

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1516>

Обзорная статья



# Применение гидрохирургических технологий в лечении взрослых и детей. Литературный обзор

Р.С. Молотов<sup>1</sup>, М.М. Чернобабова<sup>2</sup>, С.М. Батаев<sup>1,3</sup><sup>1</sup> Детская городская клиническая больница № 9 им. Г.Н. Сперанского, Москва, Россия;<sup>2</sup> Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия;<sup>3</sup> Научно-исследовательский клинический институт педиатрии и детской хирургии им. акад. Ю.Е. Вельтищева, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

## Аннотация

Ежегодно в практику хирургов вводится новое медицинское оборудование с целью усовершенствования техники оперативных вмешательств и уменьшения рисков возникновения послеоперационных осложнений. К одному из таких методов относится гидрохирургия.

Цель исследования — проведение анализа медицинской литературы об опыте применения гидрохирургических установок в различных отраслях современной хирургической практики, сбор информации об их эффективности, а также оценка их основных преимуществ, недостатков и перспектив использования в детской хирургии. Поиск публикаций и анализ информации осуществлялся по базам PubMed, eLibrary, Web of Science, CyberLeninca. В качестве поисковых фраз использовали: «гидрохирургия», «водоструйные устройства», «hydrosurgery» «water-jet hydrodissection», «HybridKnife», «Erbejet», «Versajet», «water-jet devices», «water-jet debridement». Для литературного обзора отобраны источники только на русском и английском языках, опубликованные с 2015 по 2022 г. Учитывался опыт применения гидрохирургических установок как во взрослой, так и в детской хирургической практике. Таким образом, по заданным параметрам поиска нами проанализированы 54 статьи, 38 из которых вошли в литературный обзор, остальные 16 статей, в связи с малой выборкой пациентов и незаконченными этапами исследования, исключены.

Данные, приведенные в литературных источниках, и обзор проведенных в настоящее время исследований свидетельствуют о существенной эффективности и универсальности применения гидрохирургических методов лечения. Зафиксированные преимущества их использования в современной практике хирурга во многом превалируют над недостатками, обеспечивая возможность выполнения оперативных вмешательств различной степени сложности. Гидрохирургические технологии в педиатрической практике применяются в комбустиологии, лечении ран, новообразований кожи и деструктивных пневмоний. На основании результата анализа полученных в ходе исследования данных можно сделать вывод, что гидрохирургические методы правомерно занимают достойное место среди эффективных современных хирургических подходов к лечению пациентов с различной патологией. Этим объясняется актуальность и необходимость проведения более углубленного изучения данного метода в детской хирургии.

**Ключевые слова:** гидрохирургия; гидрохирургические системы; дебридмент; VersaJet; раны; ожоги; дети; литературный обзор.

## Как цитировать:

Молотов Р.С., Чернобабова М.М., Батаев С.М. Применение гидрохирургических технологий в лечении взрослых и детей. Литературный обзор // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2023. Т. 13, № 2. С. 201–212. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1516>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1516>

Review article

# Use of hydrosurgical technologies in the treatment of adults and children. Review

Ruslan S. Molotov<sup>1</sup>, Maria M. Chernobabova<sup>2</sup>, Saidhasan M. Bataev<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Speranskiy Children's Municipal Hospital No. 9, Moscow, Russia;

<sup>2</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia;

<sup>3</sup> Veltischev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

## Abstract

Every year, new medical equipment is introduced to surgeons to improve the techniques of surgical interventions and reduce the risk of postoperative complications. One of these methods is hydrosurgery.

This study aimed to analyze medical literature on the experience of using hydrosurgical units in various branches of modern surgical practice, provide information on their effectiveness, and evaluate their main advantages, disadvantages, and prospects for use in pediatric surgery.

Publication search and information analysis were carried out using the databases PubMed, eLibrary, Web of science, and Cyberleninca. The following search phrases were used: "hydrosurgery," "water jet devices," "hydrosurgery," "water jet hydrodissection," "HybridKnife," "Erbejet," "VersaJet," "water-jetdevices," and "water-jetdebridement." For the literature review, only sources in Russian and English published from 2015 to 2022 were selected. The experience of using hydrosurgical units in adult and pediatric surgical practices was considered. According to the specified search parameters, we analyzed 54 articles, 38 of which were included in the literature review. The remaining 16 articles were excluded due to the small sample of patients and incomplete stages of the study.

**RESULTS:** The results indicated the significant effectiveness and versatility of hydrosurgical methods. The fixed advantages of their use in the modern practice of a surgeon largely prevailed over their disadvantages, allowing their potential application in surgical interventions of varying degrees of complexity. Hydrosurgical technologies in pediatric practice were used in combustiology, treatment of wounds, skin neoplasms, and destructive pneumonia.

**CONCLUSIONS:** In conclusion, hydrosurgical methods are one of the effective modern surgical approaches to the treatment of patients with various pathologies. An in-depth study of this method in pediatric surgery is warranted.

**Keywords:** hydrosurgery; hydrosurgical systems; debris; VersaJet; wounds; burns; children; literature review.

## To cite this article:

Molotov RS, Chernobabova MM, Bataev SM. Use of hydrosurgical technologies in the treatment of adults and children. Review. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2023;13(2):201–212. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1516>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1516>

# 水刀技术在成人和儿童的治疗中的应用。文献综述

Ruslan S. Molotov<sup>1</sup>, Maria M. Chernobabova<sup>2</sup>, Saidhasan M. Bataev<sup>1,3</sup><sup>1</sup> Speranskiy Children's Municipal Hospital No. 9, Moscow, Russia;<sup>2</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia;<sup>3</sup> Veltishev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

## 简评

每年都新医疗设备被引入外科医生的实践中,以改善手术方式并减少术后并发症的风险。用水刀外科学是这些方式中的一种。

该研究的目的是分析关于现代外科实践中各分支使用水刀外科设备的经验的医学文献,以及收集关于其有效性的信息,评估其主要优点、缺点和在儿童外科学中的使用前途。使用PubMed、eLibrary、Web of Science和CyberLeninka数据库对这些出版物进行了搜索和分析。使用了以下关键词来搜索资料:“гидрохирургия”/“hydrosurgery”(用水刀外科学)、“водоструйные устройства”/“water-jet devices”(射流抽水装置)、“water-jet hydrodissection”(水射流分离法)、“water-jet debridement”(水射流清创术)、“HybridKnife”、“Erbejet”、“VersaJet”。只有俄文和英文的资料才能被纳入文献审查。文献发表时间为2015年至2022年。我们考虑到在成人和儿童外科学实践中使用水刀器械的经验。根据给定的搜索参数,分析了54篇文章。其中38篇被纳入了该文献综述。其余16篇文章由于病人样本少和研究步骤不完整而被排除。

出版物中提供的数据和对所进行的研究的审查表明,水刀外科治疗方法具有显著的有效性和多用途性。在现代外科实践中使用这些方法的优势已被记录在案。这些优点在很大程度上大于缺点。水刀技术提供进行不同难易程度的外科干预的机会。在儿科实践中,水刀技术被用于烧伤医学及伤口、皮肤肿瘤和破坏性肺炎的治疗。对所获得的数据进行了分析后得出结论,用水刀手术方法是治疗各种病症患者的有效现代手术方法之一。这说明了这种方法在儿童外科学中的相关性和更深度研究的必要性。

**关键词:** 用水刀外科学; 清创水刀系统; 清创术; VersaJet; 伤口; 烫伤; 儿童; 文献综述。

## 引用本文:

Molotov RS, Chernobabova MM, Bataev SM. 水刀技术在成人和儿童的治疗中的应用。文献综述. Review. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2023;13(2):201–212. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1516>

## ВВЕДЕНИЕ

За последнее десятилетие в хирургии отмечается значительный рост развития и внедрения в практику нового медицинского оборудования, благодаря которому оперативные вмешательства становятся менее травматичными, а послеоперационный период протекает более гладко [1–8]. Это достигается за счет уменьшения времени операции и снижения рисков развития интра- и послеоперационных осложнений, что позволяет значительно сократить период восстановления пациента после проведенного оперативного лечения [1, 9–21]. К одним из таких видов хирургических вмешательств относится гидрохирургический метод, применяемый при различных видах патологий, принцип которого основан на воздействии струи физиологического раствора на ткани пациента [3–8, 15, 22].

В цели исследования входило проведение анализа медицинской литературы об опыте применения гидрохирургических установок в различных отраслях современной хирургической практики, сбор информации об их эффективности, а также оценка их основных преимуществ, недостатков и перспектив использования в детской хирургии.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск публикаций и анализ информации, опубликованной в электронных базах данных, осуществляли по базам PubMed, eLibrary, Web of Science, CyberLeninca. В качестве поисковых фраз были использованы: «гидрохирургия», «водоструйные устройства», «дебридмент», «hydrosurgery» «water-jet hydrodissection», «HybridKnife», «Erbejet», «Versajet», «water-jet devices», «water-jet debridement». Для литературного обзора отобраны источники только на русском и английском языках, опубликованные с 2015 по 2022 г. Учитывался опыт применения гидрохирургических установок как во взрослой, так и в детской хирургической практике. Таким образом, по заданным параметрам поиска нами были проанализированы 54 статьи, 38 из которых вошли в литературный обзор, а остальные 16 статей, в связи с малой выборкой пациентов и незавершенными этапами исследования, исключены.

Среди основных гидрохирургических аппаратов на сегодняшний день наиболее широкое распространение получили приборы:

- по обработке раневой поверхности пульсирующей струей (Jetox-ND, JetPeel);
- по водоструйному рассечению мягких тканей и паренхиматозных органов (Erbejet 2, ErbeVio 300 D, ErbeHelix, WAND — Waterjet Necrosectomy Device, HelixHydro-Jet, HybridKnife, HybridAPC);
- по гидрохирургическому иссечению с одномоментной элиминацией пораженных тканей (Versajet);
- по гидронуклеопластике (SpineJet).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### История создания метода

Зарождение идеи о создании водоструйных установок и применении их в медицинской практике берет начало в 60-х годах прошлого столетия. На основании многолетнего опыта орошения ротовой полости водой с гигиенической целью начальник стоматологического корпуса армии США S. Bhaskar в своей экспериментальной работе в 1966 г. с помощью специально созданных автоматических гидрохирургических установок (WaterPik) продемонстрировал эффективность воздействия пульсирующей струи воды под давлением на слизистую оболочку ротовой полости крыс. Было доказано, что с помощью применения этого метода лечения уменьшается воспаление и образование налета на зубной эмали, а также количество микроорганизмов на слизистой оболочке ротовой полости лабораторных животных. Однако после обработки отмечались случаи возникновения кровоизлияний, частота возникновения которых зависела от мощности напора струи жидкости [23].

С учетом полученных данных было предложено использовать гидрохирургические установки для очищения раневых поверхностей. В ходе эксперимента на лабораторных крысах S. Bhaskar определил, что с помощью водного потока под давлением происходит удаление некротизированных тканей из раневого ложа с минимальной травматизацией здоровых, что способствует более быстрому заживлению ран. Кроме того, в ходе опыта были впервые использованы растворы антибиотиков для орошения раневой поверхности с целью профилактики инфекционных осложнений [24]. В 1971 г. выходит первая исследовательская работа о применении гидрохирургических устройств с целью дебридмента боевых ран у солдат американской армии [25]. Описанные открытия положили начало развитию гидрохирургии как отдельного направления современной хирургической практики.

### Обработка раневой поверхности пульсирующей струей (Jetox-ND, JetPeel)

Разработка S. Bhaskar в последующем была усовершенствована до гидрохирургического устройства Jetox-ND, принцип работы которого заключался в одновременной подаче струи сжатого газа в сочетании со стерильным 0,9 % раствором натрия хлорида, а также растворами антибиотиков и антисептиков на область раневого ложа. В литературе описаны успешные случаи лечения пациентов с ожогами II степени различной локализации в разных возрастных группах с помощью водоструйного устройства. Частицы жидкости, попадая на раневую поверхность под давлением, способствуют очищению ее от некротизированных тканей и наложений фибрина. Так, при применении Jetox-ND отмечен более короткий период

заживления раневой поверхности в сравнении с традиционными методами очищения ран и, как следствие, уменьшение срока пребывания пациента в больнице [9]. Аналогичным способом работы обладает гидрохирургическое устройство JetPeel, с помощью которого кожа очищается от поврежденного эпидермального слоя. Наиболее часто водоструйная технология применяется с целью улучшения косметического вида рубцов различной этиологии и пигментаций. Длительность процедуры варьируется от 5 до 15 мин, глубина воздействия регулируется временем экспозиции. Кроме того, жидкостный компонент этого аппарата может быть представлен растворами витаминов или другими средствами, улучшающими процессы регенерации кожи. По оценке пациентов и медицинского персонала, после проведения указанных процедур отмечается хороший косметический эффект, а время заживления послеоперационных ран значительно уменьшается и проходит более гладко в сравнении с традиционными хирургическими методами [10].

По мнению ряда авторов [9–11], основным преимуществом водоструйных аппаратов является их универсальность, а именно выполнение неинвазивной чрескожной доставки лекарственных препаратов в область раневого дефекта и возможность выбора необходимого эффекта в зависимости от действующего вещества. Кроме того, ими же отмечена высокая эффективность удаления мелких загрязнений из области раневого ложа, простота в эксплуатации, короткий срок обучения специалистов пользованием водоструйной установкой, а также ее портативность. Среди недостатков авторы отмечают длительность выполнения манипуляции в сравнении с традиционными методами очищения раневых поверхностей [11].

### **Водоструйное рассечение мягких тканей паренхиматозных органов (Erbejet2, ErbeVio 300D, ErbeHelix, WAND, HelixHydro-Jet, HybridKnife, HybridAPC)**

О начале применения водоструйных устройств в медицинской практике с целью диссекции различных органов сообщалось в начале 1980-х годов [26].

В современной хирургии широко представлена работа аппарата Erbejet и его аналогов как комбинация микроволнового скальпеля и водоструйной системы. Основной принцип работы заключается в подаче стерильного физиологического раствора под давлением, сила напора которого достаточна для резекции тканей [12]. Широкое распространение использование аппарата приобрело у отечественных хирургов в ходе открытых операций на желудочно-кишечном тракте (ЖКТ) [2, 13, 14]. С помощью аппарата Erbejet2 российские онкологи ежегодно выполняют резекции печени различного объема у пациентов со злокачественными новообразованиями — от сегментарных резекций и гемигепатэктомий до расширенных гемигепатэктомий [2, 12]. Ряд детских

онкологов подчеркивает, что применение гидрохирургического прибора ErbeVio 300D во время операций у детей с гепатобластомами способствовало лучшему контролю гемостаза и, как следствие, позволило свести кровопотерю к минимуму, что особенно важно у детей в возрасте до 1 года с малым объемом циркулирующей крови, и избежать заместительной терапии. В своем клиническом опыте при резекции правой доли печени у пациента в возрасте 3 мес. авторами зарегистрирована кровопотеря в объеме 50,0 мл, что свидетельствует о незаменимости использования гидрохирургического метода в арсенале хирургов [12].

На базе Университетской больницы Хиросимы японскими авторами было проведено ретроспективное исследование, целью которого было определение преимуществ гидрохирургического скальпеля ErbeHelix и Erbejet2 в сравнении с ультразвуковым хирургическим аспиратором Cavitron при проведении транссекции печеночной паренхимы во время трансплантации печени от живого донора [13]. По сравнению с ультразвуковыми приборами у гидрохирургических диссекторов есть неоспоримое преимущество — во время их работы не возникает эффекта нагрева рядом расположенных тканей, что позволяет использовать их для более точного иссечения без травм нервов, сосудов и тканей паренхиматозных органов [2, 12, 13, 26]. В результате этого, а также возможности одномоментной аспирации уменьшается объем кровопотери и значительно сокращается время выполнения оперативного вмешательства, что особенно важно при трансплантации печени от живого донора. За счет этого снижается риск развития постгепатэктомической печеночной недостаточности и, как следствие, уменьшается показатель послеоперационной смертности [13].

В 2016 г. Т. Nakano и соавт. [14] предложили использовать устройства подачи водяной струи во время эндоскопических исследований ЖКТ, с целью поддержания четкого эндоскопического обзора. Кровь, остатки пищи и пузырьки воздуха во время манипуляции могут препятствовать визуализации патологических новообразований или изменений слизистой оболочки. Лучшая визуализация способствует сокращению времени проведения диагностических исследований. Кроме этого, возможность подачи жидкости во время эндоскопических резекций улучшает гемостаз [14].

Американские авторы из Вандерbiltского университета предложили новое гидрохирургическое устройство WAND, использование которого, по их мнению, может улучшить качество оказания эндоскопической хирургической помощи пациентам с панкреонекрозом. Аппарат представляет собой одноразовый эндоскопический гидрорезектор-манипулятор, который устанавливается через 2,8 мм эндоскоп [27, 28]. С помощью водоструйной установки, как считают авторы, станет возможным эндоскопическая фрагментация некротизированных тканей при панкреонекрозе без повреждения здоровых

клеток под действием ирригации контролируемой водной струи, сила которой зависит от давления воздушного потока в трубке. Принцип действия аппарата был продемонстрирован на тканях мертвой свиньи [27, 28]. Однако на текущий момент доказательная база эффективности гидрохирургического прибора лимитирована и требует проведения исследований на тканях живых лабораторных моделей.

Разработку американских производителей HybridKnife, совмещающая в себе водоструйное устройство ERBE-JET2 и электрокоагулятор, активно используют хирурги для проведения эндоскопической диссекции в подслизистом слое у пациентов с новообразованиями нижних отделов ЖКТ [29, 30]. Преимущество вышеуказанной методики состоит в возможности одновременного введения в подслизистый слой кишки 0,9 % раствора натрия хлорида и рассечения тканей с контролем гемостаза при возникновении незначительных кровотечений при помощи одного устройства [29, 30]. Применение гидрохирургического диссектора HybridKnife облегчает работу хирурга, так как отсутствует необходимость в постоянной смене инструментов, что позволяет сократить срок выполнения оперативного вмешательства [31].

Учитывая опыт коллег, рядом японских авторов описан первый опыт применения гидрохирургической системы HybridKnife с целью эндоскопической диссекции новообразований в слизистом и подслизистом слое пищевода [31–34]. Исследование проводилось на лабораторных свиньях, а в его цели входил сравнительный анализ использования традиционных методов эндоскопической диссекции с диссекцией с помощью HybridKnife. Известно, что при традиционной эндоскопической диссекции в подслизистом слое пищевода возникает большой риск перфорации или кровотечения по сравнению с операциями на нижних отделах ЖКТ. Частота перфораций во время операции составляет примерно 5,2 %, кроме того, перфорации могут возникнуть в послеоперационном периоде за счет термического нагрева тканей, а термическое повреждение мышечного слоя может привести впоследствии к рубцовому стенозу [31]. В своем исследовании D. Akutsu и соавт. [31] показали, что применение HybridKnife на этапах оперативного вмешательства снижает риски возникновения перечисленных выше осложнений. Однако авторы уточняют, что необходимо продолжить исследования в выбранном направлении с целью исключения возможности появления других осложнений и технических трудностей при работе с аппаратом.

Описаны случаи использования гидроустановки HybridKnife в урологической практике среди новых подходов хирургического лечения пациентов со злокачественными новообразованиями мочевого пузыря [35, 36]. Путем резекции водяной струей слизистой оболочки мочевого пузыря с образованием небольшой полости в субэпителиальном слое становится возможным иссечение опухоли целым блоком [35]. Y.Y. Cheng и соавт. [36] описали

первый опыт использования HybridKnife у 16 пациентов с раком мочевого пузыря. Во время проведения манипуляции не зафиксировано никаких серьезных осложнений, а по сравнению с трансуретральной резекцией мочевого пузыря отмечена более низкая частота осложнений и меньшее количество рецидивов [36].

H. Mapper с соавт. [32] в своем исследовании также доказали эффективность использования гибридного водоструйного зонда HybridAPC (ERBE, Германия) во время оперативных вмешательств у пациентов с пищеводом Барретта. Традиционно таким пациентам выполняется эндоскопическая резекция всех видимых неоплазий, после чего обработанные участки подвергаются термической абляции. Однако после выполненной процедуры достаточно часто развиваются стриктуры пищевода, в связи с чем H. Mapper предложил перед проведением абляции метаплазированных участков слизистой оболочки пищевода выполнять инъекции 0,9 % раствора натрия хлорида в подслизистый слой с помощью HybridAPC. Таким образом, снижается глубина термического воздействия на ткани, их повреждение и, как следствие, риск развития структур в послеоперационном периоде [32–34]. По данным исследования, у 48 пациентов из 50 после проведенной манипуляции в послеоперационном периоде была зафиксирована полная ремиссия без развития стеноза (96 %) [32].

### Гидрохирургический дебридмент с одномоментной элиминацией пораженных тканей (Versajet)

Наиболее широко изученным методом очищения рваных поверхностей является дебридмент с помощью гидрохирургической системы Versajet. В основе метода лежит высокоскоростная подача стерильной жидкости на раневую поверхность с одномоментным очищением раневого ложа от некротизированных тканей и их элиминацией. Механизм работы аппарата заключается в создании локального вакуума за счет строения эвакуационной трубки устройства. Принцип основан на эффекте Вентури и разности давлений на концах трубки за счет изменения ее диаметра. Глубина воздействия водного потока на участок тканей регулируется диапазоном мощности работы гидроножа [3–8, 15, 22]. В своей работе M. Yuan и соавт. [3] путем регулировки мощности гидрохирургического прибора установили, что различные ткани организма имеют разную устойчивость к давлению водяного напора, тем самым доказав селективность работы Versajet на ткани. Было доказано, что при определенных заданных параметрах мощности гидроаппарата достигается очищение раневой поверхности только в пределах некротизированных тканей с минимальным воздействием на васкуляризируемых участках [3–8, 15, 22, 37].

Versajet, как отмечают многие хирурги, более удобен в использовании за счет двух уровней наклона рабочей

ручки (15 и 45°), что позволяет хирургам обрабатывать воронкообразные и глубокие раны с неровным рельефом. Таким образом, достигается более гладкое раневое дно, отмечается меньшая потеря крови, а также очищение некротизированных тканей без затрагивания нижележащих неповрежденных слоев, что является неоспоримым преимуществом описываемого метода перед другими видами дебридмента [3–8, 15]. Тщательная обработка раневой поверхности различной локализации предотвращает присоединение вторичной инфекции, не дает воспалительному процессу распространиться за пределы очага поражения, снижает риск возникновения синдрома системного воспалительного ответа [5]. По данным систематических обзоров, более чем в 70 % случаев при использовании гидрохирургического метода достигается адекватное очищение ран за одну процедуру, однако длительность заживления раны после вмешательств в сравнении с традиционным дебридментом отличается незначительно [5, 6].

Что касается оценки косметического дефекта после проведения дебридмента с помощью Versajet, в литературе найден лишь один статистический обзор пациентов детского возраста, по данным которого спустя 6 мес. после манипуляции рубцовая ткань после воздействия Versajet в месте операционного вмешательства менее выражена, чем после традиционных методов очищения раневой поверхности [7]. Однако полученных результатов на сегодняшний день недостаточно, чтобы сделать более точное заключение, в связи с чем на базах трех датских клиник С.М. Legemate и соавт. [8] было запущено исследование по оценке рубцов в отдаленном периоде путем создания специальных оценочных шкал «Patient & Observer Scar Assessment Scale» («Шкала оценки рубцов пациентом и наблюдателем»). Это шкала дает возможность оценить васкуляризацию, уплотнение, пигментацию и рельеф кожного покрова в месте оперативного вмешательства. Отечественными хирургами установлено, что длительность операции с помощью Versajet несколько короче, чем при использовании традиционных методов —  $64,5 \pm 42,0$  против  $77,2 \pm 37,0$  мин [15]. Отмечено также более быстрое начало регенерации тканей в области оперативного вмешательства, что позволяет сократить время между первичной хирургической обработкой раневой поверхности и этапами реконструктивных и пластических операций. Кроме того, после применения гидрохирургической установки отмечается уменьшение сроков лечения пациентов на 3,5 сут в сравнении с пациентами, которым проводились традиционные методы дебридмента ран [15].

В литературе описывается не только опыт лечения открытых ожоговых или посттравматических ран с помощью гидрохирургических технологий, но и кожных новообразований [16, 22, 37, 38]. В 2014 г. М. Coyette и соавт. [37] в своей практике впервые использовали Versajet с целью удаления врожденного меланоцитарного невуса у 4 детей. С целью оценки эффективности описываемого метода

дети наблюдались в течение 2 лет после проведения оперативного вмешательства. Спустя 6 мес. после хирургического лечения у одного ребенка отмечалось появление новых невусов различной локализации и полная репигментация зон, на которых проводилось лечение, у двух пациентов — незначительная пигментация в областях воздействия Versajet, а у одного пациента — полное заживление раневой поверхности с формированием гипертрофического рубца после проведения терапии [37]. Исходя из полученных М. Coyette данных, в 2020 г. К. Такауаи и соавт. [22] опубликовали отчет об успешном лечении 12 пациентов в возрасте от 0 до 8 лет 9 мес. с гигантскими врожденными меланоцитарными невусами путем пересадки культивированных эпидермальных трансплантатов после удаления пигментации с помощью различных методик, включающих и гидрохирургический. Среди всех пациентов, которым удаляли невус с помощью кюретажной ложки и гидрохирургическим аппаратом Versajet, ни у одного не возникло послеоперационных осложнений в виде серомы, подкожной гематомы или присоединения вторичной инфекции. В зоне воздействия наблюдалось значительное уменьшение пигментации. Лишь в одном случае описывается возникновение гипертрофического рубца на месте хирургического вмешательства, однако было определено, что риск развития рубцовой трансформации на месте раневой поверхности не зависит от метода обработки пигментированного участка. Предположена взаимосвязь между возникновением гипертрофических рубцов и возрастом пациента. Однако в проведенном клиническом исследовании принимали участие пациенты в возрасте до 10 лет, в связи с чем необходимо увеличить возрастную выборку детей, чтобы с точностью установить указанную взаимосвязь [19].

В отечественной литературе описаны клинические случаи успешного хирургического лечения пациентов с нейропатическими и нейроишемическими формами диабетической стопы в различных клиниках нашей страны с помощью гидрохирургических аппаратов [16, 38]. Комплексное лечение включало в себя хирургическую обработку гнойного очага с помощью Versajet, а при необходимости — экзартикуляцию пораженных пальцев, терапию раны отрицательным давлением, патогенетическую и симптоматическую терапию. Применение водоструйной методики привело к ускоренному переходу раневой поверхности в репаративную стадию, а также позволило избежать ампутации конечности и инвалидизации пациента [16].

Детскими хирургами гидрохирургические технологии были применены в лечении деструктивных пневмоний у детей [17]. В связи с трудностями, такими как аспирация воздуха, затруднения при визуализации операционного поля и загрязнение оптической системы в ходе видеоторакоскопической санации плевральной полости, авторы предложили использовать гидрохирургическую установку Versajet для выполнения полного

дебридмента воспаленных поверхностей плевральных листков. При этом купирование дыхательной недостаточности после применения гидрохирургических технологий наступало раньше в сравнении с другими методами лечения — в среднем на 5-е послеоперационные сутки. По срокам отхождения плеврального выпота значимых различий не выявлено — в среднем срок стояния дренажа во всех группах составлял 5 сут. Однако группа детей, которым была проведена видеоторакоскопическая операция с использованием аппарата Versajet, продемонстрировала более короткие сроки болевого и интоксикационного синдрома, снижение необходимости длительного проведения антибактериальной терапии, сокращение сроков реэспансии легкого, а также времени пребывания ребенка в условиях хирургического стационара в сравнении с другими группами лечения. По результатам научного исследования не были зафиксированы интраоперационные и послеоперационные осложнения, повлиявшие на результат лечения при применении водоструйной методики. В ходе научной работы было установлено абсолютное показание к проведению гидрохирургического метода дебридмента аппаратом Versajet — III стадия эмпиемы плевры [17]. Отмечено, что применение водоструйного аппарата возможно у детей с различной сопутствующей патологией, такой как скарлатина [18], органическое поражение головного мозга [19], кататравма [20].

### Гидронуклеопластика (SpineJet)

Бразильскими нейрохирургами описан опыт использования гидрохирургической установки SpineJet в лечении пациентов с грыжами межпозвоночных дисков [21]. Система SpineJet нагнетает солевой раствор с высокой скоростью (900 км/ч), достигая эффекта гидроскальпеля для разрезания, абляции и удаления пульпозного ядра с одновременным удалением резецированных тканей. Этим достигается сокращение внутридискового давления и снятие раздражения с корешков межпозвоночных нервов. Гидродискэктомия выполняется под седацией пациента без общего обезболивания, что позволяет хирургу наблюдать за движением конечностей во время процедуры. После блокады лидокаином (5 мл — 1 %) под рентген-контролем с помощью экстрапедикулярного доступа в межпозвоночный диск вводился проводник, по которому проходил наконечник устройства SpineJet. Манипуляция выполняется в течение 3–5 мин, иссеченные ткани удаляются с помощью отсоса, после чего аппарат извлекается. Проведена сравнительная оценка результатов гидродискэктомии и открытой микродискэктомии в отношении боли, восстановления функций после оперативного вмешательства, частоты осложнений и рецидивов. Никакой существенной разницы между группами традиционного и гидрохирургического лечения отмечено не было. Однако во время проведения гидрохирургической манипуляции пациент

не находился под общим наркозом, а сама операция выполнялась перкутанно, что является значительным преимуществом выполненного метода лечения перед традиционными [21].

## ОБСУЖДЕНИЕ

Гидрохирургические методы в течение последнего десятилетия становятся незаменимыми в арсенале современного хирурга. Универсальность гидрохирургических установок позволяет активно использовать их при выполнении как диагностических исследований [14], так и оперативных вмешательств [2–13, 15–22, 24–35], а область их применения варьирует от воздействия на кожные покровы при различных заболеваниях [3–11, 15, 22, 25, 37] до обширных операций на органах брюшной [2, 12, 13, 27–29] и плевральной полостей [17–20], малого таза [35, 36], а также миниинвазивных манипуляций на спинном мозге [38].

Некоторые гидрохирургические устройства отличаются портативностью [9–11], удобством в использовании [4–11, 15, 21], а также коротким сроком обучения их эксплуатации [9–11]. За счет принципов их работы водоструйные аппараты являются менее травматичными для тканей [2–9, 12], с помощью чего достигается более селективная обработка раневой поверхности [3–8, 12, 13].

При выполнении обширных полостных оперативных вмешательств применение гидрохирургических методов в сравнении с традиционными методами лечения способствует сокращению длительности операций [2, 12, 13], а также более быстрому периоду восстановления пациента [9–11, 15, 17, 21] и, как следствие, уменьшению сроков пребывания пациента в медицинском учреждении [15, 17].

Среди недостатков метода подчеркивается лимитированность доказательной базы применения гидрохирургических установок при определенных оперативных вмешательствах ввиду ограниченности выборки пациентов, а также количества проведенных исследований в определенных областях [3, 8, 13, 22, 27, 28, 31, 38]. Кроме того, стоит подчеркнуть высокую стоимость гидрохирургических аппаратов, а также стоимость их обслуживания и расходных материалов, что делает гидрохирургические методы лечения недоступными для ряда клиник.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В хирургии детского возраста в настоящее время водоструйные технологии применяются в основном в лечении плевральных осложнений деструктивной пневмонии, а также при обработке различных поражений кожи. Однако потенциал данных методов указывает на необходимость дальнейших исследований по применению этого метода в различных областях нашей специальности.



## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Вклад каждого автора: Р.С. Молотов — сбор и обработка материалов; М.М. Чернобабова — анализ полученных данных, написание текста; С.М. Батаев — концепция и дизайн исследования.

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

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

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors' contribution.** Thereby, all authors made a substantial contribution to the conception of the study, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the article, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the study. Contribution of each author: R.S. Molotov — study concept and design; M.M. Chernobabova — analysis of the received data, writing the text; S.M. Bataev — collection and processing of materials

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

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kerr R.S. Surgery in the 2020s: Implications of advancing technology for patients and the workforce // *Future Healthc J.* 2020. Vol. 7, No. 1. P. 46–49. DOI: 10.7861/fhj.2020-0001
2. Пономаренко А.А., Шелыгин Ю.А., Рыбаков Е.Г. Симультантные обширные резекции печени у больных колоректальным раком // *Анналы хирургии.* 2017. Т. 22, № 6. С. 346–352. DOI: 10.18821/1560-9502-2017-22-6-346-352
3. Yuan M., Yin M., Zhang L., et al. Selective debridement of burn wounds using hydrosurgery system // *Int Wound J.* 2020. Vol. 17, No. 2. P. 300–309. DOI: 10.1111/iwj.13270
4. Hyland E.J., D'Cruz R., Menon S., et al. Prospective, randomised controlled trial comparing Versajet™ hydrosurgery and conventional debridement of partial thickness paediatric burns // *Burns.* 2015. Vol. 41, No. 4. P. 700–707. DOI: 10.1016/j.burns.2015.02.001
5. Shimada K., Ojima Y., Ida Y., Matsumura H. Efficacy of Versajet hydrosurgery system in chronic wounds: A systematic review // *Int Wound J.* 2021. Vol. 18, No. 3. P. 269–278. DOI: 10.1111/iwj.13528
6. Liu J., Ko J.H., Secretov E., et al. Comparing the hydrosurgery system to conventional debridement techniques for the treatment of delayed healing wounds: a prospective, randomised clinical trial to investigate clinical efficacy and cost-effectiveness // *Int Wound J.* 2015. Vol. 12, No. 4. P. 456–461. DOI: 10.1111/iwj.12137
7. Legemate C.M., Goei H., Gostelie O.F.E., et al. Application of hydrosurgery for burn wound debridement: An 8-year cohort analysis // *Burns.* 2019. Vol. 45, No. 1. P. 88–96. DOI: 10.1016/j.burns.2018.08.015
8. Legemate C.M., Goei H., Middelkoop E., et al. Long-term scar quality after hydrosurgical versus conventional debridement of deep dermal burns (HyCon trial): study protocol for a randomized controlled trial // *Trials.* 2018. Vol. 19, No. 1. ID 239. DOI: 10.1186/s13063-018-2599-2
9. McCombs C.T., Cotton C. Efficacy of a disposable hydrodebridement system for debridement of burn wounds: a retrospective case series // *J Wound Ostomy Cont Nurs.* 2017. Vol. 44, No. 3. P. S10.
10. Onesti M.G., Curinga G., Toscani M., Scuderi M.N. Jet-Peel: new technique for the treatment of skin imperfections // *Dermatologia Clinica.* 2006. Vol. 26, No. 1. ID 19.
11. Kohli R., Mittal K.L., editors. *Developments in surface contamination and cleaning, volume 12: Methods for assessment and verification of cleanliness of surfaces and characterization of surface contaminants.* Elsevier, 2019. P. 103–127.
12. Шароев Т.А., Притыко А.Г. Водоструйная хирургия при операциях на печени по поводу злокачественных опухолей у детей // *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии.* 2012. Т. 2, № 4. С. 38–46.
13. Hamaoka M., Kobayashi T., Kuroda S., et al. Experience and outcomes in living donor liver procurement using the water jet scalpel // *J Hepatobiliary Pancreat Sci.* 2019. Vol. 26, No. 8. P. 370–376. DOI: 10.1002/jhbp.643
14. Nakano T., Sato C., Sakurai T., et al. Use of water jet instruments in gastrointestinal endoscopy // *World J Gastrointest Endosc.* 2016. Vol. 8, No. 3. P. 122–127. DOI: 10.4253/wjge.v8.i3.122
15. Налбандян Р.Т., Митиш В.А., Белобородова Н.В., и др. Гидрохирургическая обработка обширных ран различной этиологии у детей // *Детская хирургия.* 2017. Т. 21, № 2. С. 84–88.
16. Фомин К.Н., Платонов С.А., Сорока В.В., и др. Опыт успешного хирургического лечения пациентки с глубоким и обширным гнойно-некротическим поражением нижней конечности при нейроишемической форме синдрома диабетической стопы // *Раны и раневые инфекции. Журнал имени проф. Б.М. Костюченко.* 2019. Т. 6, № 2. С. 32–39. DOI: 10.25199/2408-9613-2019-6-2-32-39
17. Батаев С.М., Зурбаев Н.Т., Молотов Р.С., и др. Первый опыт применения гидрохирургических технологий в лечении детей с легочно-плевральными осложнениями деструктивной пневмонии // *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова.* 2019. № 7. С. 15–23. DOI: 10.17116/hirurgia201907115
18. Батаев С.М., Игнатъев Р.О., Молотов Р.С., и др. Применение гидрохирургической технологии в лечении ребенка с осложненной пневмонией на фоне скарлатины // *Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского.* 2018. Т. 97, № 2. С. 113–117. DOI: 10.24110/0031-403X-2018-97-2-113-117
19. Батаев С.М., Молотов Р.С., Зурбаев Н.Т., и др. Гидрохирургическая санация плевральной полости у ребенка с эмпиемой плевры на фоне тяжелого органического поражения головного мозга // *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии.* 2018. Т. 8, № 4. С. 79–87. DOI: 10.30946/2219-4061-2018-8-4-79-87
20. Батаев С.М., Чоговадзе Г.А., Молотов Р.С., и др. Современные технологии в лечении ребенка с эмпиемой плевры после тяжелой кататравмы // *Российский вестник детской хирургии,*

анестезиологии и реаниматологии. 2018. Т. 8, № 2. С. 75–83. DOI: 10.30946/2219-4061-2018-8-2-75-83

21. Cristante A.F., Rocha I.D., MartusMarcon R., Filho T.E. Randomized clinical trial comparing lumbar percutaneous hydrodiscectomy with lumbar open microdiscectomy for the treatment of lumbar disc protrusions and herniations // *Clinics (Sao Paulo)*. 2016. Vol. 71, No. 5. P. 276–280. DOI: 10.6061/clinics/2016(05)06

22. Takaya K., Kato T., Ishii T., et al. Clinical analysis of cultured epidermal autograft (JACE) transplantation for giant congenital melanocytic nevus // *Plast Reconstr Surg Glob Open*. 2021. Vol. 9, No. 1. ID e3380. DOI: 10.1097/GOX.00000000000003380

23. Bhaskar S.N., Cutright D.E., Gross A., et al. Water jet devices in dental practice // *J Periodontol*. 1971. Vol. 42, No. 10. P. 658–664. DOI: 10.1902/jop.1971.42.10.658

24. Bhaskar S.N., Cutright D.E., Gross A. Effect of water lavage on infected wounds in the rat // *J Periodontol*. 1969. Vol. 40, No. 11. P. 671–672. DOI: 10.1902/jop.1969.40.11.671

25. Bhaskar S.N., Gutright D.E., Hunsuck E.E., Gross A. Pulsating water jet devices in debridement of combat wounds // *Mil Med*. 1971. Vol. 136, No. 3. P. 264–266. DOI: 10.1093/milmed/136.3.264

26. Hreha P., Hloch S., Magurova D., et al. Water jet technology used in medicine // *Nachrichten aus Chemie und Technik*. 2010. Vol. 17, No. 2. P. 237–240. DOI: 10.1002/nadc.19690171314

27. Landewee C.A., Campisano F., Yachimski P., et al. 986 the waterjet necrosectomy device (wand): a novel instrument for management of pancreatic necrosis // *Gastrointest Endosc*. 2020. Vol. 91, No. 6. ID AB90. DOI: 10.1016/j.gie.2020.03.647

28. Yachimski P., Landewee C.A., Campisano F., et al. The waterjet necrosectomy device for endoscopic management of pancreatic necrosis: design, development, and preclinical testing (with videos) // *Gastrointest Endosc*. 2020. Vol. 92, No. 3. P. 770–775. DOI: 10.1016/j.gie.2020.04.024

29. Huang R., Yan H., Ren G., et al. Comparison of o-type hybridknife to conventional knife in endoscopic submucosal dissection for gastric mucosal lesions // *Medicine (Baltimore)*. 2016. Vol. 95, No. 13. ID e3148. DOI: 10.1097/MD.00000000000003148

30. Митраков А.А., Кряжов В.А., Смирнова Р.С., и др. Тактика эндоскопического лечения новообразований толстой кишки // *Поволжский онкологический вестник*. 2018. Т. 9, № 3. С. 57–61. DOI: 10.32000/2078-1466-2018-3-57-61

31. Akutsu D., Suzuki H., Narasaka T., et al. Waterjet submucosal dissection of porcine esophagus with the HybridKnife and ERBEJET 2 system: a pilot study // *Endosc Int Open*. 2017. Vol. 5, No. 1. P. E30–E34. DOI: 10.1055/s-0042-122335

32. Manner H., May A., Kouti I., et al. Efficacy and safety of Hybrid-APC for the ablation of Barrett's esophagus // *Surg Endosc*. 2016. Vol. 30, No. 4. P. 1364–1370. DOI: 10.1007/s00464-015-4336-1

33. Saba N.F., El-Rayes B.F. Esophageal cancer: Prevention, diagnosis and therapy. 2<sup>nd</sup> edition. Springer, 2019. 244 p. DOI: 10.1007/978-3-319-20068-2

34. Condon A., Muthusamy V.R. The evolution of endoscopic therapy for Barrett's esophagus // *Ther Adv Gastrointest Endosc*. 2021. Vol. 14. ID 26317745211051834. DOI: 10.1177/26317745211051834.

35. Бабаевская Д.И., Базаркин А.К., Тараткин М.С., Еникеев Д.В. Новейшие достижения в трансуретральной резекции стенки мочевого пузыря с опухолью // *Вестник урологии*. 2022. Т. 10, № 1. С. 96–103. DOI: 10.21886/2308-6424-2022-10-1-96-103

36. Cheng Y.Y., Sun Y., Li J., et al. Transurethral endoscopic submucosal en bloc dissection for nonmuscle invasive bladder cancer: A comparison study of HybridKnife-assisted versus conventional dissection technique // *J Cancer Res Ther*. 2018. Vol. 14, No. 7. P. 1606–1612. DOI: 10.4103/jcrt.JCRT\_786\_17

37. Coyette M., Elajmi A., Bayet B., Lengelé B. Hydrosurgery, a new therapeutic perspective in early care of giant congenital nevi: a preliminary series of four cases // *J Plast Reconstr Aesth Surg*. 2014. Vol. 67, No. 8. P. 1063–1069. DOI: 10.1016/j.bjps.2014.04.019

38. Чумбуридзе И.П., Штильман М.Ю., Явруян О.А. Опыт лечения обширной диабетической флегмоны стопы на фоне лимфедемы пораженной конечности // *Раны и раневые инфекции. Журнал имени проф. Б.М. Костюченка*. 2020. Т. 7, № 2. P. 42–47. DOI: 10.25199/2408-9613-2020-7-2-42-47

## REFERENCES

1. Kerr RS. Surgery in the 2020s: Implications of advancing technology for patients and the workforce. *Future Healthc J*. 2020;7(1):46–49. DOI: 10.7861/fhj.2020-0001

2. Ponomarenko AA, Shelygin YuA, Rybakov EG. Simultaneous extensive liver resection in patients with colorectal cancer. *Russian Journal of Surgery*. 2017;22(6):346–352. (In Russ.) DOI: 10.18821/1560-9502-2017-22-6-346-352

3. Yuan M, Yin M, Zhang L, et al. Selective debridement of burn wounds using hydrosurgery system. *Int Wound J*. 2020;17(2):300–309. DOI: 10.1111/iwj.13270

4. Hyland EJ, D'Cruz R, Menon S, et al. Prospective, randomised controlled trial comparing Versajet™ hydrosurgery and conventional debridement of partial thickness paediatric burns. *Burns*. 2015;41(4):700–707. DOI: 10.1016/j.burns.2015.02.001

5. Shimada K, Ojima Y, Ida Y, Matsumura H. Efficacy of Versajet hydrosurgery system in chronic wounds: A systematic review. *Int Wound J*. 2021;18(3):269–278. DOI: 10.1111/iwj.13528

6. Liu J, Ko JH, Secretov E, et al. Comparing the hydrosurgery system to conventional debridement techniques for the treatment

of delayed healing wounds: a prospective, randomised clinical trial to investigate clinical efficacy and cost-effectiveness. *Int Wound J*. 2015;12(4):456–461. DOI: 10.1111/iwj.12137

7. Legemate CM, Goei H, Gostelie OFE, et al. Application of hydrosurgery for burn wound debridement: An 8-year cohort analysis. *Burns*. 2019;45(1):88–96. DOI: 10.1016/j.burns.2018.08.015

8. Legemate CM, Goei H, Middelkoop E, et al. Long-term scar quality after hydrosurgical versus conventional debridement of deep dermal burns (HyCon trial): study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2018;19(1):239. DOI: 10.1186/s13063-018-2599-2

9. McCombs CT, Cotton C. Efficacy of a disposable hydrodebridement system for debridement of burn wounds: a retrospective case series. *J Wound Ostomy Cont Nurs*. 2017;44(3):S10.

10. Onesti MG, Curinga G, Toscani M, Scuderi MN. Jet-Peel: new technique for the treatment of skin imperfections. *Dermatologia Clinica*. 2006;26(1):19.

11. Kohli R, Mittal KL, editors. *Developments in surface contamination and cleaning, volume 12: Methods for assessment and verification of*

*cleanliness of surfaces and characterization of surface contaminants.* Elsevier, 2019. P. 103–127.

12. Sharoyev TA, Prityko AG. Water jet surgery in operations on liver for malignant tumors in child. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care.* 2012;2(4):38–46. (In Russ.)

13. Hamaoka M, Kobayashi T, Kuroda S, et al. Experience and outcomes in living donor liver procurement using the water jet scalpel. *J Hepatobiliary Pancreat Sci.* 2019;26(8):370–376. DOI: 10.1002/jhpb.643

14. Nakano T, Sato C, Sakurai T, et al. Use of water jet instruments in gastrointestinal endoscopy. *World J Gastrointest Endosc.* 2016;8(3):122–127. DOI: 10.4253/wjge.v8.i3.122

15. Nalbandyan RT, Mitish VA, Beloborodova NV, et al. Hydrosurgical treatment of major wounds of different etiology in children. *Russian Journal of Pediatric Surgery.* 2017;21(2):84–88. (In Russ.)

16. Fomin KN, Platonov SA, Soroka VV, et al. Experience of successful surgical treatment deep and extensive purulent-necrotic lesion of the lower limb with the neuroischemic form of the diabetic foot syndrome. *Wounds and wound infections. The prof. B.M. Kostyuchenok journal.* 2019;6(2):32–39. (In Russ.) DOI: 10.25199/2408-9613-2019-6-2-32-39

17. Bataev SM, Zurbaev NT, Molotov RS, et al. The first experience of the use of hydro-surgical technologies in the treatment of children with pulmonic-pleural complications of destructive pneumonia. *Pirogov Russian Journal of Surgery.* 2019;(7):15–23. (In Russ.) DOI: 10.17116/hirurgia201907115

18. Bataev SM, Ignatyev RO, Zurbaev NT, et al. Hydrosurgical technology in the treatment of a child with complicated pneumonia secondary to scarlet fever. *Pediatrics. Journal named after G.N. Speransky.* 2018;97(2):113–117. (In Russ.) DOI: 10.24110/0031-403X-2018-97-2-113-117

19. Bataev SM, Molotov RS, Ignatiev RO, et al. Hydrosurgical sanitation of the pleural cavity in a child with pleural empyema against the background of severe organic brain damage. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care.* 2018;8(4):79–87. (In Russ.) DOI: 10.30946/2219-4061-2018-8-4-79-87

20. Bataev SM, Chogovadze GA, Molotov RS, et al. New technologies in the treatment of a child with pleural empyema after severe catatrauma. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care.* 2018;8(2):75–83. (In Russ.) DOI: 10.30946/2219-4061-2018-8-2-75-83

21. Cristante AF, Rocha ID, MartusMarcon R, Filho TE. Randomized clinical trial comparing lumbar percutaneous hydrodiscectomy with lumbar open microdiscectomy for the treatment of lumbar disc protrusions and herniations. *Clinics (Sao Paulo).* 2016;71(5):276–280. DOI: 10.6061/clinics/2016(05)06

22. Takaya K, Kato T, Ishii T, et al. Clinical analysis of cultured epidermal autograft (JACE) transplantation for giant congenital melanocytic nevus. *Plast Reconstr Surg Glob Open.* 2021;9(1):e3380. DOI: 10.1097/GOX.0000000000003380

23. Bhaskar SN, Cutright DE, Gross A, et al. Water jet devices in dental practice. *J Periodontol.* 1971;42(10):658–664. DOI: 10.1902/jop.1971.42.10.658

24. Bhaskar SN, Cutright DE, Gross A. Effect of water lavage on infected wounds in the rat. *J Periodontol.* 1969;40(11):671–672. DOI: 10.1902/jop.1969.40.11.671

25. Bhaskar SN, Gutright DE, Hunsuck EE, Gross A. Pulsating water jet devices in debridement of combat wounds. *Mil Med.* 1971;136(3):264–266. DOI: 10.1093/milmed/136.3.264

26. Hreha P, Hloch S, Magurova D, et al. Water jet technology used in medicine. *Nachrichten aus Chemie und Technik.* 2010;17(2):237–240. DOI: 10.1002/nadc.19690171314

27. Landewee CA, Campisano F, Yachimski P, et al. 986 The waterjet necrosectomy device (wand): a novel instrument for management of pancreatic necrosis. *Gastrointest Endosc.* 2020;91(6):AB90. DOI: 10.1016/j.gie.2020.03.647

28. Yachimski P, Landewee CA, Campisano F, et al. The waterjet necrosectomy device for endoscopic management of pancreatic necrosis: design, development, and preclinical testing (with videos). *Gastrointest Endosc.* 2020;92(3):770–775. DOI: 10.1016/j.gie.2020.04.024

29. Huang R, Yan H, Ren G, et al. Comparison of o-type hybridknife to conventional knife in endoscopic submucosal dissection for gastric mucosal lesions. *Medicine (Baltimore).* 2016;95(13):e3148. DOI: 10.1097/MD.0000000000003148

30. Mitrakov AA, Kryazhov VA, Smirnova RS, et al. Terekhov Endoscopic methods for treatment of colorectal neoplasia. *Oncology Bulletin of the Volga Region.* 2018;9(3):57–61. (In Russ.) DOI: 10.32000/2078-1466-2018-3-57-61

31. Akutsu D, Suzuki H, Narasaka T, et al. Waterjet submucosal dissection of porcine esophagus with the HybridKnife and ERBEJET 2 system: a pilot study. *Endosc Int Open.* 2017;5(1):E30–E34. DOI: 10.1055/s-0042-122335

32. Manner H, May A, Kouti I, et al. Efficacy and safety of Hybrid-APC for the ablation of Barrett's esophagus. *Surg Endosc.* 2016;30(4):1364–1370. DOI: 10.1007/s00464-015-4336-1

33. Saba NF, El-Rayes BF. *Esophageal cancer: Prevention, diagnosis and therapy.* 2<sup>nd</sup> edition. Springer, 2019. 244 p. DOI: 10.1007/978-3-319-20068-2

34. Condon A, Muthusamy VR. The evolution of endoscopic therapy for Barrett's esophagus. *Ther Adv Gastrointest Endosc.* 2021;14:26317745211051834. DOI: 10.1177/26317745211051834

35. Babaevskaya DI, Bazarkin AK, Taratkin MS, Enikeev DV. Recent advances in transurethral resection of bladder tumors. *Urology Herald.* 2022;10(1):96–103. (In Russ.) DOI: 10.21886/2308-6424-2022-10-1-96-103

36. Cheng YY, Sun Y, Li J, et al. Transurethral endoscopic submucosal en bloc dissection for nonmuscle invasive bladder cancer: A comparison study of HybridKnife-assisted versus conventional dissection technique. *J Cancer Res Ther.* 2018;14(7):1606–1612. DOI: 10.4103/jcrt.JCRT\_786\_17

37. Coyette M, Elajmi A, Bayet B, Lengelé B. Hydrosurgery, a new therapeutic perspective in early care of giant congenital nevi: a preliminary series of four cases. *J Plast Reconstr Aesth Surg.* 2014;67(8):1063–1069. DOI: 10.1016/j.bjps.2014.04.019

38. Chumburidze IP, Shtilman MYu, Yavruyan OA. Experience in the treatment of extensive diabetic phlegmon of the foot against the background of affected limb lymphedema. *Wounds and wound infections. The prof. B.M. Kostyuchenok journal.* 2020;7(2):42–47. (In Russ.) DOI: 10.25199/2408-9613-2020-7-2-42-47

## ОБ АВТОРАХ

**\*Руслан Сергеевич Молотов**, канд. мед. наук, детский хирург;  
адрес: Россия, 123317, Москва, Шмитовский проезд, д. 29;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4301-0711>;  
eLibrary SPIN: 3880-3475; e-mail: zak-zak-zak@mail.ru

**Мария Михайловна Чернобабова**, врач-ординатор детский хирург;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7177-8678>;  
eLibrary SPIN: 8680-1638; e-mail: mchernobabova@gmail.com

**Саидхасан Магомедович Батаев**, д-р мед. наук,  
главный научный сотрудник;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0191-1116>;  
eLibrary SPIN: 1247-1019; e-mail: khassan-2@yandex.ru

## AUTHORS' INFO

**\*Ruslan S. Molotov**, MD, Cand. Sci. (Med.), pediatric surgeon;  
address: 29 Shmitovsky drive, Moscow, 123317, Russia;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4301-0711>;  
eLibrary SPIN: 3880-3475; e-mail: zak-zak-zak@mail.ru

**Maria M. Chernobabova**, resident pediatric surgeon;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7177-8678>;  
eLibrary SPIN: 8680-1638; e-mail: mchernobabova@gmail.com

**Saidhasan M. Bataev**, Dr. Sci. (Med.), chief research associate;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0191-1116>;  
eLibrary SPIN: 1247-1019; e-mail: khassan-2@yandex.ru

---

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author