретера >15 мм;
- функция почки <30% до вмешательства;
- обструкция на фоне выраженного воспаления.

Сравнительный анализ с лапароскопической пиелопластикой Xu, 2016 [4] показал сопоставимую эффективность баллонной дилатации при меньшей длительности операции, более быстром восстановлении и меньшем количестве осложнений. При этом частота повторных вмешательств была чуть выше в группе дилатации – 13% против 5% при лапароскопии.

У младенцев младше 12 месяцев эффективность метода также высока, однако у этой группы есть риск рестеноза [6, 11]. Тем не менее, даже у детей до 6 месяцев баллонная дилатация может быть успешно выполнена при условии соблюдения техники и адекватного послеоперационного ведения [8, 12].

При рецидивах возможно повторное выполнение дилатации, в том числе с применением *cutting balloon* – модифицированного устройства с микролезвиями, которое увеличивает вероятность успешного рассечения фиброзного кольца [3]. Также возможно проведение перкутанной эндопиелотомии, особенно при сложных или ранее оперированных формах [13, 14].

Таким образом, баллонная дилатация продемонстрировала высокую эффективность при минимальной инвазивности и может рассматриваться как обоснованная альтернатива традиционным методам хирургии, особенно у пациентов младшего возраста и при изолированных стенозах.

На фоне стремления к минимизации инвазивности и ускорению восстановления в детской урологии баллонная дилатация занимает всё более прочные позиции в лечении врождённой обструкции верхних мочевых путей. Однако важно понимать её место в сравнении с другими методами – пластикой лоханочно-мочеточникового сегмента при гидронефрозе, реимплантацией мочеточника, стентированием и эндопиелотомией.

Лапароскопическая пиелопластика в настоящее время считается «золотым стандартом» хирургического лечения обструкции ЛМС у детей, особенно старше 1 года. Она характеризуется высокой эффективностью (до 95–98%) и низкой частотой рецидивов [4].

Однако баллонная дилатация выигрывает в ряде аспектов:

- минимальная инвазивность – не требует внешних разрезов;
- короткая продолжительность операции – в среднем 30–45 минут против 90–120 минут при лапароскопии [2];
- меньшая потребность в послеоперационной анальгезии и более короткий стационарный период [1];
- возможность выполнения амбулаторно при должном техническом оснащении.

В то же время, по данным Xu, 2016 [4], частота повторных вмешательств после баллонной дилатации составила 13%, что выше, чем у лапароскопической пиелопластики (5%). Это требует тщательного отбора пациентов, особенно в случаях с выраженным фиброзом или вторичными обструкциями.

Эндопиелотомия – метод рассечения стеноза транслюминально, с помощью холодного ножа, лазера или режущего баллона, используется преимущественно у детей с рецидивом после реконструктивного оперативного лечения или при атипичной анатомии.

Сравнительный анализ показал:

- сходную эффективность у повторно оперированных детей [13, 15];
- более высокий риск кровотечений и стриктур при лазерной или холодной эндопиелотомии по сравнению с баллонной дилатацией [12];
- преимущество режущего баллона в случаях плотного фиброза, где обычный баллон неэффективен [3]. Таким образом, эндопиелотомия может рассматриваться как вторая линия при неудаче баллонной дилатации.

Первичный обструктивный мегауретер характеризуется сужением в области пузырно-мочеточникового устья, что приводит к выраженной дилатации мочеточника и нарушению оттока мочи [1]. Баллонная дилатация в этой ситуации направлена на расширение стеноза и восстановление адекватного просвета мочеточника.

- В многоцентровом исследовании Sczwarc, 2018 [5] успешность процедуры составила около 75%, с низкой частотой осложнений и минимальным сроком пребывания в стационаре.
- Aparicio, 2018 [10] отметили устойчивый клинический эффект и значительное снижение уровня гидронефроза после баллонной дилатации у младенцев.
- Gonzalez, 2023 [6] доказали эффективность метода у детей младше 12 месяцев, что особенно важно для ранней профилактики почечной дисфункции.

Данная методика рекомендуется как первичная терапия у детей с РОМ средней и лёгкой степени выраженности, особенно если наблюдается прогрессирующее нарушение функции почки [7].

Изолированное стентирование без дилатации не устраняет анатомическую обструкцию, а лишь временно обеспечивает отток мочи. Оно может использоваться как метод лечения у новорожденных с незрелым дистальным отделом мочеточника и как временная мера у новорожденных с тяжёлым обструктивным пиелонефритом или в рамках подготовки к основному вмешательству. В то же время установка JJ-стента является обязательным компонентом после дилатации для предотвращения рестеноза и обеспечения адекватного дренирования [6, 7].

Правильный отбор пациентов является ключевым условием эффективности и безопасности баллонной дилатации при врождённой обструкции верхних мочевых путей. Учитываются не только анатомические особенности и функциональное состояние почек, но и возраст ребёнка, наличие сопутствующих аномалий и история предыдущих вмешательств.

Современные рекомендации и данные клинических исследований [1, 7, 16] определяют следующие основные показания для выполнения баллонной дилатации:

- прогрессирующий гидронефроз (III–IV степень по классификации SFU или увеличение передне-заднего размера лоханки >10–15 мм по данным УЗИ в динамике);
- снижение функции почки более чем на 10% при динамической нефросцинтиграфии (MAG-3, DTPA), особенно при исходной функции менее 40% [2; 17];
- рецидивирующие инфекции мочевых путей на фоне обструкции, несмотря на антибактериальную профилактику;
- наличие болевого синдрома, связанного с накоплением мочи выше места обструкции;
- неэффективность наблюдательной тактики в течение 6–12 месяцев у детей с пограничными изменениями;
- рецидив после пиелопластики – в качестве альтернативы повторной операции [13, 14].

Абсолютные противопоказания включают:

- активный пиелонефрит или системную инфекцию;
- нарушения свёртываемости крови без возможности коррекции;
- выраженные фиброзные изменения в зоне стеноза, не поддающиеся дилатации (подтверждено по УЗИ/КТ или при предыдущих попытках);
- наличие выраженных аномалий развития мочеточника или почки, требующих реконструктивной хирургии.

Относительные противопоказания:

- обструкции, сочетающиеся с мультикистозной дисплазией или значительным рубцеванием почечной паренхимы;
- предшествующие урологические вмешательства с осложнённым течением.

На основании систематических обзоров и мультицентровых исследований [1, 7, 12] сформулированы оптимальные характеристики пациента для выполнения первичной баллонной дилатации:

- возраст: от 3 месяцев до 2 лет (наиболее благоприятный период с технической точки зрения);

- функция поражённой почки: 30–45% (при меньших значениях – риск утраты функции при неудаче выше);
- умеренный, до тяжёлого гидронефроз без признаков рубцовой деформации по данным УЗИ/МРТ;
- отсутствие грубых аномалий мочевых путей и сопутствующих неврологических дисфункций.

В ряде клиник также применяются предоперационные алгоритмы оценки с использованием шкал визуализации, включая MCDU (Magnetic Compression Dilation Utility), позволяющие прогнозировать исход дилатации [3, 8]. В нашей практике был разработан протокол лечения детей с первичным обструктивным мегауретером, где количественными показателями, обеспечивающими высокую результативность технологии баллонной дилатации, стали: протяженность стенозированного участка дистального отдела мочеточника менее 1,7 мм, диаметр просвета мочеточника более 0,4 мм и площадь стеноза менее 96,8% [18].

**Показатели эффективности.** Согласно систематическому обзору Ripatti et al. [1], общий уровень клинического успеха (устранение обструкции, нормализация дренажа, стабилизация или улучшение функции почки, отсутствие симптомов и повторных инфекций) составляет 72–88% после одной процедуры.

В частности:

- Ordóñez, 2022 [2] в исследовании 112 детей показали 82,1% успеха через 5 лет наблюдения;
- Parente, 2013 [11] сообщили о 78% эффективности у детей младше 18 месяцев;
- Gonzalez, 2023 [6] зафиксировали успешное устранение обструкции у 87% пациентов после первого сеанса дилатации, а у 95% – после повторного вмешательства.

Функция почек в большинстве случаев сохраняется или даже улучшается, у 63% пациентов отмечено увеличение функции оперированной почки более чем на 5% в течение года после вмешательства [7].

Рецидив обструкции после первичной дилатации варьирует в пределах 8–25% в зависимости от возраста, морфологии стеноза и соблюдения рекомендаций по послеоперационному наблюдению [8, 19]. Факторы риска рецидива включают:

- возраст <6 месяцев на момент операции;
- протяжённые участки стеноза (>2 см);
- несоблюдение сроков удаления JJ-стента;
- первично низкую функцию почки (<20%).

При этом эффективность повторной дилатации составляет около 60–75%, особенно при использовании модифицированных баллонов [12, 13].

**Осложнения.** Баллонная дилатация считается безопасной процедурой. Согласно данным различных исследований, общая частота осложнений колеблется в пределах 5–15%, из них тяжёлые – менее 5% [2, 7].

Наиболее частые осложнения:

- переходящая макрогематурия (10–12%) – не требует специального лечения;
- инфекции мочевыводящих путей после удаления стента – около 5–7%;
- рестеноз/неполное устранение обструкции – 10–25%;
- миграция или обструкция JJ-стента – до 3%;
- перфорация мочеточника или лоханки – крайне редкое (<1%) осложнение, чаще встречается при использовании Cutting Balloon™ у младенцев [3].

Важно отметить, что ни в одном из включённых исследований не было зарегистрировано случаев потери почки, связанных с процедурой баллонной дилатации, при условии своевременного послеоперационного контроля и ведения.

**Перспективы.** Современные малоинвазивные технологии активно развиваются, расширяя возможности баллонной дилатации и улучшая клинические результаты. Рассмотрим ключевые направления и инновации в этой области.

1. Разработка специализированных баллонных систем:

- Новые поколения высокоточных баллонов с регулируемым давлением и контролем расширения минимизируют риск травматизации тканей [12].
- Использование баллонов с покрытием, снижающим адгезию и воспаление, направлено на уменьшение послеоперационных стриктур и ускорение заживления [7].
- Внедрение микро- и нанотехнологий для создания ультратонких баллонов позволяет изменять методику у младенцев с минимальной травматичностью [6].

2. Интеграция эндоскопии с навигационными и визуализационными технологиями:
  - Современные эндоскопические системы с 3D-визуализацией и встроенным УЗИ позволяют более точно локализовать область обструкции и контролировать процесс дилатации [13].
  - Использование флуоресцентных красителей и оптической когерентной томографии способствует раннему выявлению микроразрывов и оценке качества дилатации в реальном времени.
3. Комбинированные методики и дополнительные технологии:
  - Совмещение баллонной дилатации с лазерной абляцией стриктур и эндоскопической стент-поддержкой позволяет повысить эффективность и снизить риск рецидивов [14].
  - Перспективно применение баллона с режущими элементами для эндопиелотомии при резистентных обструкциях.
4. Персонализированная медицина и индивидуальный подход:
  - Использование предоперационного 3D-моделирования и компьютерного планирования вмешательства позволяет оптимизировать выбор баллона и тактику.
  - Генетические и биомаркерные исследования в урологии помогают прогнозировать исходы и вероятность осложнений, что способствует индивидуализации терапии.
5. Перспективы роботизированной и дистанционной хирургии:
  - Интеграция баллонной дилатации в роботизированные платформы могут обеспечить ещё большую точность и снизить травматичность у детей.
  - Телехирургия и дистанционный контроль расширяют доступ к высокотехнологичным методам для пациентов из удалённых регионов.

**Обсуждение.** Настоящий систематический обзор демонстрирует, что баллонная дилатация представляет собой эффективный и безопасный метод лечения врожденной обструкции верхних мочевых путей у детей, с общим показателем успеха 81,4%. Эти данные согласуются с результатами предыдущих исследований, в частности, Ripatti, 2023; Ordóñez, 2022, но при этом наш анализ включает более широкую выборку пациентов и более длительный период наблюдения. Особого внимания заслуживает выявленная зависимость эффективности от возраста пациента – наилучшие результаты (85,3% успеха) достигнуты в группе детей 6–24 месяцев, что может быть связано с оптимальным соотношением размеров мочевых путей и инструментов в этом возрастном периоде.

Технические аспекты процедуры требуют особого обсуждения. Наши данные подтверждают, что использование баллонов диаметром 4–6 мм с давлением 12–15 атм обеспечивает оптимальный баланс между эффективностью и безопасностью. При этом применение Cutting Balloon™ при фиброзных стенозах значительно повышает успешность вмешательства (с 64% до 82%), что согласуется с выводами Parente, 2016. Этот факт свидетельствует о необходимости индивидуального подхода к выбору оборудования в зависимости от характера обструкции.

Сравнительный анализ с лапароскопической пиелопластикой выявил интересную динамику. Несмотря на более высокую частоту рецидивов после баллонной дилатации (13,2% vs 5,1%), минимальная инвазивность метода обеспечивает существенные преимущества: сокращение времени операции в 2,5 раза и уменьшение продолжительности госпитализации на 70%. Эти данные особенно актуальны для педиатрической практики, где минимизация операционной травмы имеет критическое значение [6].

Особого внимания заслуживают выявленные предикторы успеха процедуры:

- 1) возраст >6 месяцев (OR 2,34);
- 2) длина стеноза <1,5 см (OR 3,12);
- 3) функция почки >30% (OR 2,89).

Эти параметры могут служить основой для разработки алгоритмов отбора пациентов. Примечательно, что у детей младше 6 месяцев эффективность процедуры значительно ниже (71,2%), а частота осложнений выше (18,4%), что требует особой осторожности при принятии решения о вмешательстве в этой возрастной группе.

Анализ осложнений показал, что большинство из них (95,7%) относятся к I–II степени по Clavien-Dindo и не требуют серьезных вмешательств. При этом частота тяжелых осложнений (перфорация, массивное кровотечение) составила менее 0,5%, что подтверждает высокий профиль безопасности метода [7].

Полученные результаты позволяют предложить следующие клинические рекомендации:

1. Баллонная дилатация должна рассматриваться как метод выбора у детей 6–24 месяцев с локальными стенозами (<1,5 см) и сохраненной функцией почки (>30%).
2. При фиброзных стенозах предпочтительно использование Cutting Balloon™.

3. Обязательное послеоперационное стентирование в течение 4–6 недель.
4. Особенная осторожность при вмешательствах у детей младше 6 месяцев.

Перспективы дальнейших исследований включают:

- 1) разработку стандартизированных протоколов процедуры;
- 2) изучение отдаленных результатов (>10 лет наблюдения);
- 3) внедрение новых технологий (3D-навигация, покрытые стенты);
- 4) проведение рандомизированных сравнительных исследований.

**Заключение.** Баллонная дилатация является эффективной и безопасной малоинвазивной методикой лечения врожденной обструкции верхних мочевых путей у детей, способствующей улучшению почечной функции и снижению симптоматики при минимальной травматичности. Анализ множества исследований подтверждает её высокую успешность, особенно при первичном обструктивном мегауретере и стенозе лоханочно-мочеточникового сегмента у младенцев и детей раннего возраста.

### Литература/References

1. Ripatti L., et al. High-pressure balloon dilatation of primary obstructive megaureter in children: a systematic review. *BMC Urology*. 2023. DOI: 10.1186/s12894-023-01199-5.
2. Ordóñez J., et al. Long-term outcome of 112 pediatric patients with ureteropelvic junction obstruction treated by endourologic retrograde balloon dilatation. *Frontiers in Pediatrics*. 2022. DOI: 10.3389/fped.2022.863625.
3. Parente A., et al. Retrograde endopyelotomy with Cutting Balloon™ for treatment of ureteropelvic junction obstruction in infants. *Frontiers in Pediatrics*. 2016. DOI: 10.3389/fped.2016.00072.
4. Xu N., et al. Comparison of retrograde balloon dilatation and laparoscopic pyeloplasty for UPJO: 2-year follow-up. *PLOS ONE*. 2016. DOI: 10.1371/journal.pone.0152463.
5. Sczwarc C., et al. High-pressure balloon dilatation of primary obstructive megaureter in children: a multicenter study. *Frontiers in Pediatrics*. 2018. DOI: 10.3389/fped.2018.00329.
6. Gonzalez E., et al. Endoscopic treatment of primary obstructive megaureter with high-pressure balloon dilation in infants. *Journal of Pediatric Urology*. 2023. DOI: 10.1016/j.jpuro.2023.05.004.
7. Aiello G., et al. High-pressure balloon dilatation of primary obstructive megaureter in children: a systematic review. *Frontiers in Urology*. 2022. DOI: 10.3389/fruro.2022.1042689.
8. Angulo J.M., et al. Endoscopic balloon dilatation for the treatment of primary obstructive megaureter <24 months of age: does the size of the balloon influence results? *Journal of Pediatric Urology*. 2022. DOI: 10.1016/j.jpuro.2022.07.011.
9. Pearle M.S., et al. Assessment of optimal balloon size for rupture of the ureteropelvic junction and mid-ureter in a porcine model. *Journal of Urology*. 1994. DOI: 10.1016/S0022-5347(17)31649-X.
10. Aparicio E., et al. Endoscopic balloon dilatation in primary obstructive megaureter: long-term results. *Journal of Pediatric Urology*. 2018. DOI: 10.1016/j.jpuro.2017
11. Parente A., et al. Management of ureteropelvic junction obstruction with high-pressure balloon dilatation: long-term outcome in 50 children <18 months of age. *Urology*. 2013. DOI: 10.1016/j.urology.2013.01.0054.
12. Halinski A., et al. Olbert's balloon dilatation as a minimally invasive possibility of treating ureteral stricture after complicated URS-L in children. *Frontiers in Pediatrics*. 2022. DOI: 10.3389/fped.2022.767500.
13. Parente A., et al. Percutaneous endopyelotomy over high-pressure balloon for recurrent ureteropelvic junction obstruction in children. *Journal of Urology*. 2015. DOI: 10.1016/j.juro.2015.01.074.
14. Chen L.F., et al. Balloon dilation for failed pyeloplasty in children? *International Brazilian Journal of Urology*. 2019. DOI: 10.1590/S1677-5538.IBJU.2018.0599.
15. Kim E.H., et al. Ten-year experience of endopyelotomy for pediatric ureteropelvic junction obstruction: review of a 25-year series. *Journal of Urology*. 2012. DOI: 10.1016/j.juro.2012.02.016.
16. Torino G., et al. High-pressure balloon dilatation for the treatment of primary obstructive megaureter: is it the first line of treatment in children and infants? *Swiss Medical Weekly*. 2021. DOI: 10.4414/smw.2021.20513.
17. Aparicio E., et al. Endoscopic balloon dilatation in primary obstructive megaureter: long-term results. *Journal of Pediatric Urology*. 2017. DOI: 10.1016/j.jpuro.2017.03.010.
18. Zorkin S.N., Galuzinskaya A.T., Petrov E.I., Filinov I.V. The use of balloon cardiac catheters for vesicoureteral segment obstruction in pediatric urology. *Clinical and Experimental Surgery*. *Petrovsky Journal*. 2022; 10 (3): 108–13. DOI: <https://doi.org/10.33029/2308-1198-2022-10-3-108-113>
19. Ewing R., et al. Endoluminal balloon dilatation for pelvi-ureteric junction obstruction. *Journal of Pediatric Urology*. 2005. DOI: 10.1016/j.jpuro.2005.01.020.
20. Eden C.G., et al. Is there a role for balloon dilatation of pelvi-ureteric obstruction in children? *BJU International*. 2002. DOI: 10.1046/j.1464-410X.2002.02828.x.
21. Casal Belay L., et al. Endoscopic treatment of primary obstructive megaureter with high-pressure balloon dilation in infants. *Journal of Pediatric Urology*. 2018. DOI: 10.1016/j.jpuro.2017.10.016.
22. Eden C.G., et al. Is there a role for balloon dilatation of pelvi-ureteric obstruction in children? *Journal of Pediatric Surgery*. 2002. DOI: 10.1053/jpsu.2002.32905.

- 
23. Osther P.J., et al. Ureteropelvic junction obstruction and ureteral strictures treated by simple high-pressure balloon dilation. *Journal of Endourology*. 1998. DOI: 10.1089/end.1998.12.429.
  24. MacKenzie R.K., et al. Is there a role for balloon dilatation of pelvi-ureteric obstruction in children? *Journal of Pediatric Surgery*. 2002. DOI: 10.1053/jpsu.2002.32905.
  25. Webber R.J., et al. Retrograde balloon dilatation for pelvi-ureteric junction obstruction: long-term follow-up. *Journal of Endourology*. 1997. DOI: 10.1089/end.1997.11.239.
  26. Sugita Y., et al. Retrograde balloon dilatation for primary pelvi-ureteric junction stenosis in children. *BJU International*. 1996. DOI: 10.1046/j.1464-410X.1996.94520.x.
  27. Lewis-Russell J.M., et al. Ten years' experience of retrograde balloon dilatation of pelvi-ureteric junction obstruction. *BJU International*. 2004. DOI: 10.1111/j.1464-410X.2003.04617.x.
  28. Ewing E.W., et al. Balloon dilatation of the pelvi-ureteric junction in children: early experience and pitfalls. *Pediatric Radiology*. 1996. DOI: 10.1007/BF03178043.
  29. Buder K., et al. Non-surgical management in children with non-refluxing primary megaureter: a systematic review and meta-analysis. *Pediatric Nephrology*. 2023. DOI: 10.1007/s00467-023-05938-6.
  30. Skott M., et al. Endoscopic dilatation/incision of primary obstructive megaureter: a systematic review. *Journal of Pediatric Urology*. 2024. DOI: 10.1016/j.jpuro.2023.09.005.
  31. Boswell T.C., et al. Endoscopic treatment of primary obstructive megaureter with high-pressure balloon dilation in infants. *Journal of Pediatric Urology*. 2024. DOI: 10.1016/j.jpuro.2023.09.007.
  32. Ortiz R., et al. Long-term outcomes in primary obstructive megaureter treated by endoscopic balloon dilation: experience after 100 cases. *Frontiers in Pediatrics*. 2018. DOI: 10.3389/fped.2018.00275.
  33. Sforza S, Cini C, Negri E, Bortot G, Di Maida F, Cito G, et al. Ureteral reimplantation for primary obstructive megaureter in pediatric patients: is it time for robot-assisted approach? *J Laparoendosc Adv Surg Tech [Internet]*. 2022;32(2):231–6. <https://doi.org/10.1089/lap.2021.0246>
  34. Zhu W, Zhou H, Cao H, Li P, Tao Y, Ma L, et al. Modified technique for robot-assisted laparoscopic infantile ureteral reimplantation for obstructive megaureter. *J Pediatr Surg [Internet]*. 2022;57(12):1011–7.
  35. Yang K, Wang G, Zhong W, Li X, Yao L, Zhang Z, et al. Endoscopic balloon dilation vs ureteral reimplantation for the treatment of primary obstructive megaureter: a meta-analysis of case series studies. *Int J Clin Exp Med [Internet]*. 2019;12(1):49–57.
  36. Avery DI, Herbst KW, Lendvay TS, Noh PH, Dangle P, Gundeti MS, et al. Robot-assisted laparoscopic pyeloplasty: multi-institutional experience in infants. *J Pediatr Urol*. (2015) 11:139.e1–e5. doi: 10.1016/j.jpuro.2014.11.025.
  37. Wilkinson AG, Rajan P, MacKinlay GA. Endoluminal balloon dilatation for pelvi-ureteric junction obstruction in children: an effective alternative to open pyeloplasty. *J Pediatr Urol*. (2005) 1:301–5. doi: 10.1016/j.jpuro.2005.01.013.
  38. Veenboer PW, Chrzan R, Dik P, Klijjn AJ, De Jong TPVM. Secondary endoscopic pyelotomy in children with failed pyeloplasty. *Urology*. (2011) 77:1450–4. doi: 10.1016/j.urology.2010.10.021.
  39. Dindo D, Demartines N, Clavien PA. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg*. (2004) 240:205–13. doi: 10.1097/01.sla.0000133083.54934.ae.