

<https://doi.org/10.29188/2222-8543-2026-19-2-190-197>

Выбор метода контактного разрушения камней при выполнении перкутанной нефролитотрипсии у детей

КЛИНИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ

А.Б. Вардак¹, Д.С. Меринов¹, Л.Д. Арустамов¹, Ю.Э. Рудин¹, Д.К. Алиев¹, Г.В. Лагутин¹, Н.В. Поляков¹, В.Н. Наткина¹, К.Э. Гонсалес Дураньона², О.И. Аполихин¹, А.Д. Каприн³⁻⁵

¹ Научно-исследовательский институт урологии и интервенционной радиологии имени Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России, Москва, Россия

² Первый Московский государственный университет имени И.М. Сеченова (Сеченовский университет) Минздрава России, Москва, Россия

³ Московский научно-исследовательский онкологический институт имени П.А. Герцена – филиал ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России, Москва, Россия

⁴ Национальный медицинский исследовательский центр радиологии Минздрава России, Обнинск, Россия

⁵ Российский университет дружбы народов имени П. Лумумбы Минобрнауки России, Москва, Россия

Контакт: Вардак Артур Борисович, arturvardak@yandex.ru

Аннотация:

Введение. Контактная нефролитотрипсия – современный малоинвазивный вид операции при лечении мочекаменной болезни у детей, которая подразделяется на лазерную, пневматическую и ультразвуковую литотрипсию.

Цель – оценка эффективности перкутанной нефролитотрипсии (ПНЛ) у детей с использованием разного вида контактных литотриптеров.

Материал и методы. В детском уроандрологическом отделении НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиале ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России с 2008 по 2024 г. данное вмешательство выполнено 502 детям в возрасте от 1 до 17 лет. В зависимости от размера применяемого инструментария и вида контактной литотрипсии пациенты были разделены на 3 группы. В 1-ю группу вошли дети, которым оперативное вмешательство выполнялось по методике мини-ПНЛ 15–16Ch (n=322), во 2-ю – пациенты, оперированные по методике ультрамини-ПНЛ 12Ch (n=20) и в 3-ю – дети, перкутанное вмешательство которым, проходило с использованием нефроскопа стандартного размера 24Ch (n=160). Оперативное лечение проводили по стандартной методике, всем детям выполняли цистоскопию, катетеризацию мочеточника, формирование доступа, литотрипсию, литоэкстракцию и установку нефростомического дренажа.

Результаты. Полное избавление от клинически значимых по размеру конкрементов в 1-й исследуемой группе непосредственно после первичного вмешательства достигнуто у 258 (80,2%) пациентов, во 2-й группе – 18 (90%) детей и в 3-й группе избавление от конкрементов было достигнуто у 126 (78,7%) пациентов. В группе детей, прооперированных с помощью мини-ПНЛ в 44,5% (143 ребенка) использовали лазерный литотриптер, в 50,9% (164 ребенка) – пневматический и в 4,6% (15 детей) – ультразвуковой. В группе с применением ультрамини-ПНЛ в 100% применяли лазерный литотриптер. В 3-й группе с нефроскопом стандартного размера в 20% (32 ребенка) использовали лазерную литотрипсию, в 23,1% (37 детей) – пневматический и в 56,9% (91 ребенок) – ультразвуковой литотриптер.

Заключение. Выбор контактного литотриптера ограничивается размером используемого инструментария, плотностью и химическим составом конкремента. При выполнении ультрамини-ПНЛ (диаметр тубуса – 12 Ch), из-за малого размера рабочего канала инструмента, возможно использование только лазерного контактного литотриптера. Применение ультразвукового литотриптера через канал мини-нефроскопа весьма затруднительно вследствие частой обтурации аспирационного канала санатрода литотриптера мелкими фрагментами конкремента на этапе выполнения литолапаксии. Плотные конкременты, 1200 HU и выше, целесообразно разрушать, используя пневматическую и лазерную контактную литотрипсию. Цистиновые и ксантиновые конкременты ввиду «замазкообразной» структуры целесообразно разрушать с помощью пневматического литотриптера.

Ключевые слова: мочекаменная болезнь; перкутанная нефролитотрипсия; дети; пневматическая нефролитотрипсия, ультразвуковая нефролитотрипсия, лазерная нефролитотрипсия.

Для цитирования: Вардак А.Б., Меринов Д.С., Арустамов Л.Д., Рудин Ю.Э., Алиев Д.К., Лагутин Г.В., Поляков Н.В., Наткина В.Н., Гонсалес Дураньона К.Э., Аполихин О.И., Каприн А.Д. Выбор метода контактного разрушения камней при выполнении перкутанной нефролитотрипсии у детей. Экспериментальная и клиническая урология. 2026;19(2):190-197; <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2026-19-2-190-197>

<https://doi.org/10.29188/2222-8543-2026-19-2-190-197>

Choosing a method for contact stone fragmentation during percutaneous nephrolithotomy in children

CLINICAL STUDY

A.B. Vardak¹, D.S. Merinov¹, L.D. Arustamov¹, Y.E. Rudin¹, D.K. Aliev¹, G.V. Lagutin¹, N.V. Polyakov¹, V.N. Natkina¹, K.E. González Duranóna², O.I. Apolikhin¹, A.D. Kaprin³⁻⁵

¹ N. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology – branch of the National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

² I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenovskiy University), Moscow, Russia

³ P.A. Herzen Moscow Oncology Research Institute – branch of the National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of the Russian Federation, Moscow, Russia

⁴ National Medical Research Centre of Radiology of Ministry of health of Russian Federation, Obninsk, Russia

⁵ P. Lumumba Peoples' Friendship University of Russia of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, Moscow, Russia

Contacts: Artur B. Vardak, arturvardak@yandex.ru

Summary:

Introduction. Contact lithotripsy is a modern minimally invasive procedure. It is used to treat kidney stones in pediatric urology using laser, pneumatic and ultrasonic methods.

The aim of the study is increasing the effectiveness of percutaneous nephrolithotripsy in children using various types of contact lithotripters.

Material and methods. Between 2008 and 2024, 502 patients (aged 1–17 y/o) underwent percutaneous nephrolithotripsy (PNL) at the Department of Pediatric Urology of N. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology – Branch of the National Medical Research Radiological Centre. Patients were divided into three groups depending on the size of the used instruments and the contact lithotripsy method. The first group (n=322) underwent surgery using the 15–16Ch mini PNL technique. The second group (n=20) underwent surgery using the ultra-mini PNL technique and the third group (n=17) underwent surgery using the standard PNL technique with 24Ch nephroscope (n=160). The procedure was performed using standard methods; all children underwent cystoscopy, ureteral catheterization, percutaneous access, lithotripsy, lapaxy, and nephrostomy drainage.

Results. Complete elimination of clinically significant size stones was achieved after the primary procedure in 258 (80.2%) patients of the first study group, in 18 (90%) patients in the second group and in 126 (78.7%) patients went stone free. Laser lithotripter was used in 44.5% (143 patients) in the mini PNL group, pneumatic lithotripsy was performed in 50.9% (164 patients) and ultrasonic one – in 4.6% (15 children). In the ultra-mini PNL group laser lithotripter was used in 100% of cases. In the third group with a standard-size nephroscope, laser lithotripter was used in 20% (32 children), pneumatic lithotripsy in 23.1% (37 children), and ultrasonic lithotripsy in 56.9% (91 children).

Conclusion. The choice of contact lithotripter is limited by the size of the instrument used, the density and chemical composition of stones. Only a laser contact lithotripter can be used in ultra-mini PNL due to the small size of the working channel of the instrument (12 Ch nephroscope sheath). The use of an ultrasonic lithotripter through the working channel of a mini-nephroscope is difficult due to frequent obstruction of the of the lithotripter sonotrode aspiration channel by small fragments of the stones at the litholapaxy stage. Dense stones, 1200 HU and higher, should be destroyed using pneumatic and laser contact lithotripsy. It is advisable to destroy cystine and xanthine stones using a pneumatic lithotripter because of their soft waxy structure.

Key words: urolithiasis; percutaneous nephrolithotomy; PNL; children; pneumatic PNL; laser PNL; ultrasonic PNL.

For citation: Vardak A.B., Merinov D.S., Arustamov L.D., Rudin Y.E., Aliev D.K., Lagutin G.V., Polyakov N.V., Natkina V.N., González Duranóna K.E., Apolikhin O.I., Kaprin A.D. Choosing a method for contact stone fragmentation during percutaneous nephrolithotomy in children. *Experimental and Clinical Urology*. 2026;19(2):190-197; <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2026-19-2-190-197>

ВВЕДЕНИЕ

У детей наличие мочекаменной болезни часто может быть связано с аномалиями развития, метаболическими нарушениями или инфекциями мочевыводящих путей. В этой ситуации важно удалить конкремент из мочевыводящих путей ребенка [1, 2].

Дистанционная пиелолитотрипсия является эффективным, малоинвазивным методом оперативного лечения конкрементов почек, но имеет ограничения – объем конкремента, его химический состав, наличие обструкции или анатомические особенности чашечно-лоханочной системы (ЧЛС) почки [3]. Перкутанная нефролитотрипсия (ПНЛ) считается стандартом

лечения крупных и коралловидных конкрементов почек у детей [4–6]. За последние 25 лет ПНЛ заменила открытые оперативные вмешательства на почке у детей с мочекаменной болезнью. В течение этого времени были внесены практические и технические усовершенствования данного оперативного вмешательства. Миниатюризация инструментария (ультрамини – 10–12Ch, мини – 15–18Ch) позволила снизить травматичность вмешательства и частоту осложнений [7–9]. Однако выбор оптимального метода контактной литотрипсии (лазерная, пневматическая, ультразвуковая) при различных ситуациях остается предметом дискуссий [10]. Ключевые ограничения связаны со следующими факторами:

- калибр рабочего канала инструмента (особенно при ультрамини-доступах);
- физико-химические свойства конкремента (плотность, состав);
- риск повреждения слизистой и кровотечения [11].

Данных о сравнительной эффективности методов литотрипсии в зависимости от калибра инструмента в педиатрической практике недостаточно. Так как в нашей клинике есть возможность применения всех трех видов контактной литотрипсии, мы решили сравнить различные приемы контактной фрагментации камней.

Цель исследования – оценка эффективности и технических ограничений различных методов контактной литотрипсии (лазерная, пневматическая, ультразвуковая) при выполнении ПНЛ с использованием инструментария разного диаметра у детей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В период с 2008 по 2024 г. в детском уроandroлогическом отделении НИИ урологии им. Н.А. Лопаткина – филиале ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр радиологии» Минздрава России

детям было выполнено 502 ПНЛ (296 мальчиков и 206 девочек) с применением разного размера операционного инструментария (стандартный ПНЛ, мини-ПНЛ и ультрамини-ПНЛ) и всех видов контактных литотрипторов. Возраст детей на момент операции колебался от 1 до 18 лет (в среднем – 7 лет). Для фрагментации конкрементов использовали лазерный (Аурига XL, Германия, с оптическими волокнами 365–600 мкм) и комбинированный ультразвуковой, пневматический (Свис Литокласт Мастер, Швейцария) литотриптеры.

Всем пациентам было проведено следующее предоперационное обследование: рентгенография, ультразвуковое исследование почек, компьютерная томография, общий анализ крови и коагулограмма, предоперационные и послеоперационные показатели креатинина и посев мочи. Все дети с инфекцией мочевыводящих путей получали антибактериальную терапию за 2 нед до оперативного вмешательства.

Критерии включения пациентов:

- дети 1–17 лет;
- крупные (>1,5 см) и/или коралловидные конкременты почек;
- отсутствие активной инфекции мочевыводящих путей;
- отсутствие пороков развития мочевой системы (гидронефроз, мегауретер и др.).

Для определения показаний к выполнению ПНЛ относительно размера конкремента применялась формула оценки размера камня (ФОРК), основанная на процентном вычислении соотношения размера конкремента к продольному размеру лоханки пациента. Показанием к оперативному лечению являлся ФОРК >20% [12, 13].

Опируемые дети были разделены на 3 исследуемые группы, в зависимости от размера используемого инструментария и метода контактной литотрипсии. Основные клинические и демографические характеристики групп пациентов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Демографические и клинические данные пациентов

Table 1. Patient demographics and clinical data

Параметр Parametr	Группы пациентов/Patient groups		
	1-я группа, мини-ПНЛ, n=322 Group 1, mini-PNL, n=322	1-я группа ультрамини-ПНЛ, n=20 Group 2, ultramini-PNL, n=20	3-я группа, стандартная ПНЛ, n=160 Group 3, mini-PNL, n=160
Возраст, лет (M±SD) Age, years (M±SD)	5,9±1,1 [1–17]	2,7±0,4 [1–12]*	9,6±1,2 [2–17]
Соотношение полов, м/д Sex ratio, m/d	195/127	12/8	89/71
Размер конкремента, мм/Stone size, mm ФОРК, %/FORC, %	24,1±2,9 32,4	18±1,4* 22,8	31,4±4,3 37,4
Сторона операции, правая/левая Operation side, right/left, %	64,4/35,6	57,1/42,9	58,2/41,8
Наличие бактериурии, % Bacteriuria, %	64,5	33,9*	53,2
Дефицит функции почки со стороны вмешательства, % Renal function deficiency on the part of the intervention, %	26,9±4,9 (0–78)	4,9±0,7020±12 (0–52)	32,1±9,1 (0–86)

Примечания. * различия статистически значимы при $p<0,05$
Notes. * the differences are statistically significant at $p<0.05$

Оперативное вмешательство проводилось согласно стандартному протоколу ПНЛ: эндотрахеальный наркоз, цистоскопия, ретроградная катетеризация мочеточника, пункция ЧЛС, дилатация тракта, литотрипсия, литоэкстракция, установка нефростомического дренажа.

Для статистического анализа результатов длительности госпитализации и продолжительности операции использовали *t*-критерий Стьюдента, для оценки окончательной эффективности и полного избавления от камней за 1 сеанс – χ^2 Пирсона и критерий Фишера).

РЕЗУЛЬТАТЫ

В группе детей, прооперированных с помощью мини-ПНЛ в 44,5% (143 ребенка) использовали лазерный литотриптер, в 50,9% (164 ребенка) – пневматический и в 4,6% (15 детей) – ультразвуковой литотриптеры. В группе с применением ультрамини-ПНЛ в 100% прибегали к лазерному литотриптеру. В 3-й группе

с нефроскопом стандартного размера в 20% (32 ребенка) применяли лазерную литотрипсию, в 23,1% (37 детей) – пневматический и в 56,9% (91 ребенок) – ультразвуковой литотриптер. Распределение детей согласно виду контактной нефролитотрипсии представлено в табл. 2.

Полное избавление от клинически значимых по размеру конкрементов в 1-й исследуемой группе непосредственно после первичного вмешательства достигнуто у 258 (80,2%) пациентов. Во 2-й группе этот показатель отмечен у 18 (90%) детей и в 3-й группе – у 126 (78,7%) пациентов.

Продолжительность оперативного вмешательства во всех группах значимо не отличалась: в 1-й группе – 45 (35–130) мин, во 2-й группе – 40 (25–80) мин, в 3-й группе – 55 (40–185) мин. Послеоперационное пребывание в клинике составило: 3,5 (3–13) дня для группы мини-ПНЛ, 3 (3–8) и 4,3 (3–18) дня – для ультрамини-ПНЛ и стандартной групп соответственно. Основные оперативные показатели у детей с применением разного вида контактных литотриптеров представлены в табл. 3. ■

Таблица 2. Распределение пациентов в зависимости от вида применяемой контактной литотрипсии
Table 2. Distribution of patients depending on the type of contact lithotripsy used

Вид литотрипсии Type of lithotripsy	Группы пациентов/Patient groups		
	1-я группа, мини-ПНЛ, n=322 Group 1, mini-PNL, n=322	1-я группа ультрамини-ПНЛ, n=20 Group 2, ultramini-PNL, n=20	3-я группа, стандартная ПНЛ, n=160 Group 3, mini-PNL, n=160
Лазерная нефролитотрипсия, n (%) Laser nephrolithotripsy, n (%)	143 (44,5) [#]	20 (100) [*]	32 (20)
Пневматическая нефролитотрипсия, n (%) Pneumatic nephrolithotripsy, n (%)	164 (50,9)	0 (0) [*]	37 (23,1)
Ультразвуковая нефролитотрипсия, n (%) Ultrasonic nephrolithotripsy, n (%)	15 (4,6) ^{##}	0 (0) [*]	91 (56,9)

Примечания. * – различия между 2-й группой и остальными группами значимы при $p < 0,001$; # – различия между 1-й и 3-й группами статистически значимы при $p < 0,05$; ## – различия между 1-й и 3-й группами статистически значимы при $p < 0,001$

Notes: * – differences between group 2 and the other groups are significant at $p < 0,001$; # – differences between groups 1 and 3 are statistically significant at $p < 0,05$; ## – differences between groups 1 and 3 are statistically significant at $p < 0,001$

Таблица 3. Основные операционные и послеоперационные показатели у детей с применением разного вида контактных литотриптеров

Table 3. Main surgical and postsurgical indicators in children using different types of contact lithotripters

Показатель Index	Группы пациентов/Patient groups			p
	1-я группа, мини-ПНЛ, n=322 Group 1, mini-PNL, n=322	1-я группа ультрамини-ПНЛ, n=20 Group 2, ultramini-PNL, n=20	3-я группа, стандартная ПНЛ, n=160 Group 3, mini-PNL, n=160	
Продолжительность операции, мин; M±m [min-max] Duration operations, min; M±m [min-max]	45±6 [35–130]	40±12 [25–80]	55±6 [40–185]	* $p \leq 0,05$ ** $p \leq 0,01$ *** $p \leq 0,01$
Полное удаление конкремента за один сеанс, n (%) Complete removal of the calculus in one session, n (%)	258 (80,2)	18 (90)	126 (78,7)	* $p > 0,05$ ** $p > 0,05$ *** $p > 0,05$
Окончательная эффективность, n (%) Final efficiency, n (%)	288 (89,4)	19 (95)	139 (86,8)	* $p > 0,05$ ** $p > 0,05$ *** $p > 0,05$
Койко-день после операции, дней; M±m [min-max] Bed-day after surgery, days; M±m [min-max]	3,5±0,4 [3–13]	3,0±0,5 [3–8]	4,3±0,7 [3–18]	* $p > 0,05$ ** $p > 0,05$ *** $p \leq 0,01$

Примечания. * – различия между группой мини-ПНЛ и ультрамини-ПНЛ; ** – различия между группой ультрамини-ПНЛ и стандартной ПНЛ; *** – различия между группой мини-ПНЛ и стандартной ПНЛ

Notes: * – differences between the mini-PNL and ultra-mini-PNL groups; ** – differences between the ultramini-PNL group and standard PNL; *** – differences between the mini-PNL and standard PNL groups

Статистически достоверных различий по всем этим показателями (кроме продолжительности операции) между сравниваемыми группами не получено.

У 80,2% детей мини-ПНЛ в качестве монотерапии привела к полному удалению от конкрементов, и это значение возросло до 89,4% при включении случаев с резидуальными конкрементами, в которых мини-ПНЛ сочеталась с одним сеансом дистанционной литотрипсии, ретроградной интратеренальной хирургии или повторной мини-ПНЛ. Состав камней был следующим: 27% – цистин/ксантин, 39% – оксалаты, 16% – струвита и 18% – кальций фосфатные камни.

Потребность повторных вмешательств была следующей: дистанционная литотрипсия проводилась у 27 (8,3%) детей в 1-й группе, у 1 (5%) – 2-й группы и 19 (11,8%) – в группе с использованием стандартного нефроскопа. Повторная ПНЛ после мини-перкутанной нефролитотрипсии потребовалась 8 (2,5%) детям с цистиновыми камнями. В 3-й исследуемой группе потребность в повторной ПНЛ составила 3,7% (6 детей).

ОБСУЖДЕНИЕ

Оперативное лечение сложного нефролитиаза в детской возрастной группе, включая цистиновые камни, множественные, кораллоподобные камни, по-прежнему представляет собой трудную задачу [14, 15]. Мочекаменная болезнь у детей имеет высокий риск рецидива и часто связана с анатомическими и метаболическими нарушениями. Небольшой размер почек и высокий риск рецидива повышает важность малоинвазивных вмешательств, которые позволяют достичь полного удаления конкремента с наименьшим повреждением почечной паренхимы [16–18]. Особенно важно попытаться полностью удалить камни (это особенно актуально в случае цистиновых и ксантиновых конкрементов), чтобы предотвратить быстрый повторный рост камня и сохранить функцию почек. Оперативное лечение данного вида нефролитиаза требует периодического применения тубусов стандартного размера (24Ch) или методики мультимодального доступа, что связано с особенностями данного заболевания [19–21]. Кроме того, в ряде случаев необходимо в последствии сочетать ПНЛ с дистанционной литотрипсией, ретроградной интратеренальной хирургией или открытой хирургией. Эволюция эндоскопического инструментария и его миниатюризация в сочетании с использованием техники мини-ПНЛ и ультрамини-ПНЛ привели к снижению осложнений. Уменьшенный нефроскопический доступ приводит к меньшему количеству осложнений, хотя ограниченный чрескожный рабочий канал может увеличить время вмешательства [22–25]. Ис-

пользование разных видов контактной литотрипсии (пневматической, ультразвуковой, лазерной) в разных условиях (размер инструмента, плотность и химический состав камня) могут иметь разную эффективность. В нашей клинике есть возможность применения всех вышеуказанных литотриптеров, поэтому мы попробовали ответить на вопрос оптимизации применения методов контактной литотрипсии у детей. В литературе немного сообщений о сравнении контактных литотриптеров у детей для лечения сложного нефролитиаза, однако те немногие, которые существуют, относятся к взрослым пациентам [26–30].

Мы выполняли **ультразвуковую контактную литотрипсию** с помощью аппарата Свис Литоласт Мастер, Швейцария. При его использовании происходит фрагментирование конкремента (литотрипсия) с одновременной аспирацией его мелких частей по просвету зонда (литолапаксия), что может упрощать этап литотрипсии во время операции. Однако эффективное использование данного вида литотрипсии возможно только с инструментами стандартного размера (24Ch, зонд 4,8Ch). Применение ультразвукового зонда при использовании мини-ПНЛ (15–16Ch) малоэффективно из-за узкого рабочего канала литотриптера (1,8Ср), по которому происходит эвакуация резидуальных фрагментов после дробления. В полости зонда часто накапливаются и останавливаются фрагменты камня, что увеличивает время вмешательства. Для миниатюрных зондов ультразвуковых литотриптеров существует ограничение по мощности, оно составляет 40% от максимума, тем самым снижается эффективность дробления плотных конкрементов (>1200 HU) и цистиновых/ксантиновых камней.

Во время выполнения **пневматической литотрипсии** также применялся универсальный аппарата Свис Литоласт Мастер, Швейцария. Фрагментация конкремента осуществляется за счет механического удара пневматического сонотрода. Данный литотриптер одинаково эффективен как с инструментами стандартного размера, так и при методике мини-ПНЛ (сонотроды 0,8 и 0,4 мм). Мы не наблюдали случаев снижения эффективности дробления конкрементов высокой плотности и цистиновых/ксантиновых конкрементов. Ограничением применения пневматического литотриптера является использование ультрамини-нефроскопа (12Ch), ввиду малого размера рабочего канала инструмента.

Лазерная литотрипсия выполнялась с помощью аппарата Аурига XL, Германия, с оптическими волокнами 365–600 мкм, энергия волны 800–1200 мДж, частота 8–10 Гц. Стоит отметить, что в нашей клинике использовались только гольмиевые лазерные литотриптеры и отсутствуют, набирающие популярность в последнее время, тулиевые лазерные литотриптеры.

Задачи сравнить эти два вида лазерной контактной литотрипсии в нашей работе не стояло. У данного вида литотрипсии нет ограничений при выборе размера нефроскопа, ввиду миниатюрности волокна. При использовании ультрамини-ПНЛ как монотерапии или в случае выполнения мультидоступа он безальтернативен. Данный вид литотриптера оптимален при необходимости дополнительных манипуляций в течение нефроскопии: удаление лигатурных швов в просвете ЧЛС или выполнение эндопиелотомии при не протяженных стриктурах лоханочно-мочеточникового сегмента почки. Цистиновые и ксантиновые конкременты имеют «эластичную» структуру, поэтому лазерная литотрипсия показала меньшую эффективность, в сравнении с пневматической. Время для лазерной фрагментации конкрементов высокой плотности (>1400 HU) было затрачено на 23% больше, в сравнении с пневматической нефролитотрипсией. Y.C. Jou и соавт. сообщили, что регулировка мощности до 30 Вт дала хорошие результаты с точки зрения повышения эффективности [31]. Y. Sun и соавт. выполнили ПНЛ с использованием гольмиевого лазера мощностью 60 Вт (3,0 Дж × 20 Гц) у 52 пациентов с камнями лоханки и чашечек (средний диаметр – 3,1 см), у 36 пациентов – с множественными конкрементами (средний диаметр – 2,8 см) и у 24 пациентов – с коралловидными камнями. Данная методика предполагала фрагментацию конкрементов с помощью лазера до состояния микролитов, мелкой пыли, что подтверждалось более коротким временем оперативного вмешательства (в среднем – 44 мин) без увеличения послеоперационных осложнений [32]. Однако в ходе исследования мы пришли к выводу, что фрагментация особо плотных конкрементов (>1400 HU), оптимальнее проводить с использованием пневматической литотрипсии (среднее время операции – 40 мин). Во время пневматической литотрипсии, энергия от сонотрода распределяется прямо, в одну точку, что позволяет быстрее разрушать камень на фрагменты соизмеримые просвету тубуса и удалять последние с помощью эффекта Бернули (по градиенту изменения давления). Тогда как энергия от лазерного

волокна распределяется в разные стороны от кончика волокна и времени для разрушения особо плотных конкрементов требуется больше. Методика дробления в мелкую пыль оправдана при меньшей плотности конкремента. Приемы пневматической и лазерной контактной нефролитотрипсии представлены на рис. 1.

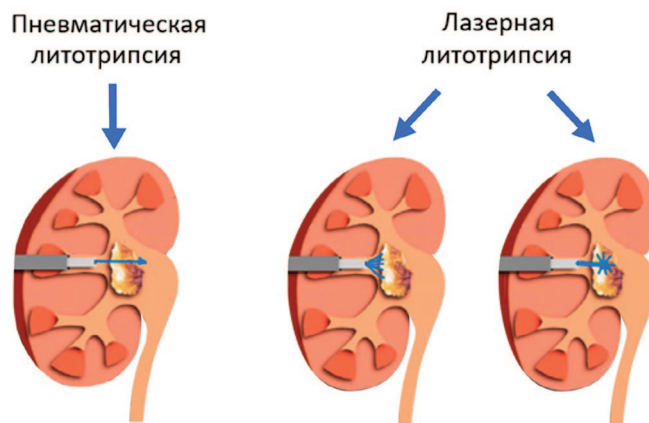


Рис. 1. Приемы пневматической и лазерной литотрипсии
Fig. 1. Pneumatic and laser lithotripsy techniques

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбор контактного литотриптера ограничивается размером используемого инструментария, плотностью и химическим составом конкремента. При выполнении ультрамини-ПНЛ (диаметр тубуса – 12 Ch), из-за малого размера рабочего канала инструмента, возможно использование только лазерного контактного литотриптера. Применение ультразвукового литотриптера через канал мини-нефроскопа весьма затруднительно, вследствие частой обструкции аспирационного канала санатрода литотриптера мелкими фрагментами конкремента на этапе выполнения литолапаксии. Плотные конкременты, 1200 HU и выше, целесообразно разрушать используя пневматическую и лазерную контактную литотрипсию. На цистиновые и ксантиновые конкременты целесообразно, ввиду «эластичной» структуры, воздействовать с помощью пневматического литотриптера. ■

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Аполихин О.И., Сивков А.В., Комарова В.А., Просьянников М.Ю., Голованов С.А., Казаченко А.В. и др. Заболеваемость мочекаменной болезнью в Российской Федерации (2005–2016 годы). *Экспериментальная и клиническая урология*. 2018;(4):4–14. [Apolikhin O.I., Sivkov A.V., Komarova V.A., Prosyannikov M.Yu., Golovanov S.A., Kazachenko A.V., et al. Urolithiasis in the Russian Federation (2005–2016). *Eksperimentalnaya i klinicheskaya urologiya = Experimental and Clinical Urology*. 2018;(4):4–14. (In Russian)].
2. Singh AG, Jairath A, Balaji SS, Tak G, Ganpule AP, Vijayakumar M, et al. Changing trends in the endourological management of urolithiasis in

- anomalous kidneys. *BJU International*. 2019;2(123):318–27. <https://doi.org/10.1111/bju.14575>.
3. Soltani MH, Karimi A, Salimi M, Amini E. Feasibility, safety, and effectiveness of adult-sized instruments in pediatric percutaneous nephrolithotomy: A systematic review and meta-analysis. *J Pediatr Urol*. 2022;18(3):303–10. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2022.04.014>.
4. Вардак А.Б., Арустамов Л.Д., Рудин Ю.Э., Меринов Д.С. Перкутанная нефролитотрипсия у детей с крупными и коралловидными конкрементами (Обзор литературы). *Педиатрия им. Г.Н. Сперанского*. 2020;99(5):169–75. [Vardak A.B., Arustamov L.D., Rudin Yu. E., Merinov L.S. Percutaneous

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- nephrolithotripsy for the treatment of large and staghorn stones in children. *Pediatrica im. G.N. Speranskogo = Pediatria n.a. G.N. Speransky*. 2020;99(5):169–75. (In Russian)]. <https://doi.org/10.24110/0031-403X-2020-99-5-169-175>.
5. Рудин Ю.Э., Меринов Д.С., Вардак А.Б., Арустамов Л.Д. Перкутанная нефролитотрипсия у детей младшей возрастной группы. *Экспериментальная и клиническая урология*. 2021;14(1):144–50. [Rudin Yu.E., Merinov D.S., Vardak A.B., Arustamov L.D. Percutaneous nephrolithotripsy in children of the young age. *Eksperimentalnaya i klinicheskaya urologiya = Experimental and Clinical Urology*. 2021;14(1):144–50. (In Russian)]. <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2021-14-1-144-15>.
 6. Mehmet MU, Ahmet AS, Mansur DU, Onur D, Mehmet NB, Namik KH, et al. STPEDISET: A novel innovation for percutaneous nephrolithotomy in children. *J Pediatr Surg*. 2016;51(2):336–40. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2015.11.014>.
 7. Saber-Khalah M, Reyad AM, Gamal W, Elmoghazy H, Abd Elhamed AM, Mohamed ER, et al. The feasibility of one-day length of hospital stay after pediatric percutaneous nephrolithotomy. *Urologia*. 2022;89(1):126–30. <https://doi.org/10.1177/0391560321993594>.
 8. Арустамов Л.Д., Рудин Ю.Э., Меринов Д.С., Вардак А.Б. Результаты применения метода мини-перкутанной нефролитотрипсии у детей с мочекаменной болезнью. *ПМЖ*. 2018;26(2-2):118–21. [Arustamov L.D., Rudin Yu.E., Merinov D.S., Vardak A.B. Results of the use of the method of mini-percutaneous nephrolithotripsy in children with urolithiasis. *RMZH = RMJ*. 2018;26(2-2):118–21. (In Russian)].
 9. Brodie KE, Lane VA, Lee TW. Outcomes following ‘mini’ percutaneous nephrolithotomy for renal calculi in children. A single-centre study. *J Pediatr Urol*. 2015;11(3):120–25. <https://doi.org/10.1016/j.jpuro.2014.09.008>.
 10. Mehmet SA, Hikmet Z, Erol B, Serkan A, Bahattin A, Mehmet HO. The Outcome of Percutaneous nephrolithotomy using intravenous catheter for obtaining percutaneous access as a treatment for renal stone disease in children: A Pilot Study. *Urol J*. 2016;13(1):2502–8.
 11. Gallioli A, Berrettini A, Sampogna G, Lorens E, Quiróz Y, Gnech M, et al. Semi-closed-circuit vacuum-assisted mini percutaneous nephrolithotomy in the pediatric population: the initial experience of two tertiary referral centers. *Minerva Urol Nephrol*. 2022;74(1):93–101. <https://doi.org/10.23736/S2724-6051.20.03951-X>.
 12. Рудин Ю.Э., Арустамов Л.Д., Вардак А.Б., Галицкая Д.А., Марухненко Д.В., Лагутин Г.В., и др. Формула оценки размера камня (ФОРК) почки у детей разных возрастных групп. *Экспериментальная и клиническая урология*. 2022;15(4):164–72. [Rudin Yu.E., Arustamov L.D., Vardak A.B., Galitskaya D.A., Marukhnenko D.V., Lagutin G.V., et al. KSS-CDA: Kidney stone size in children different ages. *Eksperimentalnaya i klinicheskaya urologiya = Experimental and Clinical Urology*. 2022;15(4):164–72. (In Russian)]. <https://doi.org/10.29188/2222-8543-2022-15-4-164-172>.
 13. Mahmoud MA, Shawki AS, Abdallah HM, Mostafa D, Elawady H, Samir M. Use of retrograde intrarenal surgery (RIRS) compared with mini-percutaneous nephrolithotomy (mini-PCNL) in pediatric kidney stones. *World J Urol*. 2022;40(12):3083–9. <https://doi.org/10.1007/s00345-022-04186-x>.
 14. Abdelwahab K, Elderey MS, Desoky E, Elsayed ER, Seleem MM, Ahmed E. Pediatric mini-percutaneous nephrolithotomy using self-retained screwed amplatz sheath vs ordinary sheath. *J Endourol*. 2023;37(4):394–9. <https://doi.org/10.1089/end.2022.0540>.
 15. Zeid M, Sayedin H, Alsaid A, Sridharan N, Narayanasa A, Giri S, et al. Outcomes of mini-percutaneous nephrolithotomy in children and adolescents: A 10-year single-centre experience from Kuwait. *Cureus*. 2021;14(5):e25022. <https://doi.org/10.7759/cureus.25022>.
 16. Mansur D, Mehmet MU, Onur D, Mehmet NB, Necmettin P, Namik KH, et al. Micro-percutaneous nephrolithotomy in the treatment of pediatric nephrolithiasis: A single-center experience. *J Pediatr Surg*. 2016;51(4):626–9. <https://doi.org/10.1016/j.jpedsurg.2015.09.012>.
 17. Bjazevic J, Razvi H. Stones in pregnancy and pediatrics. *Asian J Urol*. 2018;4(5):223–34. <https://doi.org/10.1016/j.ajur.2018.05.006>.
 18. Baydilli N, Tosun H, Akınsal EC, Gölbaşı A, Yel S, Demirci D. Effectiveness and complications of mini-percutaneous nephrolithotomy in children: one center experience with 232 kidney units. *Turk J Urol*. 2020;1(46):69–75. <https://doi.org/10.5152/tud.2019.19158>.
 19. Liu M, Huang J, Lu J, Hu L, Wang Z, Ma W, et al. Selective tubeless minimally invasive percutaneous nephrolithotomy for upper urinary calculi. *Minerva Urol Nephrol*. 2017;69(4):366–71. <https://doi.org/10.23736/S0393-2249.16.02700-4>.
 20. Qiu Z, Guo QB, Ablikim Z, Shi XW, Hou JJ, Chen C, Hasanjan M, et al. Safety and efficacy of ultrasound-guided low-pressure perfusion mini-percutaneous nephrolithotomy in children aged 1–7 years: a retrospective observational study. *Int Urol Nephrol*. 2021;10(53):1969–76. <https://doi.org/10.1007/s11255-021-02933-4>.
 21. Liu Y, Wu W, Tuerxun A, Liu Y, Simayi A, Huang J, et al. Super-mini percutaneous nephrolithotomy in the treatment of pediatric nephrolithiasis: evaluation of the initial results. *J Endourol*. 2017;1(31):38–42. <https://doi.org/10.1089/end.2016.0572>.
 22. Karkin K, Erçil H. Is percutaneous nephrolithotomy effective and safe for children with solitary kidney? *Pediatr Surg Int*. 2022;38(8):1171–5. <https://doi.org/10.1007/s00383-022-05147-6>.
 23. Adhikari MB, Karna S, Adhikari K, Baidya JL. Percutaneous nephrolithotomy in paediatric population: A single center experience. *J Nepal Health Res Counc*. 2020;2(18):205–9. <https://doi.org/10.33314/jnhrc.v18i2.2153>.
 24. Izol V, Satar N, Bayazit Y, Gokalp F, Akdogan N, Aridogan IA. Which factors affect the success of pediatric PCNL? Single center experience over 20 years. *Arch Ital Urol Androl*. 2020;92(4). <https://doi.org/10.4081/aiua.2020.4.345>.
 25. Yıldızhan M, Asil E. Tubeless PNL can safely be applied to selected patients in pediatric stone disease. *Turk J Urol*. 2021;2(47):164–9. <https://doi.org/10.5152/tud.2020.20066>.
 26. Nouralizadeh A, Simforoosh N, Shemshaki H, Soltani MH, Sotoudeh M, Ramezani MH, et al. Tubeless versus standard percutaneous nephrolithotomy in pediatric patients: a systematic review and meta-analysis. *Urologia*. 2018;1(85):3–9. <https://doi.org/10.5301/uj.5000270>.
 27. Keshavamurthy R, Kumar S, Karthikeyan VS, Mallya A, Nelivigi GG. Tubeless pediatric percutaneous nephrolithotomy: Assessment of feasibility and safety. *J Indian Assoc Pediatr Surg*. 2018;1(23):16–21. https://doi.org/10.4103/jiaps.JIAPS_22_17.
 28. Kandemir A, Balasar M, Pişkin MM, Öztürk A. Outcomes of mini-percutaneous nephrolithotomies in children: a single centre experience. *Cent European J Urol*. 2019;2(72):174–7. <https://doi.org/10.5173/ceju.2019.1672>.
 29. Destro F, Selvaggio GGO, Lima M, Ricciettoni G, Klersy C, Di Salvo N, et al. Minimally invasive approaches in pediatric urolithiasis. The experience of two Italian centers of pediatric surgery. *Front Pediatr*. 2020;8:377. <https://doi.org/10.3389/fped.2020.00377>.
 30. Dombrovskiy V, Olweny EO. Percutaneous nephrolithotomy in children: Analysis of nationwide hospitalizations and short-term outcomes for the United States, 2001–2014. *J Endourol*. 2018;10(32):912–8. <https://doi.org/10.1089/end.2018.0370>.
 31. Jou YC, Shen JH, Cheng MC, Lin CT, Chen PC. Percutaneous nephrolithotomy with holmium: Yttrium-aluminum-garnet laser and fiber guider – report of 349 cases. *Urology*. 2005;65(34):454–8. <https://doi.org/10.1016/j.urology.2004.09.069>.
 32. Sun YH, Gao XF, Wang LH, Sheng X, Gao X, Wang XZ. High-power holmium laser with percutaneous nephrolithotripsy for kidney calculi. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*. 2005;43(18):1209–11. <https://doi.org/10.1007/s10103-010-0769-x>.

Сведения об авторах:

Вардак А.Б. – к.м.н., врач детского уроandroлогического отделения НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, Москва, Россия; РИНЦ Author ID: 695565, <https://orcid.org/0000-0003-0722-4237>

Мерин Д.С. – д.м.н., руководитель группы эндоурологов НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, Москва, Россия

Арустамов Л.Д. – к.м.н., сотрудник отделения рентген-ударно-волнового дистанционного дробления камней НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, Москва, Россия; РИНЦ Author ID: 695359, <https://orcid.org/0000-0003-0722-4237>

Рудин Ю.Э. – д.м.н., профессор, руководитель отдела детской урологии НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, Москва, Россия; РИНЦ Author ID: 423343, <https://orcid.org/0000-0001-5973-615X>

Алиев Д.К. – к.м.н., врач детского уроandroлогического отделения НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, Москва, Россия; РИНЦ Author ID: 1003160, <https://orcid.org/0000-0002-9813-3447>

Лагутин Г.В. – к.м.н., врач детского уроandroлогического отделения НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, Москва, Россия; РИНЦ Author ID: 1003158, <https://orcid.org/0000-0003-3162-5997>

Поляков Н.В. – к.м.н., руководитель группы реконструктивной урологии отдела общей и реконструктивной урологии НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, Москва, Россия; РИНЦ Author ID: 412267, <https://orcid.org/0000-0001-5089-1110>

Наткина В.Н. – ординатор отдела детской урологии НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, Москва, Россия; <https://orcid.org/0009-0001-7801-1397>

Гонсалес Дураньона Кристина Эмилиевна – студент, Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России, Москва, Россия; <https://orcid.org/0009-0004-1817-070X>

Аполихин О.И. – д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, директор НИИ урологии и интервенционной радиологии им. Н.А. Лопаткина – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, Москва, Россия; РИНЦ Author ID: 683661, <https://orcid.org/0000-0003-0206-043X>

Каприн А.Д. – д.м.н., профессор, академик РАН, генеральный директор ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России; директор ФГБУ «Московский научно-исследовательский онкологический институт им. П.А. Герцена»; заведующий кафедрой онкологии и рентгенодиагностики им. В.П. Харченко ФГАУ ВО «Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы» Минобрнауки России, главный внештатный онколог Минздрава России, Москва, Россия; РИНЦ Author ID: 96775, <https://orcid.org/0000-0001-8784-8415>

Вклад авторов:

Вардак А.Б. – анализ литературы и частичное написание статьи, 25%
Мерин Д.С. – частичное написание статьи, 5%
Арустамов Л.Д. – анализ литературы и частичное написание статьи, 20%
Рудин Ю.Э. – дизайн обзора, 20%
Алиев Д.К. – частичное написание статьи, 5%
Лагутин Г.В. – частичное написание статьи, 5%
Поляков Н.В. – общее руководство работой, 5%
Наткина В.Н. – частичное написание статьи, 5%
Гонсалес Дураньона К.Э. – частичное написание статьи, 5%
Аполихин О.И. – общее руководство работой, 5%
Каприн А.Д. – общее руководство работой, 5%

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Статья подготовлена без финансовой поддержки.

Статья поступила: 10.02.2026

Результаты рецензирования: 11.04.2026

Исправления получены: 25.04.2026

Принята к публикации: 15.05.2026

Information about authors:

Vardak A.B. – PhD, doctor of children's uroandrology department of N. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology – Branch of the National Medical Research Centre of Radiology of the Ministry of Health of Russian Federation, Moscow, Russia; RSCI Author ID: 695565, <https://orcid.org/0000-0003-0722-4237>

Merinov D.S. – Dr. Sci., Head of the Endourology group Institute of Urology and Interventional Radiology – branch of the National Medical Research Radiological Centre of Ministry of health of Russian Federation, Moscow, Russia

Arustamov L.D. – PhD, researcher of the department of X-ray shock wave remote crushing of stones Institute of Urology and Interventional Radiology – branch of the National Medical Research Radiological Centre of Ministry of health of Russian Federation, Moscow, Russia; RSCI Author ID: 695359, <https://orcid.org/0000-0003-0722-4237>

Rudin Yu. E. – Dr. Sci., Professor, Head of the Department of Pediatric Urology of N. Lopatkin Research Institute of urology and Interventional Radiology – branch of the National Medical Research Centre of Radiology of Ministry of health of Russian Federation, Moscow, Russia; RSCI Author ID: 423343, <https://orcid.org/0000-0001-5973-615X>

Aliev D.K. – PhD, doctor of children's uroandrology Department of N. Lopatkin Research Institute of urology and Interventional Radiology – branch of the National Medical Research Centre of Radiology of Ministry of health of Russian Federation, Moscow, Russia; RSCI Author ID: 1003160, <https://orcid.org/0000-0002-9813-3447>

Lagutin G.V. – PhD, doctor of children's uroandrology Department of N. Lopatkin Research Institute of urology and Interventional Radiology – branch of the National Medical Research Centre of Radiology of Ministry of health of Russian Federation, Moscow, Russia; RSCI Author ID: 1003158, <https://orcid.org/0000-0003-3162-5997>

Polyakov N.V. – PhD, Head of the Reconstructive Urology Group, Department of General and Reconstructive Urology of N. Lopatkin Research Institute of urology and Interventional Radiology – branch of the National Medical Research Centre of Radiology of Ministry of health of Russian Federation, Moscow, Russia; RSCI Author ID: 412267, <https://orcid.org/0000-0001-5089-1110>

Natkina V.N. – resident, Pediatric Urology Group N. Lopatkin Scientific Research Institute of Urology and Interventional Radiology – Branch of the National Medical Research Radiological Centre of the Ministry of Health of Russian Federation, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0009-0001-7801-1397>

González Duranóna Kristina Emiliyovna – student, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, Russia; <https://orcid.org/0009-0004-1817-070X>

Apolikhin O.I. – Dr. Sci., Professor, corresponding member of RAS, director of N. Lopatkin Scientific Research Institute of urology and Interventional Radiology – branch of the National Medical Research Centre of Radiology of Ministry of health of Russian Federation, Moscow, Russia; RSCI Author ID: 683661, <https://orcid.org/0000-0003-0206-043X>

Kaprin A.D. – Dr. Sci., Professor, academician of RAS, general director of the National Medical Research Centre of Radiology of Ministry of health of Russian Federation; director of Moscow Scientific Research Oncological Institute named after P.A. Herzen; Head of Department of Oncology and Radiology named after V.P. Kharchenko of Peoples' Friendship University of Russia; Chief Freelance Oncologist at the Russian Ministry of Health, Moscow, Russia; RSCI Author ID: 96775, <https://orcid.org/0000-0001-8784-8415>

Authors' contributions:

Vardak A.B. – literature analysis and article writing, 25%
Merinov D.S. – partial writing of the article, 5%
Arustamov L.D. – literature analysis and article writing, 20%
Rudin Yu.E. – development of the idea and design of the work, scientific consulting, 25%
Aliev D.K. – partial writing of the article, 5%
Lagutin G.V. – partial writing of the article, 5%
Polyakov N.V. – general management of work, 5%
Natkina V.N. – partial writing of the article, 5%
González Duranóna K.E. – partial writing of the article, 5%
Apolikhin O.I. – general management of work, 5%
Kaprin A.D. – general management of work, 5%

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Financing. The article was made without financial support.

Received: 10.02.2026

Peer review: 11.04.2026

Corrections received: 25.04.2026

Accepted for publication: 15.05.2026