



Российская ассоциация  
детских хирургов



Ассоциация детских  
анестезиологов-реаниматологов

ISSN 2219-4061 (Print)  
ISSN 2587-6554 (Online)

# РОССИЙСКИЙ ВЕСТНИК ДЕТСКОЙ ХИРУРГИИ, АНЕСТЕЗИОЛОГИИ И РЕАНИМАТОЛОГИИ

Медицинский рецензируемый научно-практический журнал

<http://www.rps-journal.ru>

## RUSSIAN JOURNAL OF PEDIATRIC SURGERY, ANESTHESIA AND INTENSIVE CARE

The peer-review medical journal



ТОМ 14  
Выпуск 1

VOLUME 14  
Issue 1

2024

# RUSSIAN JOURNAL OF PEDIATRIC SURGERY, ANESTHESIA AND INTENSIVE CARE

ISSN 2219-4061 (Print)  
ISSN 2587-6554 (Online)

16+

Volume 14 | Issue 1 | 2024

QUARTERLY PEER-REVIEWED MEDICAL ACADEMIC JOURNAL

Published since 20<https://rps-journal.ru>

## FOUNDERS

Russian Association of Pediatric Surgeons  
Pirogov Russian National Research Medical University  
Eco-Vector

Registered by the Federal Service for Supervision of  
Communications, Information Technology and Mass  
Media Registration number: ПИ No. ФЦ 77-81892  
as of September 24, 2021.

## INDEXATION

SCOPUS  
Russian Science Electronic Library (eLibrary.ru)  
Crossref  
RSCI  
Dimensions  
Scite  
Scilit  
Semantic Scholar

## FOR CORRESPONDENCE

Address: 15-4, str. Sadovaya-Kudrinskaya,  
Moscow, Russian Federation, 123001  
E-mail: [rps@eco-vector.com](mailto:rps@eco-vector.com)  
Phone: +7(968)586-76-01  
Executive editor *N.A. Gribina*

## PUBLISHER, EDITORIAL CONTACT

Eco-Vector  
Address: Aptekarskiy lane 3, A, office 1N,  
Saint Petersburg, 191186, Russia  
E-mail: [info@eco-vector.com](mailto:info@eco-vector.com)  
WEB: <https://eco-vector.com>  
Phone: +7(812)648-83-67

Subscription to the printed version:  
Joint catalog "Press of Russia" on the website  
<https://www.pressa-rrf.ru>  
Index for half yearly subscription – **85693**  
Index for yearly subscription – **85694**  
Subscription to the electronic version:  
<https://journals.eco-vector.com>  
<https://elibrary.ru>

Layout by Eco-Vector Publishing House  
Issuing editor: *N.N. Repeva*  
Proofreader: *I.V. Smirnova*  
Layout editor: *A.G. Khutorovskaya*

## Editor-in-Chief

*Vladimir M. Razinov* — Dr. Sci. (Med.), Professor, Honored Doctor of the Russian Federation, (Moscow, Russia)

## Deputy Editors-in-Chief

*A.U. Lekmanov* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)  
*S.N. Nikolaev* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)  
*A.Yu. Razumovsky* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)

## Science Editor

*V.I. Petlakh* — Dr. Sci. (Med.) (Moscow, Russia). E-mail: [vestnik@childsurgeon.ru](mailto:vestnik@childsurgeon.ru)

## Executive Secretary of the Editorial Board

*Galina I. Kuzovleva* — Cand. Sci. (Med.) (Moscow, Russia). E-mail: [rps@eco-vector.com](mailto:rps@eco-vector.com)

## Editorial Board

*Yu.S. Aleksandrovich* — Dr. Sci. (Med.), Professor (St. Petersburg, Russia)  
*S.M. Bataev* — Dr. Sci. (Med.) (Moscow, Russia)  
*L.I. Budkevich* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)  
*L.M. Wessel* — MD, Professor (Mannheim, Germany)  
*S.V. Vissarionov* — Dr. Sci. (Med.), Professor (St. Petersburg, Russia)  
*V.G. Geldt* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)  
*O.S. Gorbachev* — Cand. Sci. (Med.) (Moscow, Russia)  
*A.V. Gubin* — Dr. Sci. (Med.) (Moscow, Russia)  
*D.D. Dolotova* — Cand. Sci. (Med.) (Moscow, Russia)  
*A.F. Dronov* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)  
*D.V. Zabolotsky* — Dr. Sci. (Med.), Professor (St. Petersburg, Russia)  
*J.V. Erpuleva* — Dr. Sci. (Med.) (Moscow, Russia)  
*Y.A. Kozlov* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Irkutsk, Russia)  
*A.A. Korsunsky* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)  
*V.V. Lazarev* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)  
*S.V. Minaev* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Stavropol, Russia)  
*P.I. Mironov* — Dr. Sci. (Med.) (Ufa, Russia)  
*D.A. Morozov* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)  
*Steven Maulton* — MD, PhD, Professor of Surgery (California, USA)  
*V.G. Polyakov* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)  
*S.O. Ryabykh* — Dr. Sci. (Med.) (Moscow, Russia)  
*I.A. Savin* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)  
*Y.Yu. Sokolov* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)  
*S.M. Stepanenko* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)  
*T.A. Sharoev* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)

## Editorial Council

*V.I. Averin* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Minsk, Belarus)  
*A.G. Baidurashvili* — Dr. Sci. (Med.), Professor (St. Petersburg, Russia)  
*V.F. Blandinsky* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Yaroslavl, Russia)  
*S.F. Goncharov* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)  
*A.A. Gumerov* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Ufa, Russia)  
*Kate Jergeson* — MD, PhD, surgeon in Alabama Children's Hospital (Birmingham, USA)  
*I.A. Komissarov* — Dr. Sci. (Med.), Professor (St. Petersburg, Russia)  
*T.K. Nemilova* — Dr. Sci. (Med.), Professor (St. Petersburg, Russia)  
*V.A. Novozhilov* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Irkutsk, Russia)  
*V.V. Parshikov* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Nizhny Novgorod, Russia)  
*A.V. Pisklakov* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Omsk, Russia)  
*V.I. Snisar* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Dnepropetrovsk, Ukraine)  
*N.A. Tsap* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Yekaterinburg, Russia)  
*M.B. Yarustovsky* — Dr. Sci. (Med.), Professor (Moscow, Russia)

The editors are not responsible for the content of advertising materials. The point of view of the authors may not coincide with the opinion of the editors. Only articles prepared in accordance with the guidelines are accepted for publication. By sending the article to the editor, the authors accept the terms of the public offer agreement. The guidelines for authors and the public offer agreement can be found on the website: <https://rps-journal.ru/jour/about/submissions>. Permissions to reproduce material must be obtained from the publisher and retained in order to confirm the legality of using reproduced materials

# РОССИЙСКИЙ ВЕСТНИК ДЕТСКОЙ ХИРУРГИИ, АНЕСТЕЗИОЛОГИИ И РЕАНИМАТОЛОГИИ

ISSN 2219-4061 (Print)  
ISSN 2587-6554 (Online)

16+

Том 14 | Выпуск 1 | 2024

ЕЖЕКВАРТАЛЬНЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ РЕЦЕНЗИРУЕМЫЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с 2010 года

<https://rps-journal.ru>

## УЧРЕДИТЕЛИ

ООО «Российская ассоциация детских хирургов».  
123001, Москва, ул. Садовая-Кудринская, д. 15, к. 3

ФГБОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Минздрава России.  
117997, Москва, ул. Островитянова, д. 1

ООО «Эко-Вектор», 191186, Санкт-Петербург,  
Аптекарский переулок, д. 3, литера А, пом. 1Н.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций, свидетельство о регистрации СМИ ПИ № ФС77-81892 от 24 сентября 2021 г.

Журнал реферируется РЖ ВИНТИ

Рекомендован ВАК

## ИНДЕКСАЦИЯ

SCOPUS  
РИНЦ (Российский индекс научного цитирования)  
Crossref  
RSCI  
Dimensions  
Scite  
Scilit  
Semantic Scholar

## ДЛЯ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ

Адрес: 123001, Москва,  
ул. Садовая-Кудринская, стр. 15, к. 4  
Тел. +7(968)586-76-01, факс. +7(499)256-83-56  
e-mail: [rps@eco-vector.com](mailto:rps@eco-vector.com)  
Заведующая редакцией Н.А. Грибина

## ИЗДАТЕЛЬ, РЕДАКЦИЯ

ООО «Эко-Вектор»  
Адрес: 191186, г. Санкт-Петербург,  
Аптекарский переулок, д. 3, литера А, пом. 1Н  
E-mail: [info@eco-vector.com](mailto:info@eco-vector.com)  
WEB: <https://eco-vector.com>  
тел.: +7(812)648-83-67

Подписка на печатную версию журнала:  
Объединенный каталог «Пресса России»  
<https://www.pressa-rg.ru>. Подписной индекс  
на полугодие — 85693, на год — 85694.

Оригинал-макет изготовлен ООО «Эко-Вектор»,  
Выпускающий редактор Н.Н. Рельева  
Корректор И.В. Смирнова  
Верстка А.Г. Хуторовской

Формат 60 × 84/8. Усл.-печ. л. 19,53.  
Тираж 500 экз. Цена свободная.  
Отпечатано в ООО «Типография Экспресс В2В».  
191180, Санкт-Петербург, наб. реки Фонтанки,  
д. 104, лит. А, пом. 3Н, оф. 1. Тел.: +7(812)646-33-77.  
Заказ № 4-2768-lv. Подписано в печать 30.03.2024  
Выход в свет 10.04.2024

© Общероссийская общественная организация  
«Российская ассоциация детских хирургов», 2024  
© ООО «Эко-Вектор», 2024

## Главный редактор

Владимир Михайлович Розинов — доктор медицинских наук, профессор, Заслуженный врач Российской Федерации (Москва, Россия)

## Заместители главного редактора

А.У. Лекманов — доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)  
С.Н. Николаев — доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)  
А.Ю. Разумовский — доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН (Москва, Россия)

## Научный редактор

В.И. Петлах — доктор медицинских наук (Москва, Россия). E-mail: [vestnik@childsurgeon.ru](mailto:vestnik@childsurgeon.ru)

## Ответственный секретарь

Галина Игоревна Кузовлева — кандидат медицинских наук (Москва, Россия). E-mail: [rps@eco-vector.com](mailto:rps@eco-vector.com)

## Редакционная коллегия

Ю.С. Александрович — доктор медицинских наук, профессор (Санкт-Петербург, Россия)  
С.М. Батаев — доктор медицинских наук (Москва, Россия)  
Л.И. Будкевич — доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)  
Л.М. Вессель — доктор медицины, профессор (Мангейм, Германия)  
С.В. Виссарионов — доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН (Санкт-Петербург, Россия)  
В.Г. Гельдт — доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)  
О.С. Горбачев — кандидат медицинских наук (Москва, Россия)  
А.В. Губин — доктор медицинских наук (Москва, Россия)  
А.Ф. Дронов — доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)  
Д.Д. Дологова — кандидат медицинских наук (Москва, Россия)  
Д.В. Заболотский — доктор медицинских наук, профессор (Санкт-Петербург, Россия)  
Ю.В. Ерпулева — доктор медицинских наук (Москва, Россия)  
Ю.А. Козлов — доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН (Иркутск, Россия)  
А.А. Корсунский — доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)  
В.В. Лазарев — доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)  
С.В. Минаев — доктор медицинских наук, профессор (Ставрополь, Россия)  
П.И. Мионов — доктор медицинских наук (Уфа, Россия)  
Д.А. Морозов — доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)  
Стивен Моултон — доктор медицины, профессор хирургии (Калифорния, США)  
В.Г. Поляков — доктор медицинских наук, профессор, академик РАН (Москва, Россия)  
С.О. Рябых — доктор медицинских наук (Москва, Россия)  
И.А. Савин — доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)  
Ю.Ю. Соколов — доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)  
С.М. Степаненко — доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)  
Т.А. Шароев — доктор медицинских наук, профессор (Москва, Россия)

## Редакционный совет

В.И. Аверин — доктор медицинских наук, профессор (Минск, Беларусь)  
А.Г. Баиндурашвили — доктор медицинских наук, профессор, академик РАН (Санкт-Петербург, Россия)  
В.Ф. Бландинский — доктор медицинских наук, профессор (Ярославль, Россия)  
С.Ф. Гончаров — доктор медицинских наук, профессор, академик РАН (Москва, Россия)  
А.А. Гумеров — доктор медицинских наук, профессор (Уфа, Россия)  
Кейт Джергесон — доктор медицины, хирург в Детском госпитале Алабамы (Бирмингем, США)  
И.А. Комиссаров — доктор медицинских наук, профессор (Санкт-Петербург, Россия)  
Т.К. Немилова — доктор медицинских наук, профессор (Санкт-Петербург, Россия)  
В.А. Новожилов — доктор медицинских наук, профессор (Иркутск, Россия)  
В.В. Паршиков — доктор медицинских наук, профессор (Нижний Новгород, Россия)  
А.В. Пислаков — доктор медицинских наук, профессор (Омск, Россия)  
В.И. Сиссарь — доктор медицинских наук, профессор (Днепропетровск, Украина)  
Н.А. Цап — доктор медицинских наук, профессор (Екатеринбург, Россия)  
М.Б. Ярустовский — доктор медицинских наук, профессор, член-корреспондент РАН (Москва, Россия)

Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов. Точка зрения авторов может не совпадать с мнением редакции. К публикации принимаются статьи, подготовленные только в соответствии с правилами для авторов. Направляя статью в редакцию, авторы принимают условия договора публичной оферты. С правилами для авторов и договором публичной оферты можно ознакомиться на сайте: <https://rps-journal.ru/jour/about/submissions>. Полное или частичное воспроизведение материалов, опубликованных в журнале, допускается только с разрешения издателя и редакции, ссылка на журнал обязательна

# CONTENTS

---

## EDITORIAL

- To the Reviewers: Letter of Appreciation ..... 5  
*V.M. Rozinov*
- Report of the Chief pediatric surgeon of the Ministry of Health of the Russian Federation  
for 2023. Pediatric surgery: numbers and facts ..... 9  
*D.A. Morozov*

## ORIGINAL STUDY ARTICLES

- Antibacterial activity and biocompatibility of titanium nickelide augments with the addition of silver nanoparticles for bone  
grafting: an experimental study ..... 21  
*S.A. Borisov, I.I. Gordienko, N.A. Tsap, G.A. Baigonakova, E.S. Marchenko, V.A. Larikov*
- Congenital dislocation of the knee: A noninvasive treatment method ..... 33  
*I.Yu. Kruglov, N.Yu. Rumyantsev, G.G. Omarov, S.S. Smirnov, I.M. Kagantsov*
- Multiple-organ dysfunction in children with central nervous system infections ..... 45  
*K.Yu. Ermolenko, K.V. Pshenishnov, Yu.S. Aleksandrovich, I.V. Aleksandrovich, A.I. Konev*
- Differential approach to preoperative preparations for diffuse purulent peritonitis in children ..... 57  
*V.A. Zavyalkin, M.A. Barskaya, S.N. Yukhimets*

## REVIEWS

- Metaverse: a new reality in surgery. Review ..... 69  
*Yuri A. Kozlov*
- Acute respiratory distress syndrome in pediatric practice, diagnosis, and intensive care: A review ..... 83  
*Yu.S. Aleksandrovich, K.V. Pshenishnov, V.I. Kolodyazhnaya*
- Crohn's disease in patients with Hirschsprung disease and Hirschsprung-associated enterocolitis: A review ..... 97  
*V.A. Glushkova, A.V. Podkamenev, T.V. Gabrusskaya*
- Soft tissue surgical reconstruction of distal phalanges in children. Review ..... 107  
*A.V. Alexandrov, P.V. Goncharuk, L.Ya. Idris, V.V. Rybchenok, A.A. Smirnov, R.A. Khagurov*

## CASE REPORTS

- Robot-assisted distal pancreatectomy with spleen preservation in the treatment of a child with a solid pseudopapillary tumor ... 121  
*Yu.A. Kozlov, S.S. Poloyan, E.V. Sapukhin, A.S. Strashinsky, M.V. Makarochkina, A.A. Marchuk, A.P. Rozhanski,  
A.A. Byrgazov, S.A. Muravev, A.N. Narkevich*
- Adnexal torsion in girls: predictors and methods for surgical treatment. Case reports and review ..... 131  
*D.V. Donskoy, S.A. Korovin, A.V. Vilesov, R.A. Akhmatov, K.D. Sangare, O.A. Alimova*
- Inverted Meckel's diverticulum as a cause of intestinal intussusception in a child: A case report ..... 143  
*M.A. Chundokova, M.A. Golovanev, A.A. Ivanov*
- Normalization of urination parameters in a boy with cerebral palsy after rehabilitation using an "ExoAtlet" exoskeleton ..... 151  
*T.L. Bozhendaev, N.B. Guseva, E.V. Pismennaya*

## PERSONAL

- To the anniversary of Margarita A. Barskaya ..... 161  
*O.S. Gorbachev*
- To the 70<sup>th</sup> anniversary of Professor Sergey M. Stepanenko ..... 165  
*A.V. Isakov*
- ANNIVERSARIES MEMBERS OF THE RUSSIAN ASSOCIATION OF PEDIATRIC SURGEONS ..... 168

# СОДЕРЖАНИЕ

## РЕДАКЦИОННЫЕ СТАТЬИ

Благодарность рецензентам .....	5
<i>В.М. Розин</i>	

Отчет о работе в 2023 году главного детского хирурга Министерства здравоохранения Российской Федерации. Детская хирургия — цифры и факты .....	9
<i>Д.А. Морозов</i>	

## ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Антибактериальная активность и биосовместимость аугментов из никелида титана с добавлением наночастиц серебра для костной пластики .....	21
<i>С.А. Борисов, И.И. Гордиенко, Н.А. Цап, Г.А. Байгонакова, Е.С. Марченко, В.А. Ларинов</i>	

Врожденный передний вывих голени: неинвазивный метод лечения .....	33
<i>И.Ю. Круглов, Н.Ю. Румянцев, Г.Г. Омаров, С.С. Смирнов, И.М. Каганцов</i>	

Полиорганный дисфункция при инфекциях центральной нервной системы у детей .....	45
<i>К.Ю. Ермоленко, К.В. Пшениснов, Ю.С. Александрович, И.В. Александрович, А.И. Конев</i>	

Дифференциальный подход к предоперационной подготовке при распространенном гнойном перитоните у детей .....	57
<i>В.А. Завьялкин, М.А. Барская, С.Н. Юхимец</i>	

## ОБЗОРЫ

Метавселенная — новая реальность в хирургии. Обзор литературы .....	69
<i>Ю.А. Козлов</i>	

Острый респираторный дистресс-синдром в педиатрической практике: диагностика и интенсивная терапия. Обзор литературы .....	83
<i>Ю.С. Александрович, К.В. Пшениснов, В.И. Колодяжная</i>	

Болезнь Крона у пациентов с болезнью Гиршпрунга и Гиршпрунг-ассоциированным энтероколитом. Обзор литературы .....	97
<i>В.А. Глушкова, А.В. Подкаменев, Т.В. Габрусская</i>	

Хирургическая реконструкция мягких тканей дистальных фаланг пальцев кисти у детей. Обзор литературы .....	107
<i>А.В. Александров, П.В. Гончарук, Л.Я. Идрис, В.В. Рыбченок, А.А. Смирнов, Р.А. Хагуров</i>	

## КЛИНИЧЕСКИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Робот-ассистированная дистальная панкреатэктомия с сохранением селезенки при лечении ребенка с солидной псевдопапиллярной опухолью .....	121
<i>Ю.А. Козлов, С.С. Поляин, Э.В. Сапухин, А.С. Страшинский, М.В. Макарошкина, А.А. Марчук, А.П. Рожанский, А.А. Быргазов, С.А. Муравьев, А.Н. Наркевич</i>	

Перекрут придатков матки у девочек: предикторы и способы оперативного лечения. Серия клинических наблюдений и обзор литературы .....	131
<i>Д.В. Донской, С.А. Коровин, А.В. Вилесов, Р.А. Ахматов, К.Д. Сангаре, О.А. Алимова</i>	

Инвертированный дивертикул Меккеля как причина кишечной инвагинации у ребенка. Клинический случай .....	143
<i>М.А. Чундокова, М.А. Голованев, А.А. Иванов</i>	

Нормализация параметров мочеиспускания у мальчика с детским церебральным параличом после реабилитации в экзоскелете «EcoAtlet» .....	151
<i>Т.Л. Божендаев, Н.Б. Гусева, Е.В. Письменная</i>	

## ПЕРСОНАЛИИ

К юбилею Маргариты Александровны Барской .....	161
<i>О.С. Горбачев</i>	

К 70-летию профессора Сергея Михайловича Степаненко .....	165
<i>А.В. Исаков</i>	

ПОЗДРАВЛЕНИЕ КОЛЛЕГ .....	168
---------------------------	-----

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1791>

## Благодарность рецензентам

**В.М. Розин**

Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии, Москва, Россия;  
Научно-исследовательский клинический институт педиатрии и детской хирургии им. акад. Ю.Е. Вельтищева, Российский научно-исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

### АННОТАЦИЯ

В статье главный редактор журнала выражает благодарность рецензентам журнала, работа которых вносит ценный вклад в повышение качества научных статей. В результате совместного труда редакции, издательства, авторов и рецензентов журнал был включен в международную научную базу Scopus. В статье приводится поименный список рецензентов, принимавших участие в работе в 2023 г.

**Ключевые слова:** научный журнал; рецензенты; благодарность.

### Как цитировать

Розин В.М. Благодарность рецензентам // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 5–8.  
DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1791>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1791>

## To the reviewers: Letter of appreciation

Vladimir M. Rozinov

Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care, Moscow, Russia;  
Veltishchev Research and Clinical Institute for Pediatrics, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

### ABSTRACT

In this article, the editor-in-chief of the journal expresses gratitude to the journal's reviewers who make valuable contributions to the improvement of the quality of scientific articles. Because of the joint efforts of the editorial board, publisher, authors, and reviewers, the journal was included in the international scientific database Scopus. The article provides a list of reviewers who participated in the work in 2023.

**Keywords:** scientific journal; reviewers; gratitude.

### To cite this article

Rozinov VM. To the reviewers: Letter of appreciation. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):5–8.  
DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1791>

Received: 05.03.2024

Accepted: 15.03.2024

Published: 28.03.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1791>

## 向审稿人致谢

Vladimir M. Rozinov

Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care, Moscow, Russia;  
Veltishchev Research and Clinical Institute for Pediatrics, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

### 摘要

期刊主编在文章中对期刊审稿人表示感谢，他们的工作为提高科学文章的质量做出了宝贵贡献。在编辑部、出版社、作者和审稿人的共同努力下，该期刊被国际科学数据库Scopus收录。文章提供了参加 2023 年会议的审稿人名单。

**关键词:** 科学期刊; 审稿人; 致谢。

### 引用本文

Rozinov VM. 向审稿人致谢. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):5–8. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1791>

收到: 05.03.2024

接受: 15.03.2024

发布日期: 28.03.2024

## УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

В прошлом году состоялось знаковое событие для нашего журнала — он вошел в международную научную базу Scopus. Это итог многолетней работы редакции, авторов, издательства и, конечно, рецензентов журнала. Рецензирование является важнейшей составляющей научного журнала, поскольку позволяет дать экспертную оценку научному уровню рукописи, достоверности представленных авторами данных, а также, при необходимости, добиться от авторов следования стандартам, соответствующим международному уровню. Именно рецензирование помогает журналу развиваться, постоянно повышая качество публикуемых работ. Продолжая практику двойного слепого рецензирования, когда ни авторы, ни рецензенты не знают имен друг друга и не имеют конфликта интересов, мы стараемся максимально объективно подходить к продвижению рукописей, исходя из целей и задач журнала, редакционной политики и мнения рецензентов. О высокой оценке работы рецензентов свидетельствуют и авторы, которые часто направляют рецензентам слова признательности за проделанную работу по улучшению качества представленных к публикации статей.

Коллектив редакции журнала «Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии» выражает искреннюю благодарность рецензентам, которые, невзирая на свой плотный рабочий график, выделяют время для подготовки рецензий, помогают отбирать лучшие рукописи для публикации и поддерживать планку журнала на высоком уровне. Мы очень ценим труд рецензентов и надеемся на дальнейшее сотрудничество с каждым ученым, рассчитывая на поддержку медицинского сообщества и отдельных экспертов, готовых безвозмездно потратить время и силы на развитие отечественной детской хирургии.

В 2023 г. рецензентами журнала были 57 специалистов из разных городов России:

Дмитрий Кириллович Азовский, Москва  
 Михаил Александрович Аксельров, Тюмень  
 Юрий Станиславович Александрович, Санкт-Петербург  
 Саидхасан Магомедович Батаев, Москва  
 Валерий Федорович Бландинский, Ярославль  
 Сергей Гранитович Врублевский, Москва  
 Роман Вячеславович Гарбузов, Москва  
 Вадим Георгиевич Гельдт, Москва  
 Сергей Иванович Голяна, Санкт-Петербург  
 Сергей Федорович Гончаров, Москва  
 Игорь Вячеславович Дворяковский, Москва  
 Дарья Дмитриевна Долотова, Москва

## ОБ АВТОРЕ

**Владимир Михайлович Розин**, главный редактор,  
 д-р мед. наук, профессор; адрес: Россия, 125412, Москва,  
 ул. Талдомская, д. 2; ORCID: 0000-0002-9491-967X;  
 eLibrary SPIN: 2770-3752; e-mail: rozinov@inbox.ru

Ирина Вячеславовна Золкина, Москва  
 Нодар Тимурович Зурбаев, Москва  
 Олимджан Садыкович Исхаков, Москва  
 Илья Маркович Каганцов, Санкт-Петербург  
 Светлана Александровна Караваева, Санкт-Петербург  
 Ирина Юрьевна Карпова, Нижний Новгород  
 Владимир Маркович Кенис, Санкт-Петербург  
 Борис Аркадьевич Кобринский, Москва  
 Михаил Иосифович Коган, Ростов-на-Дону  
 Игорь Алексеевич Комиссаров, Санкт-Петербург  
 Александр Карпович Коновалов, Москва  
 Анатолий Александрович Корсунский, Москва  
 Андрей Устинович Лекманов, Москва  
 Вячеслав Александрович Липатов, Курск  
 Сергей Викторович Минаев, Ставрополь  
 Петр Иванович Миронов, Уфа  
 Герасим Игоревич Назаренко, Москва  
 Сергей Николаевич Николаев, Москва  
 Владимир Александрович Новожилов, Иркутск  
 Вячеслав Владимирович Паршиков, Нижний Новгород  
 Владимир Ильич Петлах, Москва  
 Андрей Валерьевич Пискалов, Омск  
 Дмитрий Александрович Плохих, Кемерово  
 Владимир Евгеньевич Попов, Москва  
 Михаил Иванович Пыков, Москва  
 Максим Петрович Разин, Киров  
 Владимир Михайлович Розин, Москва  
 Юрий Эдвартович Рудин, Москва  
 Всеволод Витальевич Рыбченко, Москва  
 Сергей Олегович Рябых, Москва  
 Иван Анатольевич Савин, Москва  
 Вячеслав Гаврилович Сварич, Сыктывкар  
 Владимир Валентинович Сизонов, Ростов-на-Дону  
 Алексей Николаевич Смирнов, Москва  
 Алексей Анатольевич Соколов, Москва  
 Юрий Юрьевич Соколов, Москва  
 Сергей Михайлович Степаненко, Москва  
 Николай Сергеевич Стрелков, Ижевск  
 Александр Кириллович Федоров, Москва  
 Расуль Ринатович Хасанов, Мангейм, Германия  
 Наталья Александровна Цап, Екатеринбург  
 Мадина Арсеновна Чундокова, Москва  
 Тимур Ахмедович Шароев, Москва  
 Игорь Владимирович Шведовченко, Санкт-Петербург  
 Ольга Вячеславовна Щербакова, Москва

Благодарим Вас за Ваш ценный вклад в развитие журнала!

## AUTHOR INFO

**Vladimir M. Rozinov**, Editor-in-Chief, MD, Dr. Sci. (Medicine),  
 Professor; 2 Taldomskaya st., Moscow, 125412, Russia;  
 ORCID: 0000-0002-9491-967X; eLibrary SPIN: 2770-3752;  
 e-mail: rozinov@inbox.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1784>

# Отчет о работе в 2023 году главного детского хирурга Министерства здравоохранения Российской Федерации. Детская хирургия — цифры и факты

Д.А. Морозов

Научно-исследовательский клинический институт педиатрии и детской хирургии им. акад. Ю.Е. Вельтищева, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия;

Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский Университет), Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

В статье представлен отчет о деятельности главного внештатного специалиста — детского хирурга Министерства здравоохранения Российской Федерации за 2023 г. Дана информация по аналитической и организационной работе института главных специалистов — детских хирургов, стратегическим решениям в детской хирургической службе, взаимодействию с субъектами Российской Федерации, профессиональными ассоциациями других специалистов, органами законодательной и исполнительной власти регионов и Федерации. Отдельно освещен раздел «Детская хирургия — цифры и факты», свод основных характеристик детской хирургической службы страны через призму сравнительного анализа данных главных детских хирургов 80 субъектов Российской Федерации за 2022 и 2023 гг.

**Ключевые слова:** детская хирургия; главный детский хирург; организация хирургической помощи.

## Как цитировать

Морозов Д.А. Отчет о работе в 2023 году главного детского хирурга Министерства здравоохранения Российской Федерации. Детская хирургия — цифры и факты // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 9–19.

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1784>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1784>

# Report of the Chief pediatric surgeon of the Ministry of Health of the Russian Federation for 2023. Pediatric surgery: numbers and facts

Dmitry A. Morozov

Veltishchev Research and Clinical Institute for Pediatrics, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia;  
I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

## ABSTRACT

The study reported on the activities of the chief freelance specialist — pediatric surgeon of the Ministry of Health of the Russian Federation for 2023. Information was provided on the analytical and organizational work of the Institute of Chief Pediatric Surgeons, strategic decisions in pediatric surgical service, interaction with the subjects of the Russian Federation, professional associations of other specialists, and bodies of legislative and executive power of the regions and the Federation. A separate section was devoted to “Pediatric surgery: Numbers and facts”, which is a summary of the main characteristics of the pediatric surgical service of the country through comparative analysis of data from the chief pediatric surgeons of the subjects ( $n = 80$ ) of the Russian Federation for 2022 and 2023.

**Keywords:** pediatric surgery; chief pediatric surgeon; organization of surgical care.

## To cite this article

Morozov DA. Report of the Chief pediatric surgeon of the Ministry of Health of the Russian Federation for 2023. Pediatric surgery: numbers and facts. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):9–19. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1784>

Received: 19.01.2024

Accepted: 25.02.2024

Published: 28.03.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1784>

# 俄罗斯联邦卫生部儿外科主任医师2023 年工作报告。小儿外科—数字与事实

Dmitry A. Morozov

Veltishchev Research and Clinical Institute for Pediatrics, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia;  
I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russia

## 摘要

本文介绍俄罗斯联邦卫生部主要编外专家、儿外科医生 2023 年的活动报告。其中包括小儿外科医生的分析和组织工作、小儿外科服务的战略决策、与俄罗斯联邦主体、其他专家的专业协会、各地区和联邦的立法和行政机构之间的互动信息。“小儿外科—数字与事实”章节是对国家小儿外科服务主要特点的总结，将单独进行介绍。对俄罗斯联邦 80 个主体的儿科主任医师提供的 2022 年和 2023 年数据进行了比较分析。

**关键词:** 儿外科; 儿外科主任医师; 外科护理组织。

## 引用本文

Morozov DA. 俄罗斯联邦卫生部儿外科主任医师2023年工作报告。小儿外科—数字与事实. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):9–19. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1784>

收到: 19.01.2024

接受: 25.02.2024

发布日期: 28.03.2024

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ ИНСТИТУТА ГЛАВНЫХ ВНЕШТАТНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ-ДЕТСКИХ ХИРУРГОВ. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Совершенствование работы детской хирургической службы Российской Федерации в 2023 г. осуществлялось с учетом нацпроекта «Здравоохранение». 24 апреля 2023 г. в ходе Коллегии Минздрава России вице-премьер Правительства России Т.А. Голикова подчеркнула устойчивость финансирования нацпроекта «Здравоохранение» (312 млрд руб.), расширение скрининга на 40 наследственных заболеваний, важность целевой подготовки специалистов, интеграции новых регионов. Внимание федеральных учреждений было обращено на необходимость внедрения новых методов лечения, их тиражирования в субъектах Российской Федерации (РФ). В докладе министра М.А. Мурашко были подчеркнуты проблемы охраны здоровья детей — совершенствование первичной медико-санитарной помощи и цифровизации здравоохранения; продолжения строительства 21 детской больницы (в 2022 г. запущено в строй три); важности достижения наименьших значений детской смертности, расширения неонатального скрининга, возможностей высокотехнологичных операций и трансплантации органов. Министр обратил внимание на приоритеты работы Национальных медицинских исследовательских центров (НМИЦ) и федеральных клинических институтов: телемедицинские консультации и использование искусственного интеллекта, разработку новых методик лечения для регионов и фарм-препаратов, подготовку кадров. Решение обозначенных задач постоянно находится в фокусе внимания детского хирургического сообщества [1–3].

**Стратегические решения по развитию детской хирургии** требовали системного взаимодействия с органами законодательной и исполнительной власти РФ, регионами, профессиональными ассоциациями смежных специалистов:

- 1 февраля 2023 г. — Совет Федерации ФС РФ, выставка «Охрана здоровья матери и ребенка» в преддверии «правительственного часа», посвященного детскому здравоохранению, федеральные педиатрические центры представили разработки — от медицины плода и лечения редких заболеваний до высокотехнологичной детской хирургии, трансплантологии и детской онкогематологии. Главный внештатный специалист (ГВС)-детский хирург Минздрава России проф. Д.А. Морозов ознакомил онлайн ГВС субъектов с выставкой, представив отчет о работе, новую электронную форму отчета ГВС, который составит основу «Паспорта детской хирургической службы в РФ»;
- 20 февраля 2023 г. — Научно-исследовательский клинический институт педиатрии и детской хирургии

- им. акад. Ю.Е. Вельтищева (Институт Вельтищева), Экспертный совет по редким (орфанным) заболеваниям Комитета Госдумы по охране здоровья. Особое внимание уделено хирургии детей с орфанными заболеваниями — «Редкая хирургия редких заболеваний»;
- 4 июня 2023 г. — Самарканд (Узбекистан), Первый Узбекско-Российский медицинский форум. ГВС проф. Д.А. Морозов вошел в делегацию Минздрава России, доклад о высокотехнологичной детской хирургии в России. Участие в обходе и консультации пациентов Самаркандского Центра детской хирургии (основатель — ректор проф. А.М. Шамсиев); переговоры о российско-узбекском сотрудничестве;
- 8 июня 2023 г. — Оренбург, «Ассоциация детских больниц» (председатель правления проф. Н.Н. Ваганов) с участием главных врачей областных, республиканских и краевых детских больниц РФ. ГВС проф. Д.А. Морозов — обновление «Порядка оказания хирургической помощи детям», организация межрегиональных и межрайонных центров детской хирургии, важность нормативного регулирования детской хирургии в субъектах РФ;
- 14 июня 2023 г. — Санкт-Петербург, Петербургский Международный экономический форум (ПМЭФ-2023). ГВС проф. Д.А. Морозов — модератор сессии «Здоровье детей как приоритет национальной политики», важнейшие вопросы в сфере охраны здоровья детей, управленческие решения для дальнейшего развития педиатрии;
- 19–21 июня 2023 г. — Санкт-Петербург, XI Международный конгресс по заболеваниям головы и шеи. Взаимодействие: рабочие встречи и участие в пленарном заседании. ГВС проф. Д.А. Морозов — сопредседатель секции «Актуальные вопросы хирургии головы и шеи у детей», доклад «Хирургия кист шеи у детей. Остались ли вопросы?», основанный на анализе хирургического лечения свыше 1800 детей в 67 субъектах РФ (за 2022 г.);
- 29 июня 2023 г. — Иркутск, Проблемная комиссия Научного совета Российской ассоциации детских хирургов (РАДХ) «Детская колопроктология» (председатель проф. В.А. Новожилов). Участие ГВС проф. Д.А. Морозова в операции, дискуссии, докладах по проблемам колоректальной хирургии;
- 2 сентября 2023 г. — Москва, участие ГВС проф. Д.А. Морозова в первом заседании «Звездного родительского комитета» Российского движения детей и молодежи «Движение Первых» с докладом «Охрана здоровья школьника», взаимодействие с родительским сообществом;
- 15 сентября 2023 г. — Светлогорск, Калининградская обл., 2-я Ассамблея «Детская хирургия головы и шеи», взаимодействие с детскими онкологами, ГВС проф. Д.А. Морозов — сопредседатель симпозиума «Опухоли шеи», доклад «Тератомы шеи у детей».

Междисциплинарный круглый стол по узловым поражениям щитовидной железы у детей, постановка задачи системного анализа тиреоидной хирургии у детей в РФ;

- 3 октября 2023 г. — Москва, XVIII Конгресс специалистов перинатальной медицины (председатель акад. РАН Н.Н. Володин), взаимодействие со специалистами перинатальной медицины, ГВС проф. Д.А. Морозов — модератор секции «Некротизирующий энтероколит: неочевидное о наболевшем»;
- 9–11 ноября 2023 г. — Москва, IX Форум детских хирургов России. Доклад ГВС проф. Д.А. Морозова на пленарном заседании «Детская хирургия России. Цифры и факты». Профильная комиссия Минздрава России «Детская хирургия» с участием ведущих кафедр медицинских вузов страны и ГВС субъектов РФ.

В ходе системного анализа отчетов ГВС субъектов РФ за 2022 г. проведено исследование потребности регионов в специалистах-детских хирургах, детских урологах-андрологах, детских нейрохирургах, детских онкологах, детских челюстно-лицевых хирургах и детских комбустиологах. В мае 2023 г. данные 82 субъектов РФ ГВС проф. Д.А. Морозов представил заместителю Министра здравоохранения РФ Т.В. Семеновой для учета госзадания и контрольных цифр приема в клиническую ординатуру в вузах РФ.

Значительная часть работы института ГВС в 2023 г. заключалась в экспертной, клинико-экспертной и аналитической работе по совершенствованию организации здравоохранения и детской хирургии в РФ. Так, в 2023 г. было получено и проработано 61 письмо от Министерства здравоохранения РФ, Государственной Думы ФС РФ, Министерства труда РФ, Министерства промышленности и торговли РФ, Федеральной службы по надзору в сфере здравоохранения, Высшей школы организации и управления здравоохранением, ФГБУ «Центр экспертизы и контроля качества медицинской помощи». Экспертная команда ГВС проф. Д.А. Морозова предоставила Заключение по проектам медико-технических заданий на проектирование/оснащение объектов 9 субъектов РФ (Красноярский край, Камчатский край, Республика Хакасия, Липецкая область, Республика Тыва, Кемеровская область, Челябинская область, Кабардино-Балкарская Республика, Саратовская область). Наряду с рассмотрением многочисленных проектов приказов, стандартов медицинской помощи детям, были также проработаны вопросы кадрового обеспечения отрасли, формирования контрольных цифр приема в ординатуру по детской хирургии медицинских вузов РФ, обеспечения инвалидов техническими средствами реабилитации, лекарственного обеспечения и др.

**Взаимодействие с субъектами РФ, ГВС-детскими хирургами** развивалось в рамках решения задач, формулируемых Минздравом России, профессиональным

сообществом, Российской ассоциацией детских хирургов [4]. Принцип публичности и открытости всех управленческих решений нашел свое отражение, в том числе, в первой публикации — «Отчет о работе в 2022 г. главного детского хирурга Министерства здравоохранения Российской Федерации» в журнале «Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии» [5]. Формирование единого информационного поля, сайта ГВС-детского хирурга в 2023 г. дополнилось воссозданием рубрики «Равнение на регион», созданием новой рубрики «Презентации ведущих клиник детской хирургии страны» — Российская детская клиническая больница (РДКБ), Детская городская клиническая больница (ДГКБ) № 9 им. Г.Н. Сперанского, НМИЦ здоровья детей, а также рубрики «Детские хирурги в СМИ» — уникальные хирургические операции, выполненные в федеральных клиниках и в больницах субъектов РФ.

Практика ежемесячных совещаний с ГВС субъектов РФ продолжила служить важным механизмом регулярного обмена информацией, обсуждения организации детской хирургической службы, строительства новых больниц и корпусов, развития отдельных направлений детской хирургии в регионах. Проведение онлайн-совещаний из разных регионов стало приоритетом. В 2023 г. была введена практика презентаций федеральных клиник детской хирургии, важная для понимания маршрутизации тяжелых и сложных пациентов:

- 28 февраля 2023 г. — онлайн-совещание с ГВС из Луганского ГМУ им. Святителя Луки. Обсуждение первых результатов анкетирования по «Кишечному анастомозированию у детей»; доклад заместителя главного врача по хирургии РДКБ д-ра мед. наук М.Н. Сухова; информация о строительстве хирургических корпусов в Челябинске и Брянске;
- 31 марта 2023 г. — онлайн-совещание с ГВС. Презентация заместителем главного врача А.К. Федоровым возможностей детской хирургии Института Вельтищева, ДГКБ № 9 им. Г.Н. Сперанского и кафедры детской хирургии и урологии-андрологии им. Л.П. Александрова Сеченовского Университета; доклад Главного детского гинеколога Минздрава России чл.-корр. РАН, проф. Е.В. Уваровой по экстренной детской гинекологии; презентация первого в России «Межрегионального Центра детской хирургии» в Хабаровске ГВС края Р.А. Мирзоевым;
- 26 апреля 2023 г. — рабочее совещание с ГВС и ведущими кафедрами детской хирургии вузов РФ в Волгограде в рамках Российского симпозиума детских хирургов «Кишечные анастомозы у детей», посвященного 80-летию Победы в Сталинградской битве и 50-летию кафедры детской хирургии Волгоградского государственного медицинского университета (ГМУ); доклад ГВС проф. Д.А. Морозова — «Детская хирургическая служба в Российской Федерации. Основные результаты работы в 2022 г.»;

- 27 мая 2023 г. — онлайн-совещание с ГВС из Уфы, Башкирского ГМУ, в рамках Международной конференции Консорциума «5П Детская медицина» — «Детское здоровье: современные вызовы и эффективные решения». Обсуждение проблем оказания экстренной хирургической помощи детям в отдаленных районах. Доклад ГВС проф. Д.А. Морозова «Этюды детской экстренной хирургии»;
  - 28 июня 2023 г. — Иркутск. Рабочие встречи с ректором университета, министром здравоохранения, руководством Иркутской областной детской клинической больницы (ОДКБ). Онлайн-совещание с ГВС из Иркутской Ивано-Матренинской детской больницы. Обзор хирургии кист шеи у детей (анализ около 2000 операций за 2022 г. в 76 субъектах РФ); в рубрике «Делаем так» — команда детских онкологов под руководством д-ра мед. наук Д.Г. Ахаладзе из Национального медицинского исследовательского центра детской гематологии, онкологии и иммунологии (НМИЦ ДОГ) им. Димы Рогачева — современные технологии биопсий опухолей у детей;
  - 6 сентября 2023 г. в рамках IV Съезда детских врачей Московской области — онлайн-совещание с ГВС РФ на симпозиуме «Актуальные вопросы детской хирургии». Состояние и перспективы экстренной медицинской помощи детям в РФ. Лекция Д.А. Морозова «Совершенствование неотложной хирургической помощи детям в субъектах Российской Федерации»;
  - 30 октября 2023 г. — онлайн-совещание с ГВС. Результаты хирургического лечения детей с патологией щитовидной железы в России. Представлен доклад директора НИИ детской хирургии НМИЦ здоровья детей, чл.-корр. РАН проф. С.П. Яцыка о работе федеральной хирургической клиники высоких технологий;
  - 9 ноября 2023 г. — профильная комиссия «Детская хирургия» Минздрава России на IX Форуме детских хирургов России. Доклад Д.А. Морозова «Детская хирургия России. Цифры и факты». Обсуждение «общенациональной образовательной программы» по детской хирургии (проф. С.А. Караваева, СПб), Клинических рекомендаций под эгидой проблемных комиссий Научного совета РАДХ (проф. В.А. Новожилов, Иркутск), результаты функционирования в 2023 г. Межрегионального центра детской хирургии Дальневосточного ФО в Хабаровске (доц. А.Г. Пинигин).
- Аналитическая работа с главными детскими хирургами субъектов РФ активно продолжалась в 2023 г. Были проведены массивные аналитические научные исследования:
- «Кишечные анастомозы у детей» — впервые в РФ обобщен клинический опыт 75 субъектов РФ за 2021–2022 гг. по кишечному анастомозированию (4558 анастомозов) у новорожденных (1735) и детей старшего возраста (2823). Результаты представлены ГВС проф. Д.А. Морозовым на Российском симпозиуме детских хирургов в Волгограде 20 апреля 2023 г., а также на страницах научной печати [6];
  - «Хирургия кист шеи у детей» — впервые в РФ проведен многоцентровой анализ хирургии кист и свищей шеи у детей (свыше 1800 пациентов в 67 субъектах РФ), результаты которого доложены 20 июня 2023 г. на XI Конгрессе по заболеваниям головы и шеи (Санкт-Петербург);
  - «Хирургия щитовидной железы у детей» — анкетирование клиник детской хирургии 48 субъектов РФ и 5 ведущих научно-практических центров детской онкологии Москвы и Санкт-Петербурга (1840 операций у детей за 2022–2023 гг.) с целью обновления Российских клинических рекомендаций. Результаты доложены акад. РАН В.Г. Поляковым на IX Форуме детских хирургов России;
  - в течение 2023 г. продолжалась активная работа ГВС над проектом нового «Порядка оказания медицинской помощи по профилю „детская хирургия“». Проект представлен в Минздраве России в октябре 2023 г.;
  - ГВС-детские хирурги приняли активное участие в подготовке предложений «О дополнении перечней заболеваний, категорий детей, больных тяжелыми жизнеугрожающими и хроническими заболеваниями», а также закупаемых Фондом «Круг добра» лекарств, медицинских изделий и средств реабилитации;
  - в срочном порядке для Минздрава России ГВС-детские хирурги субъектов РФ провели анализ хирургических операций по смене паспортного пола детям, которые проводятся в субъектах РФ в течение года.
- Развитие детской хирургической службы РФ в 2021–2023 гг. включало последовательное движение в нормативном регулировании **Межрегиональных центров высокотехнологичной детской хирургии**, в первую очередь в Дальневосточном федеральном округе. Ключевую поддержку этой работы оказывало Агентство стратегических инициатив (АСИ). Окончание строительства центра высоких технологий Ростовской ОДКБ позволяет рассматривать это учреждение в качестве перспективного Межрегионального Центра детской хирургии Юга России.
- 31 марта 2023 г. на онлайн-заседании с ГВС-детскими хирургами субъектов РФ — презентация первого в России «Межрегионального Центра детской хирургии» в Хабаровске главным детским хирургом края Р.А. Мирзоевым. Центр создан инициативно благодаря руководству края, заместителю председателя правительства края проф. Е.Л. Никонову, поддержке АСИ, Министерства здравоохранения РФ.
  - 8 июня 2023 г. на заседании «Ассоциации детских больниц» главный детский хирург Хабаровского края, главный врач Хабаровской КДБ Р.А. Мирзоев доложил о результатах работы межрегионального Центра детской хирургии в Хабаровске;
  - в ноябре 2023 г. на заседании Профильной комиссии «Детская хирургия» Минздрава России (IX Форум

детских хирургов России) был обсужден доклад заведующего кафедрой детской хирургии Дальневосточного федерального университета (ДФУ) доц. А.Г. Пинигина о результатах работы Межрегионального центра детской хирургии Дальневосточного федерального округа в Хабаровске.

Важным направлением работы института ГВС-детских хирургов РФ в 2023 г. оставалось совершенствование организации неотложной хирургической помощи детям в субъектах РФ, в том числе в отдаленных районах, развитие системы РКЦ и телемедицинских технологий:

- 7 февраля 2023 г. на Комиссии Генерального совета партии Единая Россия по здравоохранению (Д.Н. Проценко) — обсуждение современных задач детской медицины. Доклад ГВС проф. Д.А. Морозова «Неотложная хирургическая помощь детям в Российской Федерации»;
  - 16 февраля 2023 г. — на пленарном заседании XI Всероссийского научно-практического форума «Неотложная детская хирургия и травматология» ГВС проф. Д.А. Морозов представил доклад «Экстренная хирургическая помощь детям в Российской Федерации» с системным анализом организационных, управленческих и лечебных направлений работы субъектов РФ;
  - 27 мая 2023 г. из Башкирского государственного медицинского университета проведено онлайн-совещание с ГВС РФ по проблемам оказания экстренной хирургической помощи детям в отдаленных районах. Доклад Д.А. Морозова «Этюды детской экстренной хирургии», участие заместителя министра Республики Башкортостан Т.В. Саубановой — мониторинг детей с критическими состояниями, регистр детей с угрозой снижения репродуктивного потенциала, телемедицинский контроль хирургических операций у детей в районах республики специалистами Республиканского клинического центра Уфы.
- Отдельным направлением системной работы института ГВС-детских хирургов стало укрепление сотрудничества с детскими онкологами РФ, в том числе в ходе ряда совещаний в Министерстве здравоохранения РФ и в НИИЦ ДОГ им. Димы Рогачева:
- 20 апреля 2023 г. — XIV научно-практическая конференция «Детская медицина — 12 шагов в будущее» в НПЦ им. В.Ф. Войно-Ясенецкого Москвы. ГВС проф. Д.А. Морозов — председатель на секции «Хирургия опухолей малого таза у детей», рабочие встречи;
  - 19–20 мая 2023 г. — IV научно-практическая конференция «Инновационные методы лечения онкологических и гематологических заболеваний у детей» (Санкт-Петербург). Доклад ГВС проф. Д.А. Морозова — «Современное состояние детской хирургии в России. Взаимодействие с детской онкологией»;
  - 20–22 сентября 2023 г. на XII Российском Конгрессе «Инновационные технологии в педиатрии и детской

хирургии» при участии онлайн ГВС-детских хирургов субъектов РФ прошел «Профессиональный разговор детских онкологов и детских хирургов».

Рабочие ежемесячные поездки ГВС проф. Д.А. Морозова в регионы России (15 за 2023 г.) оставались важным звеном организации детской хирургической службы РФ:

- январь 2023 г. — Саратов. Рабочая встреча с главным врачом Саратовской ОДКБ Д.Г. Хижняком, обсуждение строительства нового корпуса ОДКБ, модернизации педиатрии и детской хирургии, хирургии травматических повреждений, хирургии новорожденных, перспектив взаимодействия ОДКБ с кафедрой детской хирургии Саратовского ГМУ им. В.И. Разумовского, с кафедрой Сеченовского Университета и Институтом Вельтищева;
- февраль 2023 г. — Луганск (ЛНР). Консультации пациентов, операции в Луганской РДКБ, лекции по детской хирургии студентам Луганского ГМУ им. Святителя Луки, врачам — лекция «Детская хирургия в вопросах права»;
- март 2023 г. — Рязань. Обход Рязанской ОДКБ им. Н.В. Дмитриевой, клинико-экспертный разбор ГВС истории болезни пациента, этапов специализированной помощи с коллективом врачей;
- март 2023 г. — Ростов-на-Дону. Обходы Ростовской ОДКБ, консультации пациентов, «профессорский консультативный прием» со студентами Ростовского ГМУ, совместные операции. Обсуждение завершения строительства нового корпуса высоких технологий — будущего межрегионального центра детской хирургии Юга России;
- апрель 2023 г. — Волгоград. Рабочие встречи с ректором Волгоградского ГМУ, заведующим кафедрой. Сотрудничество с кафедрой Сеченовского Университета и Институтом Вельтищева;
- май 2023 г. — Республика Башкортостан, Уфа. Рабочие встречи с ректором Башкирского ГМУ чл.-корр. РАН В.Н. Павловым, коллективом кафедры детской хирургии и проф. А.А. Гумеровым, старт рубрики совещаний ГВС «Равнение на регион»;
- июнь 2023 г. — Оренбург. Обход стройки нового корпуса Оренбургского центра детской хирургии, рабочая встреча с коллективом, планирование совместных научных исследований, подготовка научно-педагогических кадров;
- июнь 2023 г. — Иркутск. Обход Иркутской Ивановской городской больницы, консультации пациентов. Посещение Иркутской ОДКБ, Перинатального центра. Встреча с ректором Иркутского ГМУ и министром здравоохранения Иркутской области. Участие в операции и конференции;
- июль 2023 г. — Тамбов. Обход Тамбовской ОДКБ с депутатом Государственной Думы РФ Т.И. Фроловой.

- Консультации пациентов, встреча с коллективом, обсуждение сотрудничества;
- сентябрь 2023 г. — Калининград. Обход Калининградской ОДКБ, нового хирургического корпуса, рабочая встреча с руководством больницы, планирование сотрудничества;
  - октябрь 2023 г. — Тамбов. Клинико-экспертный разбор ГВС истории болезни пациента, этапов специализированной помощи с коллективом врачей;
  - октябрь 2023 г. — Ростов-на-Дону. Рабочая встреча с министром здравоохранения области Ю.В. Кобзевым. Обход стройки нового корпуса высоких технологий, ОДКБ, консультации пациентов, совместные операции, лекции студентам и врачам. Обход Ростовской городской больницы № 20;
  - октябрь 2023 г. — Республика Крым, Симферополь и Феодосия. Обходы Республиканской ДКБ, детских хирургических клиник и отделений, консультации пациентов, совместные операции, встречи с коллективами, лекции студентам Медицинского института им. С.И. Георгиевского Крымского федерального университета. Рабочие встречи с планированием стратегии научного и практического сотрудничества детских хирургических коллективов Республики Крым и Института Вельтищева, кафедр Сеченовского Университета и РНИМУ им. Н.И. Пирогова;
  - октябрь 2023 г. — Луганск (ЛНР). Консультации пациентов, совместные операции в Республиканской детской больнице, лекция студентам Луганского ГМУ им. Святителя Луки;
  - ноябрь 2023 г. — Республика Татарстан, Казань. Рабочие встречи с детскими хирургами, обсуждение хирургии новорожденных.
- При активном участии и под эгидой института ГВС-детских хирургов РФ в 2023 г. прошел ряд научно-практических конференций, конгрессов и форумов:
- 27–28 января 2023 г. — IV Всероссийская конференция с международным участием «5П Детская медицина»;
  - 23 марта 2023 г. — Конгресс «5П Детская медицина». Детская хирургия — симпозиумы «Хирургия новорожденных. Секреты мастерства», «Хирургия инфекционных больных», «Экстренная хирургия в Московской области», лекция «Детская хирургия в вопросах права»;
  - 20 апреля 2023 г. — Российский симпозиум «Кишечные анастомозы у детей»;
  - 15 мая 2023 г. — VII Республиканская конференция детских хирургов Луганской Народной Республики, доклад Д.А. Морозова «Хирургия новорожденных в Российской Федерации»;
  - 25 мая 2023 г. — Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Детская хирургия — вчера, сегодня, завтра», НМИЦ ЗД, Москва;

- 27 мая 2023 г. — Международная конференция консорциума «5П Детская медицина» «Детское здоровье: современные вызовы и эффективные решения», Уфа;
- 7 июня 2023 г. — Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Актуальные проблемы педиатрии XXI века», Оренбург;
- 8 августа 2023 г. — «Летняя Захаровская Школа» по детской хирургии, остров Чардым, Саратов;
- 25 августа 2023 г. — XV Международный конгресс «Звезды детской хирургии на Байкале», Иркутск;
- 20 сентября 2023 г. — XXII Российский конгресс «Инновационные технологии в педиатрии и детской хирургии» с международным участием, Москва;
- 9 ноября 2023 г. — IX Форум детских хирургов России, Москва.

## ДЕТСКАЯ ХИРУРГИЯ — ЦИФРЫ И ФАКТЫ

По итогам анкетирования и отчетности ГВС субъектов РФ в 2022 и 2023 г., сравнительного анализа основных параметров деятельности службы на IX Форуме детских хирургов России и очередном заседании Профильной комиссии «Детская хирургия» Минздрава России (9 ноября 2023 г.) были представлены основные характеристики детской хирургической службы России. В рабочем совещании приняли участие заведующие кафедрами детской хирургии медицинских вузов и факультетов, дискуссия расширилась обсуждением «Общенациональной учебной программы» подготовки студентов по детской хирургии (отв. — проф. С.А. Караваева, Санкт-Петербург), реализации подготовки клинических рекомендаций (отв. — проф. В.А. Новожилов, Иркутск), первых результатов работы Межрегионального, для Дальневосточного Федерального Округа, Центра неонатальной хирургии в Хабаровске (докл. — заведующий кафедрой ДВФУ доц. А.Г. Пинигин).

В докладе главного детского хирурга Минздрава России проф. Д.А. Морозова «Детская хирургия Российской Федерации. Цифры и факты» была представлена информация, краткие тезисы которой приведены ниже:

1. С учетом существующего законодательного и нормативно-правового регулирования системы здравоохранения, управление детской хирургической службой РФ на современном этапе в большей степени представлено деятельностью института главных внешних специалистов субъектов РФ. Российская ассоциация детских хирургов, в соответствии со ст. 76 закона № 3232-ФЗ РФ реализует защиту прав детских хирургов — членов ассоциации, участвует в разработке норм и правил, клинических рекомендаций, стандартов, аттестации детских хирургов, содействует научным исследованиям и повышению образования. Самостоятельность образовательных организаций, подчинение любого заведующего кафедрой исключительно своему ректору и ученому совету, закреплена

современным законодательством, обуславливает недостаточную эффективность общих управленческих решений на уровне руководителей кафедр. Отчасти это привело к значительному сокращению кафедр детской хирургии в РФ (в 14 вузах). Целесообразно объединение заведующих кафедрами и курсами в отдельный Совет РАДХ, что определит полномочия.

2. Усиление кризиса нормативного и практического регулирования единой специальности «детская хирургия», в том числе в субъектах РФ. Утверждение требований к отдельным специальностям в детских областных, краевых, республиканских больницах (детская урология-андрология, травматология-ортопедия, детская нейрохирургия, детская онкология, детская челюстно-лицевая хирургия, детская гинекология) сопровождается сложностями в определении полномочий детского хирурга общего профиля в лечении обычной хирургической патологии (пример: резаная рана, сотрясение головного мозга, подчелюстной лимфаденит, перекрут кисты яичника, паховая грыжа и крипторхизм), нормативно-правовом регулировании прав и обязанностей, ответственности дежурных детских хирургов общего профиля, хирургов районных больниц. Требуется скорейшее завершение работы над «Порядком оказания хирургической помощи детям» (в соответствии со ст. 37 закона № 323-ФЗ РФ), а затем обновления Профессионального стандарта детского хирурга при согласительной комиссии с иными специалистами.
3. Необходимо усиление организационной работы. ГВС-детский хирург региона уполномочен в большинстве (78) субъектах, но «Положение о главном детском хирурге региона» есть только в 68 субъектах, а Приказ о детской хирургической службе региона — лишь в 72 субъектах РФ.
4. Очевидны юридические коллизии на этапах подготовки специалистов: при обучении студентов педиатрического и лечебного факультетов кафедры детской хирургии в рамках федерального государственного образовательного стандарта преподают общую детскую хирургию, травматологию-ортопедию, урологию-андрологию, детскую онкологию, экстренную нейрохирургию, челюстно-лицевую хирургию, хирургическую патологию органов репродуктивной системы. Затем в программах ординатуры появляется разделение на субспециальности, имеющие свои учебные программы подготовки специалистов и системы аккредитации. Далее научная специальность 3.1.11 Детская хирургия снова объединяет все субспециальности, позволяя выполнять диссертации и защищать их в рамках широких границ. Необходимо проведение согласительных комиссий с главными специалистами, экспертами, лидерами профессиональных ассоциаций для последовательного упорядочивания ситуации.
5. По данным 80 субъектов РФ насчитывается 4458 детских хирургов, в том числе свыше 3000 — в стационарах. При этом в оказании хирургической помощи детям участвуют 713 детских травматологов-ортопедов, 400 детских урологов-андрологов, 300 детских нейрохирургов, 99 комбустиологов, 213 детских челюстно-лицевых хирургов.
6. Медицинский вуз (факультет) есть в 64 субъектах РФ; по данным ГВС, количество кафедр детской хирургии составляет 45, курсов в составе иных кафедр — 14. Регистрировано 399 сотрудников кафедр или курсов детской хирургии и 129 научных сотрудников по профилю «детская хирургия». 21 субъект РФ не имеет кафедры или курса детской хирургии.
7. Научный потенциал сообщества детских хирургов России достаточно высок. Без учета научных учреждений Москвы, в 45 субъектах РФ насчитывается 129 докторов наук, и в 62 субъектах — 421 кандидат наук детский хирург. Условно говоря, это составляет 3 и 10 % соответственно всех детских хирургов страны.
8. Кадровый дефицит регистрируют практически все ГВС субъектов РФ. Анализ потребности в разных специальностях, в том числе в целях формирования «контрольных цифр» приема в клиническую ординатуру в вузах МЗ РФ, был представлен заместителю министра здравоохранения РФ Т.В. Семеновой (см. таблицу). Общая потребность составила 1699 специалистов по детской хирургии.
9. Сравнительный анализ свидетельствует, что в 41 субъекте РФ травматолого-ортопедическая помощь детям оказывается в профильном отделении детской больницы, в то время как при термических повреждениях

Таблица. Потребность в специалистах-детских хирургах в Российской Федерации, 2023 г.

Table. Demand for specialist pediatric surgeons in the Russian Federation in 2023

Специалисты	Число специалистов	Количество субъектов
Детские хирурги	952	65
Детские урологи-андрологи	352	50
Детские нейрохирурги	111	44
Детские онкологи	106	51
Детские челюстно-лицевые хирурги	105	41
Детские комбустиологи	73	38

профильные детские отделения существуют лишь в 15 субъектах (в 20 — «детские койки» во взрослых больницах). Онкологическая помощь оказывается в профильных отделениях (30) и федеральных онкоцентрах (12), в остальных субъектах детские хирурги продолжают, так или иначе, осуществлять хирургический этап лечения детей, в том числе вместе со взрослыми онкодиспансерами (10).

10. Остаются значимыми разные условия оказания специализированной хирургической помощи детям, проживающим в городах (75 % детей) или густонаселенных районах и сельской местности (в малонаселенных районах, 25 %). Сравнительный анализ свидетельствовал, что в ряду 1932 детских поликлиник в РФ их количество варьирует от 20 до 50 в 36 субъектах. В стране действуют 277 детских травмпунктов, при этом в 19 субъектах нет ни одного детского травмпункта. Зарегистрировано 410 кабинетов детских урологов-андрологов (кроме 10 субъектов РФ), 50 кабинетов детских нейрохирургов (отсутствуют в 35 субъектах), 71 кабинет детских онкологов (отсутствуют в 18 субъектах).
11. Ведущей структурной единицей оказания специализированной хирургической помощи детям в субъектах РФ остаются **многопрофильные областные (краевые, республиканские) детские больницы**, в 51 регионе являясь единственными для детской хирургии. Их коечный фонд по детской хирургии составляет 5323, фонд городских районных детских больниц — 2094, детская хирургия районных взрослых больниц — 843 койки, детская хирургия частных медицинских центров — 30 коек. Оснащение детских хирургических отделений КТ, МРТ, круглосуточным УЗИ и эндоскопией полное в большинстве субъектов РФ.
12. За 2023 г., по данным отчетов ГВС, в стране выполнено 533 тыс. операций детям (практически в равных долях плановых и экстренных), в том числе эндоскопическим способом — более 113 тыс. (21,2 %). Осложнения зарегистрированы у 1044 (0,19 %), при послеоперационной летальности — 572 (0,1 %). При этом 59 969 операций детям (11,25 %) выполнены на «детских койках» взрослых больниц, а 30 350 операций детям (5,7 %) — на «взрослых хирургических койках» взрослых больниц. Важно, что, по данным анализа 2022 г., послеоперационная летальность в городских и районных детских больницах повышалась до 0,25 %, а во взрослых районных больницах (ЦРБ) — до 0,39 %.
13. В среднем, доля операций, выполненных в головной детской многопрофильной больнице субъекта РФ составила 69,3 % (при вариативности: 30–40 % — 10 субъектов РФ, около 90 % — 17 субъектов РФ).
14. В **хирургии новорожденных** (6572 операции новорожденным в РФ — по данным анализа 2022 г., и 97 фетальные операции) сохраняются сложности в организации маршрутизации новорожденных с хирургической патологией, концентрации кадров, пациентов и ресурсов: только в 9 субъектах РФ оперируют 80–100 новорожденных в год; в 11 — около 50 в год; в 31 — 20–30 в год; в 27 — около 10 новорожденных в год. Перспектива заключается в распространении практики Межрегиональных центров, по примеру Хабаровска и ДВФО. 31,2 % новорожденных оперированы эндоскопически, при 4,6 % осложнений и 4,55 % послеоперационной летальности.
15. **Оказание хирургической помощи детям «взрослыми хирургами»** требует регламентирования. Сравнительный анализ данных ГВС субъектов РФ, в группе 48 субъектов с плотностью населения свыше 10,00 чел./км<sup>2</sup> и в группе 23 субъектов с плотностью населения менее 10,00 чел./км<sup>2</sup>, показал, что в первой группе в 27 % экстренную помощь детям оказывали «взрослые хирурги», а во второй — в 61 % случаев. Из 48 субъектов РФ с высокой плотностью населения только в 3 (6,2 %) экстренная хирургическая помощь детям оказывается детскими хирургами во всех районах, в субъектах с низкой плотностью такой практики нет вообще.
16. **Диспансеризация детей** при этом в группе 48 субъектов РФ с плотностью населения свыше 10,00 чел./км<sup>2</sup> осуществлялась детскими хирургами в 56 %, а в 23 субъектах РФ с плотностью населения менее 10,00 чел./км<sup>2</sup> — в 74 % (вероятно, за счет выездных форм).
17. Перспективной является **расширение практики Межрайонных центров детской хирургии**, позволяющих решить комплекс задач. Анализ показал, что в 56,3 % субъектов в районах области существуют детские хирургические отделения. При этом 60 субъектов не имеют межрайонных центров детской хирургии.
18. В **совершенствовании оказания неотложной хирургической помощи детям в субъектах РФ** приоритет — транспортировка ребенка в многопрофильную детскую больницу; целесообразность организации межрайонных центров детской хирургии в рамках субъекта; в обязательном порядке преподавание детской хирургии на лечебных факультетах вузов и клиническим ординаторам-«взрослым хирургам»; подготовка хотя бы одного «взрослого хирурга» для каждой районной больницы по «детской хирургии», в том числе посредством разработки онлайн-образовательной программы; телемедицинское консультирование с детским РКЦ или детской хирургической клиникой при оказании помощи детям «взрослыми хирургами». По данным анализа, только в 67 субъектах в РКЦ дежурят круглосуточно детские хирурги.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Детская хирургическая служба РФ активно развивается в рамках Национального проекта «Здравоохранение», уделяя пристальное внимание совершенствованию

хирургии новорожденных, оказанию неотложной помощи детям в отдаленных районах и сельской местности, развитию практики межрегиональных центров высокотехнологичной детской хирургии и межрайонных центров детской хирургии. Профессиональное сообщество детских хирургов России, научно-педагогических кадров вузов, сконцентрировано на развитии новых технологий диагностики и лечения, развитии эндоскопической и роботической детской хирургии, обновления образовательных программ, совершенствовании фундаментальных и прикладных научных исследований в отечественной детской хирургии, современного нормативного регулирования службы. Эти позиции формируют задачи на 2024 год.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Морозов Д.А. Состояние и перспективы научных исследований в детской хирургии // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2015. Т. 5, № 4. С. 8–17. EDN: VPKQJX doi: 10.17816/psaic207
2. Розинов В.М., Морозов Д.А., Румянцев С.А., и др. Межрегиональные центры специализированной хирургической помощи детям России — профиль и дислокация // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2019. Т. 9, № 1. С. 8–16. EDN: PFYXWY doi: 10.30946/2219-4061-2019-9-1-8-16
3. Морозов Д.А. Проблемы законодательного регулирования детской хирургии и хирургии плода в Российской Федерации // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2018. Т. 8, № 2. С. 6–15. EDN: YLLGAP doi: 10.30946/2219-4061-2018-8-2-6-15

## REFERENCES

1. Morozov DA. Status and prospects of research in pediatric surgery. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2015;5(4):8–17. EDN: VPKQJX doi: 10.17816/psaic207
2. Rozinov VM, Morozov DA, Rumyantsev SA, et al. Interregional centers for specialized pediatric surgical aid in Russia – profile and dislocation. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2019;9(1):8–16. EDN: PFYXWY doi: 10.30946/2219-4061-2019-9-1-8-16
3. Morozov DA. Problems of legislative regulation of pediatric surgery and fetal surgery in the Russian Federation. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2018;8(2):6–15. EDN: YLLGAP doi: 10.30946/2219-4061-2018-8-2-6-15
4. Morozov DA, Rozinov VM, Suvorov SG, et al. Business game “High-tech Pediatric Surgery”: Modeling of management

## ОБ АВТОРЕ

**Дмитрий Анатольевич Морозов**, д-р мед. наук, профессор, Главный внештатный детский хирург Минздрава России; адрес: Россия, 125412, Москва, Талдомская ул., д. 2, стр. 1; ORCID: 0000-0002-1940-1395; eLibrary SPIN: 8779-8960; e-mail: damorozov@list.ru

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Источник финансирования.** Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

**Конфликт интересов.** Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## ADDITIONAL INFORMATION

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

**Competing interests.** The author declare that he have no competing interes.

4. Морозов Д.А., Розинов В.М., Суворов С.Г., и др. Деловая игра «Детская хирургия высоких технологий» — моделирование управленческих решений в охране здоровья детей Дальневосточного Федерального округа // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2023. Т. 13, № 4. С. 459–474. EDN: SKWPVC doi: 10.17816/psaic1561
5. Морозов Д.А. Отчет о работе в 2022 г. главного детского хирурга Министерства здравоохранения Российской Федерации // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2023. Т. 13, № 1. С. 5–11. EDN: ZNRLGT doi: 10.17816/psaic1490
6. Морозов Д.А., Карасева О.В., Шарков С.М., и др. Кишечные анастомозы у детей. Опыт детских хирургов России // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2023. Т. 13, № 3. С. 319–328. EDN: YXGFQC doi: 10.17816/psaic1556

decisions in children’s health protection in the Far Eastern Federal District. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2023;13(4):459–474. EDN: SKWPVC doi: 10.17816/psaic1561

5. Morozov DA. Report on the work of the chief pediatric surgeon of the Ministry of Health of the Russian Federation in 2022. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2023;13(1):5–11. EDN: ZNRLGT doi: 10.17816/psaic1490

6. Morozov DA, Karaseva OV, Sharkov SM, et al. Intestinal anastomoses in children: Experience of pediatric surgeons in the Russian Federation. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2023;13(3):319–328. EDN: YXGFQC doi: 10.17816/psaic1556

## AUTHOR INFO

**Dmitry A. Morozov**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor, Chief supernumerary Pediatric Surgeon of the Ministry of Health of Russia; address: 2 Taldomskaya st., Moscow, 125412, ORCID: 0000-0002-1940-1395; eLibrary SPIN: 8779-8960; e-mail: damorozov@list.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1566>

# Антибактериальная активность и биосовместимость аугментов из никелида титана с добавлением наночастиц серебра для костной пластики

С.А. Борисов<sup>1</sup>, И.И. Гордиенко<sup>1</sup>, Н.А. Цап<sup>1</sup>, Г.А. Байгонакова<sup>2</sup>, Е.С. Марченко<sup>2</sup>, В.А. Ларииков<sup>2</sup><sup>1</sup> Уральский государственный медицинский университет, Екатеринбург, Россия;<sup>2</sup> Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Актуальность.** Актуальность исследования обусловлена сохраняющимся числом инфекционных осложнений при аугментации костной ткани у детей и взрослых. В настоящее время одними из самых предпочтительных материалов для использования в костной пластике являются пористые сплавы на основе никелида титана (TiNi). Несмотря на очевидные преимущества пористых никелид-титановых сплавов с точки зрения биохимической и биомеханической совместимости с организмом, продолжают исследования антибактериальной активности сплава с целью противодействия развитию инфекций на границе имплант – биологическая ткань.

**Цель** — экспериментальное исследование биосовместимой антибактериальной поверхности у пористых сплавов никелида титана с добавлением наночастиц серебра.

**Материалы и методы.** Сплавы никелида титана пористостью 62 % были получены методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза из порошков никеля, титана и нанопорошка серебра с концентрацией 0,2 ат.% Ag, 0,5 ат.% Ag и 1,0 ат.% Ag. Эксперимент проводили на 9 половозрелых самках белых лабораторных крыс. Крысы были разделены на 3 группы по 3 особи, всем животным был имплантирован никелид титана с добавками серебра в виде пористых гранул. Первая группа — контрольная, вторая — с содержанием 0,2 ат.% Ag, третья — 0,5 ат.% Ag. Для определения бактерицидной активности использовали стандартный метод инкубации *Staphylococcus epidermidis* в жидком бульоне в присутствии изучаемых образцов с последующим высевом на твердые среды и подсчетом колоний.

**Результаты.** Антибактериальное действие образцов в отношении бактерий *St. epidermidis* постепенно усиливалось с увеличением концентрации серебра. Значимость различий эксперимента и контроля подтверждена критерием Стьюдента ( $p < 0,005$ ), тогда как образец, не содержащий наночастиц серебра, и контроль значимо не различались. Это свидетельствует о том, что данные сплавы обладают биоактивными свойствами за счет содержания наночастиц серебра. Сплав с концентрацией серебра 0,5 ат.% показал наилучшую антибактериальную способность в отношении *St. epidermidis*. При проведении клинической оценки результатов экспериментального исследования отмечалось отсутствие гнойно-воспалительных осложнений у всех животных. На 75-е сутки животным проведена компьютерная томография, на которой отмечена хорошая заполняемость костного дефекта, отсутствие дистрофического эффекта в области контакта кости и мягких тканей с материалом.

**Заключение.** Установлено, что с повышением концентрации наночастиц серебра до 0,5 ат.% увеличивается антибактериальная активность и цитосовместимость имплантата. Клиническая экспериментальная оценка на лабораторных крысах всех групп животных показала, что остеоинтеграция сплавов с 0,5 ат.% Ag начинается сразу после имплантации и завершается раньше на 2 нед. по сравнению с остальными группами. Полученные данные указывают на перспективность дальнейших исследований этого вида аугментов по применению в различных областях травматологии и ортопедии.

**Ключевые слова:** костные аугменты; никелид титана (TiNi); наночастицы серебра; костная пластика; лабораторные животные; эксперимент.

## Как цитировать

Борисов С.А., Гордиенко И.И., Цап Н.А., Байгонакова Г.А., Марченко Е.С., Ларииков В.А. Антибактериальная активность и биосовместимость аугментов из никелида титана с добавлением наночастиц серебра для костной пластики // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 21–31. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1566>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1566>

# Antibacterial activity and biocompatibility of titanium nickelide augments with the addition of silver nanoparticles for bone grafting: an experimental study

Semyon A. Borisov<sup>1</sup>, Ivan I. Gordienko<sup>1</sup>, Natalya A. Tsap<sup>1</sup>,  
Gulsharat A. Baigonakova<sup>2</sup>, Ekaterina S. Marchenko<sup>2</sup>, Victor A. Larikov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia;

<sup>2</sup> National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** The relevance of this study was supported by the increasing number of infectious complications of bone augmentation in children and adults. Currently, porous titanium nickelide alloys are among the most preferred materials used in bone plasty. Despite the observable advantages of porous nickelide titanium alloys in terms of biochemical and biomechanical compatibility with the body, research on the antibacterial activity of alloys is ongoing to counter the development of infections at the implant–biological tissue border.

**AIM:** To perform an experimental study of the biocompatible antibacterial surface in porous titanium nickelide alloys with the addition of silver nanoparticles.

**MATERIALS AND METHODS:** Titanium nickelide alloys with 62% porosity were obtained using the self-propagating high-temperature synthesis method from nickel, titanium, and nanosilver powders at concentrations of 0.2 at.% Ag, 0.5 at.% Ag, and 1.0 at.% Ag, respectively. The experiment was conducted on nine sexually mature female white laboratory rats. They were divided into three groups, with three rats each. All animals were implanted with titanium nickelide along with porous granules of silver additives. The first group was the control, the second received 0.2 at.% silver, and the third received 0.5% silver. The standard method of incubating *Staphylococcus epidermidis* in liquid broth in the presence of the studied images was used to determine bactericidal activity, followed by seeding on solid media and counting colonies.

**RESULTS:** The antibacterial effect of the samples on *S. epidermidis* gradually increased with increasing silver concentration. The significance of the differences between the experiment and control was confirmed by Student's criterion  $p < 0.005$ , whereas the sample without silver nanoparticles and the control do not differ significantly. Thus, these alloys may have bioactive properties because they contain silver nanoparticles. An alloy with a silver concentration of 0.5 at.% Ag showed the best antibacterial activity to *S. epidermidis*. In the clinical evaluation of the results of the experimental study, purulent inflammatory complications were not observed in all animals at all times. On day 75, the animals underwent computed tomography, which showed good occupancy of the bone defect and absence of a dystrophic effect on the area where the bone and soft tissue are in contact with the material.

**CONCLUSIONS:** If the concentration of silver nanoparticles is increased up to 0.5 at.%, the antibacterial activity and cytocompatibility of the implant also increase. Clinical experimental evaluation in all groups of animals showed that osteointegration of alloys with 0.5 at.% Ag begins immediately after implantation and is completed 2 weeks earlier than that in the remaining groups.

**Keywords:** bone augments; titanium nickelide (TiNi); silver nanoparticles; bone grafting; laboratory animals; experiment.

## To cite this article

Borisov SA, Gordienko II, Tsap NA, Baigonakova GA, Marchenko ES, Larikov VA. Antibacterial activity and biocompatibility of titanium nickelide augments with the addition of silver nanoparticles for bone grafting: an experimental study. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):21–31. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1566>

Received: 18.10.2023

Accepted: 16.02.2024

Published: 28.03.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1566>

# 用于骨移植且添加有纳米银粒子的钛镍化物的抗菌活性和生物相容性实验研究

Semyon A. Borisov<sup>1</sup>, Ivan I. Gordienko<sup>1</sup>, Natalya A. Tsap<sup>1</sup>,  
Gulsharat A. Baigonakova<sup>2</sup>, Ekaterina S. Marchenko<sup>2</sup>, Victor A. Larikov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ural State Medical University, Yekaterinburg, Russia;

<sup>2</sup> National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

## 摘要

**现实意义。**本研究之所以具有现实意义,是因为在儿童和成人的骨组织增强手术中,感染性并发症的数量一直居高不下。目前,多孔镍化钛(TiNi)合金是用于骨移植的首选材料之一。尽管多孔镍钛合金在与人体的生物化学和生物力学相容性方面具有明显的优势,但有关该合金抗菌活性的研究仍在继续,以对抗植入物-生物组织界面感染的发生。

本研究旨在通过实验对添加纳米银粒子的多孔钛镍合金的生物相容性抗菌表面进行研究。

**材料与amp;方法。**采用自蔓延高温合成法,利用镍、钛粉末和纳米银粉末(浓度分别为0.2原子%银、0.5原子%银和1.0原子%银)制备了孔隙率为62%的钛镍合金。实验在9只性成熟的雌性白色实验鼠上进行。大鼠被分为3组,每组3只,所有动物都被植入多孔颗粒状的含银添加剂的镍化钛。第一组为对照组,第二组为0.2原子%银,第三组为0.5原子%银。为测定其杀菌活性,采用了标准方法,即在液体肉汤中培养表皮葡萄球菌,同时加入所研究的样品,然后在固体培养基上播种并对菌落进行计数。

**结果。**随着银浓度的增加,样本对表皮葡萄球菌的抗菌效果逐渐增强。实验与对照之间的差异经学生检验( $P < 0.005$ )证实具有显著性,而不含纳米银的样本与对照之间没有显著差异。这表明这些合金因含有纳米银粒子而具有生物活性特性。银浓度为0.5原子%的合金对表皮葡萄球菌的抗菌能力最强。在对实验结果进行临床评估时,发现所有动物均未出现化脓性炎症并发症。第75天,动物接受了计算机断层扫描,结果显示骨缺损填充良好,骨和软组织与材料接触区域无退行性影响。

**结论。**研究发现,当纳米银粒子的浓度增加到0.5原子%时,植入物的抗菌活性和细胞相容性都有所提高。在实验室大鼠身上进行的各组动物临床实验评估表明,含0.5原子%银的合金在植入后立即开始骨整合,与其他组相比,提前2周完成骨整合。所获得的数据表明,在创伤学和矫形外科的各个领域中应用这种类型的增强剂具有进一步研究的前景。

**关键词:** 骨增强剂; 镍化钛(TiNi); 纳米银粒子; 骨移植; 实验动物; 实验。

## 引用本文

Borisov SA, Gordienko II, Tsap NA, Baigonakova GA, Marchenko ES, Larikov VA. 用于骨移植且添加有纳米银粒子的钛镍化物的抗菌活性和生物相容性实验研究. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):21–31. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1566>

收到: 18.10.2023

接受: 16.02.2024

发布日期: 28.03.2024

## АКТУАЛЬНОСТЬ

На современном этапе развития травматологии и ортопедии не решена проблема идеального импланта для замещения костной ткани. Аугменты могут быть востребованы при замещении костных дефектов во время оперативного этапа лечения злокачественных и доброкачественных новообразований костей, импрессионных переломов, а также во время эндопротезирования суставов. Одним из драматичных, хотя, и нечасто манифестирующих осложнений оперативных вмешательств являются гнойно-воспалительные процессы в перифокальной, по отношению к импланту, зоне. Периимплантная инфекция считается одним из наиболее тяжелых осложнений, требующих пристального внимания, больших экономических затрат, продолжительной госпитализации и часто приводящих к стойкой инвалидизации пациентов [1, 2]. Гнойные осложнения снижают долю положительных результатов оперативного лечения до 11 % и могут приводить к летальному исходу. Особенно данный вопрос актуален в детской онкотравматологии и ортопедии, так как дети со злокачественными новообразованиями очень восприимчивы к бактериальным, грибковым и вирусным инфекциям вследствие интенсивной химиотерапии, нарушения в работе иммунной системы, изменений в естественных барьерах организма или наличия центральных венозных катетеров [3]. По данным J. Lake и O. Gordon [4], до 10 % всех педиатрических операций на позвоночнике осложняются периимплантной инфекцией, лечение которой в ранние сроки (до 90 сут) требует удаления имплантов и пролонгированной антибактериальной терапии, что отрицательно сказывается на непосредственных результатах лечения [4].

В настоящее время одними из самых предпочтительных материалов для использования в костной пластике являются пористые сплавы на основе никелида титана (TiNi). Несмотря на то что пористые TiNi-сплавы уже много лет известны, актуальность их использования в области медицинского материаловедения сохраняется благодаря их фундаментальным свойствам, таким как механическая и биологическая совместимость, повышенная износостойкость и коррозионная стойкость в биологической среде, большая обратимая деформация [5–7]. Данные сплавы постоянно претерпевают различные модификации с точки зрения изменения состава, модификации поверхности и воздействия термомеханической обработки [8, 9].

Пористость материала может быть подобрана с целью механического соответствия с тканью и прорастания принимающей (прилегающей) биологической ткани в поры, что способствует формированию и ремоделированию кости. Защитный поверхностный слой, самопроизвольно образующийся на поверхности пористых TiNi-сплавов в процессе получения методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС), повышает его биологическую совместимость и коррозионную стойкость

[10, 11]. Морфология пористо-проницаемой структуры TiNi подобна структуре костных тканей, а прочный и сверхэластичный каркас сохраняют опорную функцию для врастания костной ткани и позволяет длительно выдерживать знакопеременные физиологические нагрузки в организме.

Несмотря на очевидные преимущества пористых TiNi-сплавов с точки зрения биохимической и биомеханической совместимости с организмом, существует еще одно важное направление исследований — это повышение антибактериальной активности с целью противодействия развитию инфекций на границе имплант – биологическая ткань [12–14]. Адгезия бактерий к поверхности биоматериалов является важным этапом в развитии инфекционных осложнений, ведущих к разрушению костной ткани и отторжению импланта.

Среди благородных металлов выделяют серебро (Ag), которое проявляет бактерицидную активность в отношении широкого круга микроорганизмов. Серебро рассматривается во многих различных формах, включая легирование, ионную имплантацию и формирование покрытий на основе металлического Ag [15–18]. За рубежом проводились исследования по механизму действия серебра в виде наночастиц (НЧ-Ag) [12, 19–22].

*Цель* — экспериментальное исследование биосовместимой антибактериальной поверхности у пористых сплавов TiNi с добавлением НЧ-Ag.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Изучение антибактериальных свойств и биосовместимости TiNi-имплантов с добавлением НЧ-Ag проводилось путем неослепленного экспериментального рандомизированного контролируемого исследования, выполняемого на протяжении 20 нед. Техническая часть исследования проведена в лаборатории сверхэластичных биоинтерфейсов Национального исследовательского Томского государственного университета. Сплавы TiNi пористостью 62 % были получены методом СВС в постоянном режиме послыонного горения в атмосфере аргона из порошков никеля марки ПНК ОТ-4, титана марки ПТОМ-2 и нанопорошка серебра со средним размером частиц 8 нм с концентрацией 0,2 ат.%, 0,5 ат.% и 1,0 ат.%.

Для определения бактерицидной активности был использован стандартный метод инкубации бактерий в жидком бульоне в присутствии изучаемых образцов с последующим высевом на твердые среды и подсчетом колоний. Суточная культура *Staphylococcus epidermidis* была приготовлена путем переноса 10 мкл чистой культуры микроорганизмов со скошенного агара в питательный бульон (400 мл) с последующей инкубацией 24 ч при температуре 25 °С. Спустя сутки был произведен посев 50 мкл суточной культуры на твердую питательную среду для определения численности микроорганизмов в 1 мл культуры. Опытные образцы сплавов СВС TiNi инкубировали на питательном

бульоне, содержащем микробную взвесь *S. epidermidis* в течение 72 ч при 25 °С. По 100 мкл цельной взвеси микроорганизмов, в разведении 10<sup>-6</sup> высевали на чашки с плотной питательной средой с последующей инкубацией 72 ч при 25 °С и подсчетом колониеобразующих единиц (КОЕ). В контроле к бульону добавляли 100 мкл 0,9 % раствора натрия хлорида. Эксперимент проводили в трех технических повторностях.

Для статистической обработки использовали программу Microsoft Office Excel 2013. Принимая во внимание тот факт, что в расчет брали средние значения двух генеральных совокупностей, значимость различий между значениями в группах оценивали с помощью критерия Стьюдента (*t*-тест).

Для исследования цитосовместимости были использованы образцы TiNi в виде пористых пластин размерами 2 × 10 × 10 мм с концентрацией наночастиц 0,2 ат.% Ag, 0,5 ат.% Ag. Перед исследованием образцы стерилизовали при 180 °С 60 мин в сухожаровом шкафу.

При исследовании цитосовместимости применяли стандартную линию клеток 3Т3 — эмбриональные фибробласты. Клетки 3Т3 культивировали в CO<sub>2</sub>-инкубаторе в течение 72 ч в стандартных условиях при температуре 37 °С, 5 % CO<sub>2</sub> и увлажненной атмосфере. Полная питательная среда состояла из DMEM/F12 (НПП «ПанЭко», Россия) с добавлением 10 % фетальной бычьей сыворотки (НПП «ПанЭко», Россия), 40 мкг/мл гентамицина и 250 мг/л глутамина.

Для визуализации клеток использовали сканирующий электронный микроскоп TermoFisheT Axia (США). Образцы промывали фосфатно-солевым буфером (PBS) и фиксировали 2,5 % раствором глутарового альдегида в течение 1 ч. Затем его трижды промывали PBS в течение 15 мин и фиксировали в 1 % растворе четырехоксида осмия (Sigma) в течение 1 ч и еще раз трижды промывали PBS в течение 15 мин. Затем обезвоживали последовательным изменением концентрации этанола (30, 50, 70, 90 и 100 %) в течение 15 мин в каждом растворе. Образцы высушивали. Оценивали плотность клеток в образце, а также количество живых, мертвых и апоптотических клеток в поле зрения (масштаб 100 мкм).

Экспериментальное исследование проведено на базе вивария Уральского государственного медицинского университета (УГМУ) в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» и принципами, изложенными в конвенции по защите позвоночных животных, используемых для эксперимента и других целей (Страсбург, Франция, 1986). Экспериментальные исследования, направленные на изучение инновационного сплава TiNi одобрены локальным этическим комитетом УГМУ, выписка из протокола № 6 от 17.06.2022. Все животные содержались в соответствии с санитарными требованиями № 1045-73 от 06.04.1973.

Эксперимент проводили на 9 половозрелых самках белых лабораторных крыс, весом 400–600 г. Крысы

были разделены на 3 группы по 3 особи, всем животным был имплантирован TiNi с добавками серебра в виде пористых гранул. Гранулы были получены механической дезинтеграцией пористых слитков. Первая группа была контрольная, вторая — с содержанием 0,2 ат.% Ag, третья — с 0,5 ат.% Ag. На 75-е сутки после имплантации животным проводили компьютерную томографию (КТ) для анализа интегративных свойств. Оценивали плотность трабекулярной и кортикальной кости в периимплантной зоне, а также наличие деструктивных изменений в кости и мягких тканях, контактирующих с имплантом.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### Антибактериальные свойства и исследование цитосовместимости

*St. epidermidis* был выбран в качестве бактерии в антимикробном эксперименте. Показатели антибактериальной активности образцов с разным содержанием серебра представлены на рис. 1. Антибактериальное действие образцов в отношении бактерий *St. epidermidis* постепенно увеличивались с увеличением концентрации серебра. Так, количество КОЕ в группе TiNi составило 150, при добавлении НЧ-Ag 0,2 ат.% — 125, а при увеличении концентрации (НЧ-Ag) до 0,5 ат.%, количество КОЕ уменьшилось до 108. Значимость различий эксперимента и контроля подтверждена критерием Стьюдента ( $p < 0,005$ ), тогда как образец, не содержащий НЧ-Ag, и контроль значимо не различаются. Таким образом, можно говорить о том, что данные сплавы обладают биоактивными свойствами за счет содержания НЧ-Ag. Сплав с концентрацией серебра 0,5 ат.% Ag показал наилучшую антибактериальную способность в отношении *St. epidermidis*.

Было проведено исследование цитосовместимости пористых образцов TiNi, с разным содержанием серебра

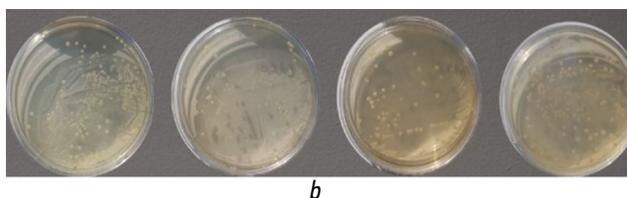
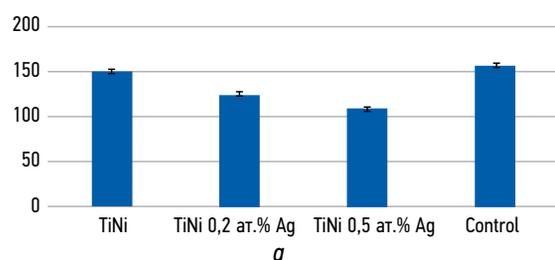
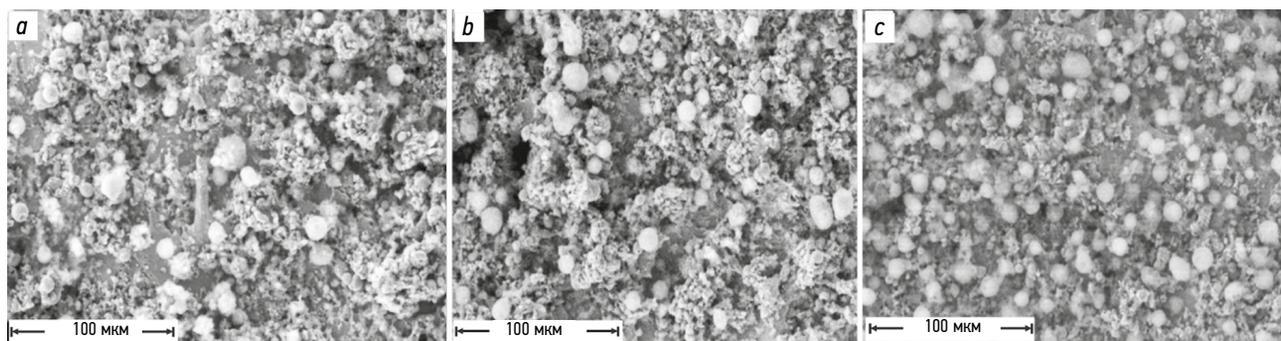


Рис. 1. Антибактериальная активность в отношении *St. epidermidis*: *a* — по вертикали значение, выраженное в КОЕ; *b* — примеры высевов на твердый агар  
Fig. 1. Antibacterial activity against *S. epidermidis*: *a*, vertical value expressed in CFU; *b*, examples of inoculations on solid agar



**Рис. 2.** Растровое изображение поверхности после культивирования образцов пористых сплавов для: *a* — TiNi; *b* — TiNi 0,2 ат.% Ag; *c* — TiNi 0,5 ат.% Ag

**Fig. 2.** Raster image of the surface after cultivation of samples of porous alloys: *a* — TiNi; *b* — TiNi + 0.2 at.% Ag; *c* — TiNi + 0.5 at.% Ag

с визуализацией клеток на растровом электронном микроскопе. Наблюдается разная плотность клеточных культур на поверхности исследуемых сплавов (рис. 2). Следует отметить, что добавка 0,5 ат.% Ag приводит к уменьшению количества клеток на поверхности пористого сплава TiNi, в то время как большее количество клеток обнаружено на сплаве с 0,2 ат.% Ag.

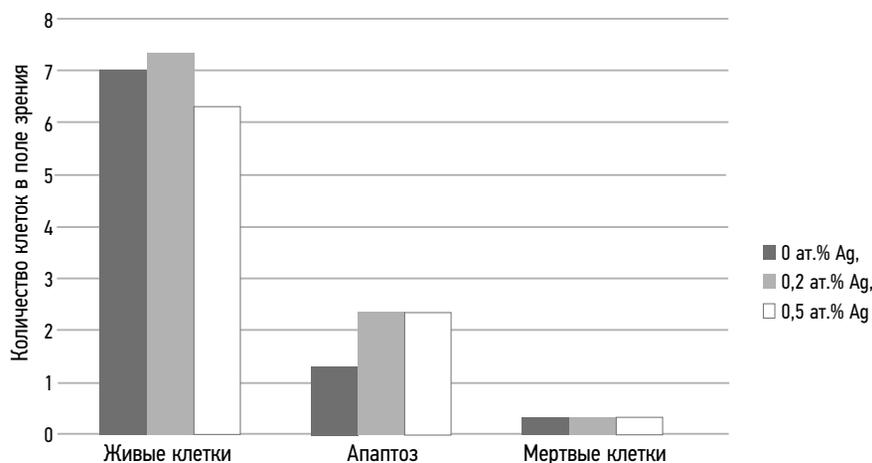
Согласно данным эксперимента количество живых клеток значительно отличается в образцах и в контроле (рис. 3). Количество клеток, вошедших в апоптоз, не отличается значительно в образцах, но значительно отлично от контроля. Мертвых клеток равное количество во всех группах. Во всех трех группах живых клеток значительно больше, чем мертвых и апоптоических ( $p = 0,05$ ).

Таким образом, все три сплава являются цитосовместимыми, содержание Ag увеличивает количество клеток в апоптозе, однако мертвых клеток во всех образцах одинаково низкое количество, что может говорить об умеренном цитотоксическом действии. Тем не менее анализ монослоя и морфологии клеток показал, что поверхность сплава покрывается плотным монослоем, пористый материал позволяет клеткам развить внеклеточный матрикс в отличие от условий на плоской поверхности,

что повторяет условия роста в клеточном окружении в тканях организма. Клетки имеют неправильную форму, разветвленные подии и погружены в межклеточный матрикс, вакуолизованные структуры характерны для клеток, вступивших в апоптоз, остальные имеют нормальную морфологию. При анализе цитосовместимости все сплавы сохраняли хорошую биосовместимость и не обнаруживали клеточной токсичности в отношении клеток ЗТЗ — эмбриональных фибробластов.

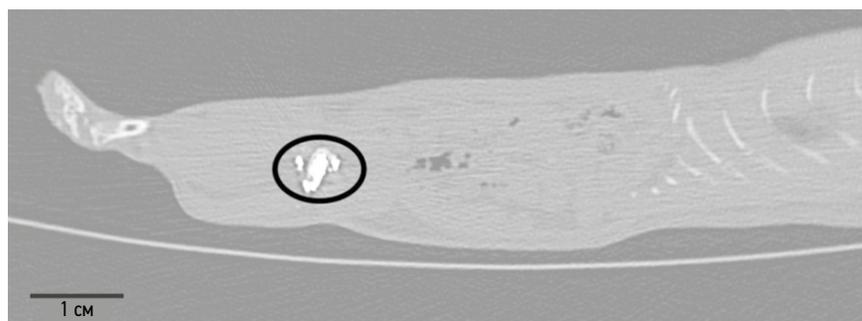
### Экспериментальное исследование на лабораторных животных

Хирургическое лечение лабораторных крыс проводили в стерильных условиях под общей анестезией. Проведение наркоза осуществляли путем внутримышечной инъекции тилетамина гидрохлорида 250 мг и золазепама гидрохлорида 250 мг из расчета 10 мг/кг массы. После подготовки операционного поля, удаления шерсти и обработки растворами антисептика, производили операционный доступ путем разреза кожи до 2 см по наружной поверхности правого бедра. Тупым и острым путем была выделена бедренная кость, и при помощи гравера



**Рис. 3.** Количественный анализ жизнеспособности клеток на поверхности образцов пористых сплавов TiNi

**Fig. 3.** Quantitative analysis of cell viability on the surface of samples of porous TiNi alloys



**Рис. 4.** Компьютерная томография, сагиттальный срез лабораторной крысы. Выделен материал, установленный в костномозговой канал бедренной кости, 75-е сутки от момента имплантации

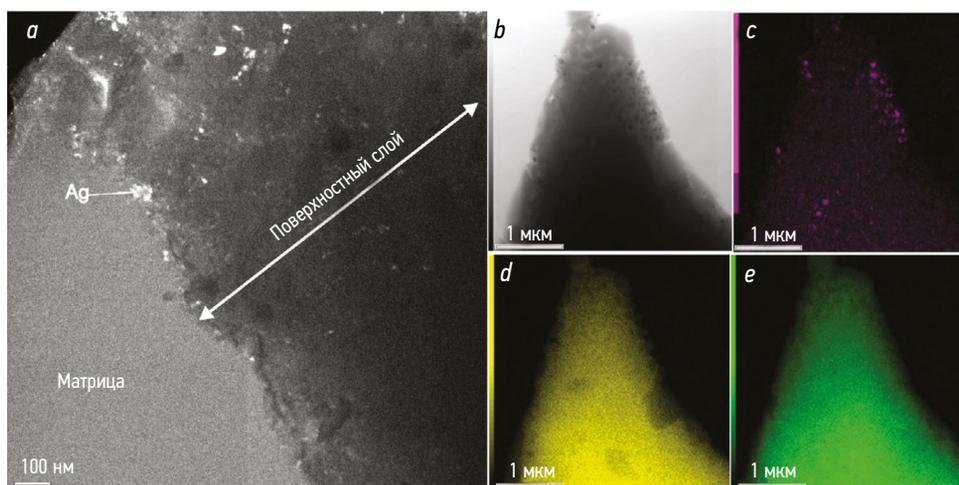
**Fig. 4.** Computed tomography. Sagittal scan of a laboratory rat. Selected material installed in the medullary canal of the femur 75 days from implantation

со стерильным булавовидным наконечником выполнено тrefинационное отверстие в проксимальной метадиафизарной области бедренной кости размерами 0,3 × 0,3 см. На данном этапе получена модель полостного образования трубчатой кости. Далее при помощи ложки Фолькмана имплантировали мелкодисперсный порошок TiNi в образованную костную полость в зависимости от группы. Материал плотно утрамбовали в кости, однако часть материала попала в мягкие ткани около кости, что является допустимым. Завершали операцию послойными швами раны и обработкой бриллиантовой зеленью области основного доступа. Послеоперационный период протекал без особенностей, для обезболивания применяли кетопрофен 2,5 % из расчета 2,5 мг/кг массы. При использовании сплавов с концентрацией 0,5 ат.% Ag процесс заживления протекал быстрее. На 75-е сутки все животные были выведены из эксперимента путем передозировки наркотического препарата с последующим забором бедренных костей для дальнейшего гистологического исследования границы кость – имплант и электронной микроскопии.



**Рис. 5.** Компьютерная томография, 3D-изображение лабораторной крысы. Выделено место имплантации в кость и окружающие мягкие ткани. 75-е сутки после имплантации

**Fig. 5.** Computed tomography. Three-dimensional image of a laboratory rat. The implantation site in the bone and surrounding soft tissues is highlighted; image was taken 75 days after implantation



**Рис. 6.** Распределение Ag в образце TiNi + 0,5 ат.% Ag: *a* — просвечивающая электронная микроскопия и электронная микродифракция Ag; *b–e* — STEM-EDS-элементное картирование\*. \*STEM (Scanning transmission electron microscopy) — сканирующая трансмиссионная электронная микроскопия; EDS (Energy dispersive spectroscopy) — энергодисперсионная спектроскопия

**Fig. 6.** Distribution of silver in a TiNi + 0.5 at.% Ag sample: *a* — TEM image and electron microdiffraction pattern of Ag; *b–e* — STEM-EDS elemental mapping\*. \*STEM — Scanning transmission electron microscopy; EDS — Energy dispersive spectroscopy

При проведении клинической оценки гнойно-воспалительных осложнений у животных на всех сроках эксперимента не отмечалось. Перед выведением животных при клиническом осмотре отсутствовали признаки воспаления в зоне имплантации материала, пальпация безболезненная, местная температура не повышена, передвижение животных в клетке не затруднено.

На 75-е сутки животным проведена КТ, на которой отмечена хорошая заполняемость костного дефекта, отсутствие дистрофического процесса в области контакта кости и мягких тканей с материалом (рис. 4, 5). Плотность периимплантной трабекулярной и кортикальной кости в единицах Хаундсфилда, не отличались в группах с добавлением НЧ-Аг и без таковых.

Для понимания механизмов антибактериальной активности, улучшенной цитосовместимости и приживаемости были проведены электронно-микроскопические исследования поверхности пористых сплавов с 0,5 ат.% Аг (рис. 6).

По результатам просвечивающей электронной микроскопии образцов TiNi с 0,5 ат.% Аг в геометрии cross-section серебро обнаружено в виде наночастиц размером до 10 нм в равномерно распределенных по всему поверхностному слою  $Ti_4Ni_2O$  (рис. 6). Наличие НЧ-Аг и обеспечило антибактериальный эффект за счет стандартного механизма, описанного в ряде работ по выходу ионов чистого серебра с поверхности в прилежащие жидкости.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Для образования губчатой ткани в нашем исследовании было необходимо от 4 до 12 нед., что соответствует данным литературы [7]. При этом наличие послеоперационных инфекционных осложнений не позволяет новообразованной костной ткани своевременно заполнять образовавшиеся пространства и увеличивает срок реабилитации [3]. В нашем исследовании КТ-контроль всех групп животных показал, что остеоинтеграция сплавов с 0,5 ат.% Аг, как сплавом с наиболее выраженным бактерицидным эффектом, начинается сразу после имплантации и завершается раньше на 2 нед. по сравнению с контрольной группой.

В экспериментальных работах [23–25] композитные поверхностные пленки TiNi, легированные серебром (3–10 ат.%), повышают механическую прочность, биосовместимость и коррозионную стойкость имплантов. Однако при концентрации серебра более 5 ат.% антибактериальные свойства сплава ухудшаются. Поэтому особый интерес представляет легирование более низкой концентрацией серебра. Антибактериальную активность покрытия на подложке TiNi исследовали в диапазоне 0,2–0,4 вес.% Аг [26]. Покрытие содержащее  $\geq 0,3$  вес.% Аг показало отличную антибактериальную активность. При концентрации 0,2 вес.% Аг антибактериальный эффект проявлялся слабо. Помимо концентрации важен также и размер частиц серебра.

Оптимальные характеристики антибактериальной активности, биосовместимости и коррозионной стойкости достигнуты для размера частиц серебра 20–30 нм [27]. НЧ-Аг индуцируют сильную бактерицидную активность против проблемных патогенов в остеокластах человека. Важно учитывать, чтобы НЧ-Аг в антибактериальных концентрациях не допустили цитотоксического эффекта на клетки [28]. Было продемонстрировано, что НЧ-Аг обеспечивают высокую противомикробную эффективность при низкой цитотоксичности и вызывают клеточный стресс при более высоких концентрациях [29]. По этой причине должен быть баланс между антибактериальными свойствами и возможными рисками для клетки.

Наноструктурное серебро и равномерное распределение обеспечивают однородный антибактериальный эффект, с одной стороны, за счет низкой растворимости серебра в TiNi, а с другой — поверхностный слой  $Ti_4Ni_2O$  на пористых сплавах TiNi, полученных методом СВС является очень активным, он как геттер адсорбирует на себе легкие примеси. Поэтому, как отмечено в ряде работ, механизм действия серебра на микробную клетку достигается поглощением клеточной оболочкой микроба ионов серебра, в результате чего его клетка остается жизнеспособной, но при этом нарушается деление и достигается бактериостатический эффект [11, 12, 22–24]. Полученные данные хорошо согласуются с результатами цитотоксичности и данными других авторов. В современной литературе сообщается об антибактериальных и противовирусных эффектах наночастиц и различных соединений серебра. Токсикологические исследования данного материала в мировой литературе показали безопасность малых концентраций НЧ-Аг для человека и окружающей среды [15–20].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, биосовместимость и антибактериальный эффект поверхности у пористых сплавов TiNi с НЧ-Аг подтверждена экспериментально в условиях *in vitro* и *in vivo*. Установлено, что с увеличением концентрации НЧ-Аг до 0,5 ат.% увеличивается антибактериальная активность. Пористый TiNi-сплав с 0,5 ат.% Аг оказался наиболее антибактериально эффективным и цитосовместимым. Клиническая экспериментальная оценка на лабораторных крысах всех групп показала, что остеоинтеграция сплавов с 0,5 ат.% Аг начинается сразу после имплантации и завершается раньше на 2 нед. по сравнению с остальными группами. Обнаруженный положительный эффект связан с равномерной кристаллизацией частицы серебра в нанокристаллическом состоянии в поверхностном слое  $Ti_4Ni_2O$ . Полученные данные указывают на перспективность дальнейших исследований этого вида аугментов по применению в различных областях травматологии и ортопедии.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Конфликт интересов.** Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с проведенным исследованием и публикацией настоящей статьи. Личный вклад каждого автора: И.И. Гордиенко — разработка дизайна исследования, проведение оперативных вмешательств на лабораторных животных; С.А. Борисов — проведение оперативных вмешательств на лабораторных животных, оценка морфологических результатов, обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, анализ КТ-сканов, написание текста и редактирование статьи; Г.А. Байгонакова — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, статистическая обработка данных, подготовка и написание текста статьи; Е.С. Марченко — разработка дизайна исследования, изготовление TiNi-имплантов, сбор и анализ литературных источников, подготовка и написание текста статьи; В.А. Лариков — изготовление TiNi-имплантов, нанесение антибактериального покрытия, сбор и анализ литературных источников, статистическая обработка данных; Н.А. Цап — научный консультант исследования, редактирование текста статьи.

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

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

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors' contribution.** 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. Personal contribution of each author: I.I. Gordienko — study design development, laboratory animal surgery; S.A. Borisov — carrying out surgical interventions on laboratory animals, assessment of morphological results, literature review, literature collection and analysis, CT scan analysis, text writing and article editing; G.A. Baigonakova — literature review, collection and analysis of literary sources, statistical data processing, preparation and writing of the text of the article; E.S. Marchenko — development of the study design, manufacture of nickel-titanium implants, collection and analysis of literary sources, preparation and writing of the text of the article; V.A. Larikov — manufacture of nickel-titanium implants, application of an antibacterial coating, collection and analysis of literary sources, statistical data processing; N.A. Tsap — scientific consultant to the study, editing the text of the article.

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

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bozic K.J., Ries M.D. The impact of infection after total hip arthroplasty on hospital and surgeon resource utilization // *J Bone Joint Surg Am.* 2005. Vol. 87, N. 8. P. 1746–1751. doi: 10.2106/JBJS.D.02937
2. Хон В.Э., Загородний Н.В., Комлев В.С., и др. Влияние степени замещения кальция серебром в трикальцийфосфате на его биологические свойства *in vitro* // *Вестник травматологии и ортопедии им. Н.Н. Приорова.* 2013. Т. 20, № 4. С. 23–28. EDN: RTKACB
3. Czyzewski K., Galazka P., Zalas-Wieczek P., et al. Infectious complications in children with malignant bone tumors: a multicenter nationwide study // *Infect Drug Resist.* 2019. Vol. 30, N. 12. P. 1471–1480. doi: 10.2147/IDR.S199657
4. Lake J., Gordon O. Implant-associated spinal infections in children: how can we improvediagnosis and management? // *Infect Dis Clin North Am.* 2022. Vol. 36, N. 1. P. 101–123. doi: 10.1016/j.idc.2021.11.005
5. Yashchuk Yu.F., Gyunter S.V., Marchenko E.S., Iuzhakov M.M. Biocompatibility of porous SHS-TiNi // *Mater Sci Forum.* 2019. Vol. 970, N. 12. P. 320–327. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.970.320
6. Topolnitskiy E., Chekalkin T., Marchenko E., et al. Evaluation of clinical performance of TiNi-based implants used in chest wall repair after resection for malignant tumors // *J Funct Biomater.* 2021. Vol. 12, N. 4. P. 60–71. doi: 10.3390/jfb12040060
7. Sevilla P., Aparicio C., Planell J.A., Gil F.J. Comparison of the mechanical properties between tantalum and nickel-titanium foams implant materials for bone ingrowth applications // *J Alloys Compd.* 2007. Vol. 439, N. 1-2. P. 67–73. doi: 10.1016/j.jallcom.2006.08.069
8. Hornbogen E. Microstructure and thermo-mechanical properties of NiTi shape memory alloys // *Mater Sci Forum.* 2004. Vol. 455, N. 2. P. 335–341. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.455-456.335
9. Marchenko E.S., Luchsheva V., Baigonakova G.A., et al. Functionalization of the surface of porous nickel-titanium alloy with macrocyclic compounds // *Materials.* 2022. Vol. 16, N. 1. P. 66–78. doi: 10.3390/ma16010066
10. Marchenko E.S., Baigonakova G.A., Yashchuk Y.F., et al. Structure, biocompatibility and corrosion resistance of the ceramic-metal surface of porous nitinol // *Ceram Int.* 2022. Vol. 48, N. 22. P. 33514–33523. doi: 10.1016/j.ceramint.2022.07.296
11. Oh K.-T., Joo U.-H., Park G.-H., et al. Effect of silver addition on the properties of nickel-titanium alloys for dental application // *J Biomed Mater.* 2006. Vol. 76B, N. 12. P. 306–314. doi: 10.1002/jbm.b.30369
12. Zhao L., Chu P.K., Zhang Y., Wu Z. Antibacterial coatings on titanium implants // *J Biomed Mater Res.* 2009. Vol. 91, N. 1. P. 470–480. doi: 10.1002/jbm.b.31463
13. Chouirfa H., Bouloussa H., Migonney V., Falentin-Daudré C. Review of titanium surface modification techniques and coatings for antibacterial applications // *Acta biomaterialia.* 2019. Vol. 83, N. 1. P. 37–54. doi: 10.1016/j.actbio.2018.10.036
14. Ferraris S., Spriano S. Antibacterial titanium surfaces for medical implants // *Mater Sci Eng.* 2016. Vol. 61, N. 2. P. 965–978. doi: 10.1016/j.msec.2015.12.062
15. Schmidt-Braekling T., Streitbuenger A., Gosheger G., et al. Silver-coated megaprotheses: review of the literature //

Eur J Orthop Surg Traumatol. 2017. Vol. 27, N. 4. P. 483–489. doi: 10.1007/s00590-017-1933-9

16. Liu X., Gan K., Liu H., et al. Antibacterial properties of nano-silver coated PEEK prepared through magnetron sputtering // *Dent Mater.* 2017. Vol. 33, N. 9. P. 348–360. doi: 10.1016/j.dental.2017.06.014

17. Kim J.S., Kuk E., Yu K.N., et al. Antimicrobial effects of silver nanoparticles // *Nanomedicine, nanotechnology, biology, and medicine.* 2007. Vol. 3, N. 1. P. 95–101. doi: 10.1016/j.nano.2006.12.001

18. Aurore V., Caldana F., Blanchard M., et al. Silver-nanoparticles increase bactericidal activity and radical oxygen responses against bacterial pathogens in human osteoclasts // *Nanomedicine.* 2018. Vol. 14, N. 2. P. 601–607. doi: 10.1016/j.nano.2017.11.006

19. Praba V.L., Kathirvel M., Vallayachari K., et al. Bactericidal effect of silver nanoparticles against mycobacterium tuberculosis // *J Bionanosci.* 2013. Vol. 7, N. 3. P. 282–287. doi: 10.1166/jbns.2013.1138

20. Van Dong P., Ha C.H., Binh L.T., et al. Chemical synthesis and antibacterial activity of novel-shaped silver nanoparticles // *Int Nano Lett.* 2012. Vol. 2, N. 2. P. 9–18. doi: 10.1186/2228-5326-2-9

21. Thangavel E., Dhandapani V.S., Dharmalingam K., et al. RF magnetron sputtering mediated NiTi/Ag coating on Ti-alloy substrate with enhanced biocompatibility and durability // *Mater Sci Eng.* 2019. Vol. 99, N. 4. P. 304–314. doi: 10.1016/j.msec.2019.01.099

22. Martinez-Gutierrez F., Olive P.L., Banuelos A., et al. Synthesis, characterization, and evaluation of antimicrobial and cytotoxic effect of silver and titanium nanoparticles // *Nanomedicine: nanotechnology, biology, and medicine.* 2010. Vol. 6, N. 5. P. 681–688. doi: 10.1016/j.nano.2010.02.001

23. Albers C.E., Hofstetter W., Siebenrock K.A., et al. *In vitro* cytotoxicity of silver nanoparticles on osteoblasts and osteoclasts at antibacterial concentrations // *Nanotoxicology.* 2013. Vol. 7, N. 1. P. 30–36. doi: 10.3109/17435390.2011.626538

24. Marchenko E.S., Baigonakova G.A., Kokorev O.V., et al. Phase equilibrium, structure, mechanical and biocompatible properties of TiNi-based alloy with silver // *Mater. Res. Express.* 2019. Vol. 6, N. 6. P. 1–11. doi: 10.1088/2053-1591/ab0edd

25. Pauksch L., Rohnke M., Schnettler R., Lips K.S. Silver nanoparticles do not alter human osteoclastogenesis but induce cellular uptake // *Toxicol Rep.* 2014. Vol. 1, N. 1. P. 900–908. doi: 10.1016/j.toxrep.2014.10.012

26. Goodman S.B., Yao Z., Keeney M., Yang F. The future of biologic coatings for orthopaedic implants // *Biomaterials.* 2013. Vol. 34, N. 13. P. 3174–3183. doi: 10.1016/j.biomaterials.2013.01.074

27. Marchenko E., Baigonakova G., Larikov V., et al. Structure and mechanical properties of porous TiNi alloys with Ag nanoparticles // *Coatings.* 2023. Vol. 13, N. 1. P. 24–37. doi: 10.3390/coatings13010024

28. Boudreau M.D., Imam M.S., Paredes A.M., et al. Differential effects of silver nanoparticles and silver ions on tissue accumulation, distribution, and toxicity in the sprague dawley rat following daily oral gavage administration for 13 weeks // *Toxicol Sci.* 2016. Vol. 150, N. 1. P. 131–160. doi: 10.1093/toxsci/kfv318

29. Guo H., Zhang J., Boudreau M., et al. Intravenous administration of silver nanoparticles causes organ toxicity through intracellular ROS-related loss of inter-endothelial junction // *Part Fibre Toxicol.* 2016. Vol. 13, N. 3. P. 21–33. doi: 10.1186/s12989-016-0133-9

## REFERENCES

1. Bozic KJ, Ries MD. The impact of infection after total hip arthroplasty on hospital and surgeon resource utilization. *J Bone Joint Surg Am.* 2005;87(8):1746–1751. doi: 10.2106/JBJS.D.02937

2. Khon VE, Zagorodniy NV, Komlev VS, et al. Influence of the degree of calcium substitution by argentum in tricalcium phosphate on its biological properties *in vitro.* *N.N. Priorov journal of traumatology and orthopedics.* 2013;20(4):23–28. EDN: RTKACB

3. Czyzewski K, Galazka P, Zalas-Wiecek P, et al. Infectious complications in children with malignant bone tumors: a multicenter nationwide study. *Infect Drug Resist.* 2019;30(12):1471–1480. doi: 10.2147/IDR.S199657

4. Lake J, Gordon O. Implant-associated spinal infections in children: how can we improve diagnosis and management? *Infect Dis Clin North Am.* 2022;36(1):101–123. doi: 10.1016/j.idc.2021.11.005

5. Yashchuk YuF, Gyunter SV, Marchenko ES, Iuzhakov MM. Biocompatibility of porous SHS-TiNi. *Mater Sci Forum.* 2019;970(12):320–327. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.970.320

6. Topolnitskiy E, Chekalkin T, Marchenko E, et al. Evaluation of clinical performance of TiNi-based implants used in chest wall repair after resection for malignant tumors. *J Funct Biomater.* 2021;12(4):60–71. doi: 10.3390/jfb12040060

7. Sevilla P, Aparicio C, Planell JA, Gil FJ. Comparison of the mechanical properties between tantalum and nickel-titanium foams implant materials for bone ingrowth applications. *J Alloys Compd.* 2007;439(1-2):67–73. doi: 10.1016/j.jallcom.2006.08.069

8. Hornbogen E. Microstructure and thermo-mechanical properties of NiTi shape memory alloys. *Mater Sci Forum.* 2004;455(2):335–341. doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.455-456.335

9. Marchenko ES, Luchsheva V, Baigonakova GA, et al. Functionalization of the surface of porous nickel-titanium alloy with macrocyclic compounds. *Materials.* 2022;16(1):66–78. doi: 10.3390/ma16010066

10. Marchenko ES, Baigonakova GA, Yashchuk YF, et al. Structure, biocompatibility and corrosion resistance of the ceramic-metal surface of porous nitinol. *Ceram Int.* 2022;48(22):33514–33523. doi: 10.1016/j.ceramint.2022.07.296

11. Oh K-T, Joo U-H, Park G-H, et al. Effect of silver addition on the properties of nickel-titanium alloys for dental application. *J Biomed Mater.* 2006;76B(12):306–314. doi: 10.1002/jbm.b.30369

12. Zhao L, Chu PK, Zhang Y, Wu Z. Antibacterial coatings on titanium implants. *J Biomed Mater Res.* 2009;91(1):470–480. doi: 10.1002/jbm.b.31463

13. Chouirfa H, Bouloussa H, Migonney V, Falentin-Daudré C. Review of titanium surface modification techniques and coatings for antibacterial applications. *Acta biomaterialia.* 2019;83(1):37–54. doi: 10.1016/j.actbio.2018.10.036

14. Ferraris S, Spriano S. Antibacterial titanium surfaces for medical implants. *Mater Sci Eng.* 2016;61(2):965–978. doi: 10.1016/j.msec.2015.12.062

15. Schmidt-Braekling T, Streitbuenger A, Gosheger G, et al. Silver-coated megaprotheses: review of the literature. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2017;27(4):483–489. doi: 10.1007/s00590-017-1933-9

16. Liu X, Gan K, Liu H, et al. Antibacterial properties of nano-silver coated PEEK prepared through magnetron sputtering. *Dent Mater.* 2017;33(9):348–360. doi: 10.1016/j.dental.2017.06.014
17. Kim JS, Kuk E, Yu KN, et al. Antimicrobial effects of silver nanoparticles. *Nanomedicine, nanotechnology, biology, and medicine.* 2007;3(1):95–101. doi: 10.1016/j.nano.2006.12.001
18. Aurore V, Caldana F, Blanchard M, et al. Silver-nanoparticles increase bactericidal activity and radical oxygen responses against bacterial pathogens in human osteoclasts. *Nanomedicine.* 2018;14(2):601–607. doi: 10.1016/j.nano.2017.11.006
19. Praba VL, Kathirvel M, Vallayachari K, et al. Bactericidal effect of silver nanoparticles against mycobacterium tuberculosis. *J Bionanosci.* 2013;7(3):282–287. doi: 10.1166/jbns.2013.1138
20. Van Dong P, Ha CH, Binh LT, et al. Chemical synthesis and antibacterial activity of novel-shaped silver nanoparticles. *Int Nano Lett.* 2012;2(2):9–18. doi: 10.1186/2228-5326-2-9
21. Thangavel E, Dhandapani VS, Dharmalingam K, et al. RF magnetron sputtering mediated NiTi/Ag coating on Ti-alloy substrate with enhanced biocompatibility and durability. *Mater Sci Eng.* 2019;99(4):304–314. doi: 10.1016/j.msec.2019.01.099
22. Martinez-Gutierrez F, Olive PL, Banuelos A, et al. Synthesis, characterization, and evaluation of antimicrobial and cytotoxic effect of silver and titanium nanoparticles. *Nanomedicine: nanotechnology, biology, and medicine.* 2010;6(5):681–688. doi: 10.1016/j.nano.2010.02.001
23. Albers CE, Hofstetter W, Siebenrock KA, et al. *In vitro* cytotoxicity of silver nanoparticles on osteoblasts and osteoclasts at antibacterial concentrations. *Nanotoxicology.* 2013;7(1):30–36. doi: 10.3109/17435390.2011.626538
24. Marchenko ES, Baigonakova GA, Kokorev OV, et al. Phase equilibrium, structure, mechanical and biocompatible properties of TiNi-based alloy with silver. *Mater. Res. Express.* 2019;6(6):1–11. doi: 10.1088/2053-1591/ab0edd
25. Pauusch L, Rohnke M, Schnettler R, Lips KS. Silver nanoparticles do not alter human osteoclastogenesis but induce cellular uptake. *Toxicol Rep.* 2014;1(1):900–908. doi: 10.1016/j.toxrep.2014.10.012
26. Goodman SB, Yao Z, Keeney M, Yang F. The future of biologic coatings for orthopaedic implants. *Biomaterials.* 2013;34(13):3174–3183. doi: 10.1016/j.biomaterials.2013.01.074
27. Marchenko E, Baigonakova G, Larikov V, et al. Structure and mechanical properties of porous TiNi alloys with Ag nanoparticles. *Coatings.* 2023;13(1):24–37. doi: 10.3390/coatings13010024
28. Boudreau MD, Imam MS, Paredes AM, et al. Differential effects of silver nanoparticles and silver ions on tissue accumulation, distribution, and toxicity in the sprague dawley rat following daily oral gavage administration for 13 weeks. *Toxicol Sci.* 2016;150(1):131–160. doi: 10.1093/toxsci/kfv318
29. Guo H, Zhang J, Boudreau M, et al. Intravenous administration of silver nanoparticles causes organ toxicity through intracellular ROS-related loss of inter-endothelial junction. *Part Fibre Toxicol.* 2016;13(3):21–33. doi: 10.1186/s12989-016-0133-99

## ОБ АВТОРАХ

**Семён Александрович Борисов**; ORCID: 0000-0002-1783-3776; eLibrary SPIN: 5782-1443; e-mail: drborissovs@gmail.com

\***Иван Иванович Гордиенко**, канд. мед. наук, доцент; адрес: Россия, 620028, Екатеринбург, ул. Репина, д. 3; ORCID: 0000-0003-3157-4579; eLibrary SPIN: 5368-0964; e-mail: ivan-gordienko@mail.ru

**Наталья Александровна Цап**, д-р мед. наук, профессор; ORCID: 0000-0001-9050-3629; eLibrary SPIN: 7466-8731; e-mail: tsapna-ekat@rambler.ru

**Гульшарат Аманболдыновна Байгонакова**, канд. мед. наук; ORCID: 0000-0001-9853-2766; eLibrary SPIN: 1192-6016; e-mail: gat27@mail.ru

**Екатерина Сергеевна Марченко**, д-р физ.-мат. наук; ORCID: 0000-0003-4615-5270; eLibrary SPIN: 7116-2901; e-mail: 89138641814@mail.ru

**Виктор Андреевич Лариков**; ORCID: 0009-0002-3365-5997; e-mail: calibra1995@gmail.com

## AUTHORS INFO

**Semyon A. Borisov**; ORCID: 0000-0002-1783-3776; eLibrary SPIN: 5782-1443; e-mail: drborissovs@gmail.com

\***Ivan I. Gordienko**, MD, Cand. Sci. (Medicine); address: 3 Repina st., Ekaterinburg, 620028, Russia; ORCID: 0000-0003-3157-4579; eLibrary SPIN: 5368-0964; e-mail: ivan-gordienko@mail.ru

**Natalya A. Tsap**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; ORCID: 0000-0001-9050-3629; eLibrary SPIN: 7466-8731; e-mail: tsapna-ekat@rambler.ru

**Gulsharat A. Baigonakova**, MD, Cand. Sci. (Medicine); ORCID: 0000-0001-9853-2766; eLibrary SPIN: 1192-6016; e-mail: gat27@mail.ru

**Ekaterina S. Marchenko**, Dr. Sci. (Physics and Mathematics); ORCID: 0000-0003-4615-5270; eLibrary SPIN: 7116-2901; e-mail: 89138641814@mail.ru

**Victor A. Larikov**; ORCID: 0009-0002-3365-5997; e-mail: calibra1995@gmail.com

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1775>

# Врожденный передний вывих голени: неинвазивный метод лечения

И.Ю. Круглов<sup>1</sup>, Н.Ю. Румянцев<sup>1</sup>, Г.Г. Омаров<sup>2</sup>, С.С. Смирнов<sup>1,3</sup>, И.М. Каганцов<sup>1,2</sup><sup>1</sup> Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова, Санкт-Петербург, Россия;<sup>2</sup> Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия;<sup>3</sup> Национальный медицинский исследовательский центр травматологии и ортопедии им. Р.Р. Вредена, Санкт-Петербург, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Актуальность.** Исследование врожденного переднего вывиха голени представляет значительный интерес в контексте возможного применения новых методик вправления непосредственно после рождения. Главной целью этой инициативы является минимизация последствий вывиха, обеспечивая возможность нормального формирования и функционирования суставов уже с самых первых этапов жизни. Это не только техническое достижение, но и стратегический подход к обеспечению оптимальных условий для здоровья и развития детей с врожденным передним вывихом голени.

**Цель** — оценка функциональных результатов и долгосрочных перспектив лечения такого редкого состояния, как врожденный передний вывих голени, новым запатентованным методом.

**Материалы и методы.** Было проведено обследование 120 пациентов (194 коленных сустава) с врожденным передним вывихом голени. Обследуемые пациенты были разделены на основную группу — 55 пациентов (90 коленных суставов), и контрольную — 65 пациентов (104 коленных сустава). Дети основной группы получили лечение по разработанной авторами методике с помощью вибромассажера Ergorower ER 7028, в контрольной группе была применена традиционная методика ортопедической коррекции врожденного переднего вывиха голени, используя шину фон Розена и циркулярные гипсовые повязки. Возраст пациентов основной группы на момент начала лечения составлял  $Me\ 28 [Q_1\ 28; Q_3\ 30]$  ч, контрольной —  $Me\ 30 [Q_1\ 28; Q_3\ 34,5]$  ч.

**Результаты.** Сравнительный анализ результатов лечения пациентов основной и контрольной групп детей показал, что разработанная методика коррекции врожденного переднего вывиха голени с использованием аппаратного вибромассажа и аккуратных манипуляций в отличие от классической технологии позволяет в 95 % случаев осуществить максимально точную ортопедическую коррекцию, обеспечить восстановление осевого профиля коленного сустава и его стабильности, а также создать условия для формирования гармоничного типа роста и развития нижних конечностей во взрослом возрасте. В основной группе пациентов после выполнения консервативного лечения врожденного переднего вывиха голени по усовершенствованной технологии спустя 5 лет наблюдения отмечены превалирующие отличные показатели оценки функции коленного сустава (66,7 %), купирование болевого синдрома (98,2 %), что подтверждалось данными клинического исследования и специализированных шкал-опросников.

**Выводы.** Разработанный инновационный метод консервативной ортопедической коррекции врожденного переднего вывиха голени путем виброваскуляризации мышц бедра позволил дифференцированно подойти к выполнению консервативного лечения, что повысило эффект лечения в целом, а также его исходы в долгосрочной перспективе.

**Ключевые слова:** врожденный передний вывих голени; ВПВГ; раннее лечение; новорожденные; врожденный вывих коленного сустава.

## Как цитировать

Круглов И.Ю., Румянцев Н.Ю., Омаров Г.Г., Смирнов С.С., Каганцов И.М. Врожденный передний вывих голени: неинвазивный метод лечения // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 33–44. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1775>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1775>

# Congenital dislocation of the knee: A noninvasive treatment method

Igor Yu. Kruglov<sup>1</sup>, Nicolai Yu. Rummyantsev<sup>1</sup>, Gamzat G. Omarov<sup>2</sup>,  
Sergey S. Smirnov<sup>1,3</sup>, Ilya M. Kagantsov<sup>1,2</sup><sup>1</sup> V.A. Almazov National Medical Research Center, Saint Petersburg, Russia;<sup>2</sup> North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia;<sup>3</sup> Vreden National Medical Center for Traumatology and Orthopedics, Saint Petersburg, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Congenital knee dislocation is a significant topic of interest in the possible application of new reduction techniques immediately after birth. This initiative aims to minimize the consequences of dislocation, ensuring the possibility of normal joint formation and functioning from the very first stages of life. This is not only a technical achievement but also an approach to providing optimal conditions for the health and development of children with congenital knee dislocation.

**AIM:** This study aimed to evaluate the functional and long-term treatment outcomes of congenital knee dislocation using a new patented method.

**MATERIALS AND METHODS:** A total of 120 patients (194 knees) with congenital knee dislocation were examined. The patients were divided into the main group (55 patients, 90 knee joints) and the control group (65 patients, 104 knee joints). The main group received the treatment developed by the authors using an Ergopower ER 7028 vibration massager. In the control group, the traditional method of orthopedic correction of congenital knee dislocation using a Von Rosen splint and circular plaster casts was employed. At the start of treatment, the age of the patients in the main group was *Me* 28 [*Q*<sub>1</sub> 28; *Q*<sub>3</sub> 30] hours and that of the control group was *Me* 30 [*Q*<sub>1</sub> 28; *Q*<sub>3</sub> 34.5] hours.

**RESULTS:** A comparative analysis of the treatment outcomes of the main and control groups showed that the developed method for correcting congenital knee dislocation using a vibration massager and careful manipulations, in contrast to traditional technology, achieved the most accurate orthopedic correction in 95% of cases, ensured the restoration of the axial profile of the knee joint and its stability, and created conditions for the harmonious growth and development of the lower extremities in adulthood. In the main group, after conservative treatment of congenital knee dislocation using improved technology, indicators for assessing knee joint function (66.7%) and pain relief (98.2%) were excellent after 5 years of observation, which was confirmed by data from a clinical study and use of specialized questionnaires.

**CONCLUSIONS:** The proposed innovative method of conservative orthopedic correction of congenital knee dislocation by vibrovascularization of the thigh muscles is a differentiated approach to conservative treatment, which improved the overall and long-term treatment outcomes.

**Keywords:** congenital dislocation of the knee; CDK; early treatment; newborns.

## To cite this article

Kruglov IYu, Rummyantsev NYu, Omarov GG, Smirnov SS, Kagantsov IM. Congenital dislocation of the knee: A noninvasive treatment method. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):33–44. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1775>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1775>

# 先天性胫骨前脱位：一种非侵入性治疗方法

Igor Yu. Kruglov<sup>1</sup>, Nicolai Yu. Rummyantsev<sup>1</sup>, Gamzat G. Omarov<sup>2</sup>,  
Sergey S. Smirnov<sup>1,3</sup>, Ilya M. Kagantsov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> V.A. Almazov National Medical Research Center, Saint Petersburg, Russia;

<sup>2</sup> North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia;

<sup>3</sup> Vreden National Medical Center for Traumatology and Orthopedics, Saint Petersburg, Russia

## 摘要

**论证。**在出生后立即应用新的治疗方法的背景下，先天性胫骨前脱位的研究颇受关注。这一举措的主要目的是确保关节从生命的最早阶段就能够正常形成和功用，从而最大限度地减少脱位的后果。这不仅是一项技术成就，也是确保先天性胫骨前脱位患儿的健康和发育获得最佳条件的战略方法。

**目的。**本研究的目的是评估用一种新的专利方法治疗先天性胫骨前脱位这种罕见病症的功能效果和长期前景。

**材料与方法。**共对120例先天性胫骨前脱位患者（194个膝关节）进行了检查。受检患者分为主要组和对照组，主要组55例（90个膝关节），对照组65例（104个膝关节）。主治疗组的儿童使用了由作者开发的Ergopower ER 7028型振动按摩器进行治疗。对照组采用传统的胫骨前脱位矫形方法，使用冯·罗森夹板和圆形石膏模型。主治疗组患者开始治疗时的年龄为28岁[Q1 28; Q3 30]，对照组为30岁[Q1 28; Q3 34.5]。

**结果。**对主要治疗组和对照组儿童患者的治疗结果进行的比较分析表明，与传统技术相比，所开发的使用仪器振动按摩和细致操作矫正先天性胫骨前脱位的方法可在95%的病例中进行最准确的矫形矫正，确保恢复膝关节的轴向轮廓及其稳定性，并为成年后下肢形成和谐的生长发育类型创造条件。主要组患者在采用改良技术保守治疗先天性小腿前脱位后，经过5年的观察，观察到主组患者的膝关节功能评估优良率（66.7%）和疼痛综合征缓解率（98.2%）指标普遍优良，临床检查和专业问卷调查的数据均予以证实。

**结论。**通过振动大腿肌肉血管对先天性胫骨前脱位进行保守矫形的创新方法，使得在进行保守治疗时可以采用不同的方法，从而提高了总体治疗效果和长期疗效。

**关键词：**先天性胫骨前脱位；早期治疗；新生儿；先天性膝关节脱位。

## 引用本文

Kruglov IYu, Rummyantsev NYu, Omarov GG, Smirnov SS, Kagantsov IM. 先天性胫骨前脱位：一种非侵入性治疗方法. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):33–44. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1775>

收到: 16.01.2024

接受: 14.03.2024

发布日期: 28.03.2024

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Врожденный передний вывих голени (ВПВГ) — очень редкое заболевание, с предполагаемой частотой встречаемости 1 на 100 000 живорождений [1], характеризующееся деформацией коленного сустава, присутствующей при рождении (рис. 1). Оно может возникать изолированно, вследствие мышечного дисбаланса, а также в составе других синдромов, таких как артрогрипоз, миеломенингоцеле, синдром Ларсена и часто сочетается с другими аномалиями скелетно-мышечной системы, такими как дисплазия тазобедренного сустава, косолапость, врожденное вертикальное положение таранной кости и врожденный вывих локтевого сустава [2].

Диагноз ставят вскоре после рождения путем клинического и рентгенологического исследования.

Основными патогенетическими изменениями ВПВГ являются: обширный фиброз, а также укорочение четырехглавой мышцы бедра, гипоплазия или аплазия крестообразных связок, облитерация верхней надколенной сумки, уплощение заднего межмышечного поля и задней области верхней суставной поверхности большеберцовой кости, переднее смещение подколенных сухожилий [3].

Проведенный сравнительный анализ результатов патоморфологического обследования полученных тканей 4 половозрелых кроликов породы Советская шиншилла, целью которого являлась оценка изменений фиброзной ткани после воздействия вибромассажа, свидетельствует о наличии характерного увеличения кровенаполнения мышц и уменьшения фиброза за счет процесса регенерации в биоптатах, что позволило говорить о возможной клинически значимой эффективности по улучшению эластичности и растяжимости мышц бедра в ходе лечения врожденного переднего вывиха голени с дальнейшим улучшением исхода консервативной терапии пораженной

конечности [4]. На основании полученных вышеизложенных данных был разработан метод консервативной коррекции ВПВГ. Получен патент РФ на изобретение № 2789202 [5].

Однако не существует единого протокола лечения, а общеизвестные методики не обладают безопасным профилем для их повсеместного применения [2, 6, 7]. Разработка инновационных и совершенствование традиционных методов лечения играет ключевую роль в сохранении здоровья. В контексте ВПВГ нарастающая потребность в быстрых, эффективных и нехирургических решениях приводит к развитию новых подходов вправления вывиха сразу после рождения, что представляет собой важный этап в улучшении перспектив ортопедического здоровья новорожденных.

*Цель исследования* — оценка функциональных результатов и долгосрочных перспектив лечения такого редкого состояния, как ВПВГ, новым запатентованным методом.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В период с 1988 по 2022 г. было проведено обследование 120 пациентов (194 коленных сустава) с ВПВГ. Пациенты были разделены на основную группу — 55 пациентов (90 конечностей), и контрольную — 65 пациентов (104 конечности). Родители всех пациентов подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании. Исследование выполнено в соответствии с этическими стандартами Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации с поправками Минздрава России.

Дети основной группы получили лечение по разработанной авторами методике консервативной коррекции ВПВГ (рис. 2) [5].

Метод лечения заключается в комплексном лечении, включающем массаж и мануальные манипуляции.



Рис. 1. Врожденный передний вывих левой голени. Внешний вид пациента

Fig. 1. Congenital dislocation of the left knee and patient's appearance



Рис. 2. Лечение пациента с врожденным передним вывихом правой голени по методике, разработанной авторами

Fig. 2. Treatment of a patient with congenital dislocation of the right knee using the method developed by the authors

До проведения мануальных манипуляций осуществляют массаж четырехглавой мышцы бедра и напрягателя широкой фасции бедра. Для массажа используют вибромассажер Ergorpower ER 7028 с двумя режимами интенсивности, в течение 2 мин в каждом режиме. После чего выполняют манипуляции по постоянному вытяжению конечности за голень и стопу с одновременным давлением на мышелку бедра и голени и последующим сгибанием голени в течение 15 мин, оценивают угол сгибания конечности и повторяют весь цикл лечения от массажа четырехглавой мышцы бедра до манипуляций по постоянному вытяжению конечности за голень и стопу. Далее повторно оценивают угол сгибания конечности и, если угол сгибания не достигает  $90^\circ$ , конечность фиксируют с помощью гипсового лонгета в положении достигнутого угла сгибания на срок 1 день. В дальнейшем фиксацию снимают и продолжают по тому же циклу лечения тракции и сгибание голени до получения ее дополнительного сгибания, которое фиксируют гипсовой повязкой. Если угол сгибания голени достигает  $90^\circ$  и больше, накладывают на нижнюю конечность трехчетвертной гипсовый лонгет для поддержания достигнутой степени ее коррекции на срок 7 дней. Способ позволяет повысить эффективность лечения, уменьшить травматичность и сократить длительность лечения.

В контрольной группе применяли традиционную методику ортопедической коррекции ВПВГ, используя шину фон Розена и циркулярные гипсовые повязки. Шина фон Розена была применена в 29 случаях (44,6 %), циркулярные гипсовые повязки — в 36 (55,4 %). Медиана (*Me*) возраста пациентов основной группы на момент начала консервативного лечения составляла 28 ч [ $Q_1$  28;  $Q_3$  30], контрольной — *Me* 30 ч [ $Q_1$  28;  $Q_3$  34,5]. Большинство детей в основной и контрольной группах имели двустороннее поражение нижних конечностей — 35 (63,6 %) и 39 (60,0 %) соответственно. Для оценки степени тяжести клиническим методом применяли систему Tarek [8]. Систему J. Leveuf использовали для оценки рентгенологической

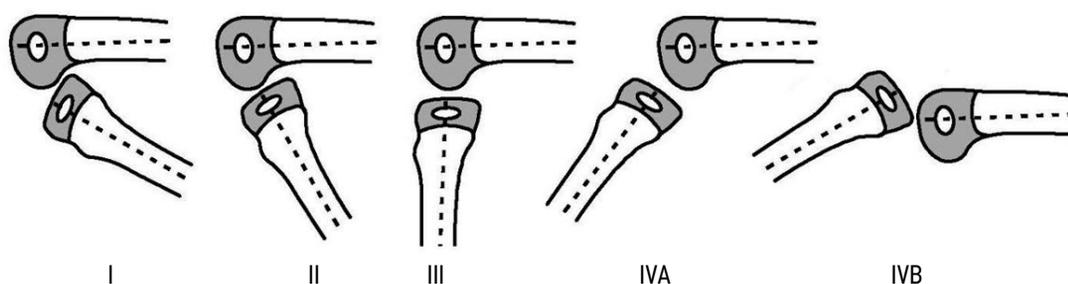
картины [6]. Преобладало тяжелое течение заболевания, 47 коленных суставов (52,2 %) в основной и 61 (58,7 %) в контрольной группе были оценены как Tarek III; 53 коленного сустава (58,9 %) в основной и 68 (65,4 %) в контрольной группе были оценены как J. Leveuf III.

Статистический анализ между исследуемыми группами не показал достоверной разницы по основным характеристикам ( $p > 0,05$ ), что демонстрировало идентичность групп до начала консервативного лечения и дало возможность осуществить сравнение после проведенного лечения. Подобный аналогичный анализ между группами проводил П.И. Бортулев [8].

Результаты лечения оценивались сразу после его проведения и через 5 лет. Оценка выполнялась при помощи данных клинического и рентгенологического методов. Ретроспективное исследование позволило дополнить полученные результаты оценкой функции коленного сустава, мышечной силы пораженной конечности, а также степени выраженности болевого синдрома, что было невозможно оценить сразу после окончания консервативного лечения в связи с младенческим возрастом пациента.

Для клинической оценки угла пассивного сгибания конечности с ВПВГ после лечения использовалась шкала определения функции коленного сустава предложенной B. Ferris и P. Aichroth [7], модифицированной Т.Н. Abdelaziz [9]. Мышечная сила оценивалась по шкале Совета медицинских исследований (шкала MRC), интенсивность болевого синдрома по визуально-аналоговой шкале (ВАШ). Для оценки результатов проведения лечения рентгенологическим методом использовали шкалу, предложенную И.Ю. Кругловым и соавт. [10] (рис. 3).

В соответствии со шкалой, представленной на рис. 1, конечный результат функции коленного сустава был оценен как I — отличный, II — хороший, III — удовлетворительный, IVA — неудовлетворительный, IVB — неудовлетворительный с остаточным передним подвывихом голени.



**Рис. 3.** Шкала оценки результатов лечения. I — правильное стояние костей и сгибание в коленном суставе  $>120^\circ$ ; II — правильное стояние костей и сгибание в коленном суставе от  $90^\circ$  до  $120^\circ$ ; III — правильное стояние костей и сгибание в коленном суставе от  $50^\circ$  до  $90^\circ$ ; IVA — правильное стояние костей и сгибание в коленном суставе от  $0^\circ$  до  $50^\circ$ ; IVB — сгибание в коленном суставе до  $90^\circ$  при сохраняющемся переднем подвывихе голени

**Fig. 3.** Treatment outcome scale. I — correct position of the bones and knee joint flexion  $>120^\circ$ ; II — correct alignment of the bones and knee joint flexion from  $90^\circ$  to  $120^\circ$ ; III — correct alignment of the bones and knee joint flexion from  $50^\circ$  to  $90^\circ$ ; IVA — correct alignment of the bones and knee joint flexion from  $0^\circ$  to  $50^\circ$ ; IVB — knee joint flexion up to  $90^\circ$  with persistent anterior subluxation of the tibia

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Особое внимание в настоящем исследовании уделяли скорости консервативной ортопедической коррекции, так как данный критерий коррелирует с вероятностью развития осложнений. Применение авторской методики вправления ВПВГ позволило сократить среднюю продолжительность коррекции, которая составила  $Me$  90 мин [ $Q_1$  60;  $Q_3$  126] ( $p < 0,001$ ). Традиционные методики консервативного вправления продемонстрировали значительно большие сроки коррекции. Средний срок фиксации нижних конечностей гипсовыми коррекциями составил  $25 \pm 1,73$  дней, срок вправления 21–28 дней; средний срок фиксации шиной фон Розена составил  $8 \pm 0,42$  дня, срок вправления 7–9 дней.

Авторская методика продемонстрировала высокую эффективность. Такой подход к лечению ВПВГ позволил добиться положительного результата у 52 (94,5 %) пациентов. Сразу после проведенного консервативного лечения в основной группе преобладала I степень по градусам пассивного сгибания голени, 57 нижних конечностей (63,3 %), по сравнению с результатами 13 коленных суставов (12,5 %) среди пациентов контрольной группы ( $p < 0,001$ ). Проведенная комплексная оценка представлена на рис. 4.

Выявлено статистически значимые различия степени сгибания голени в основной и контрольной группах после проведенного консервативного лечения, критерий  $\chi^2$  Пирсона ( $p < 0,001$ ).

Таким образом, можно сделать заключение, что у пациентов контрольной группы чаще сохранялись нестабильность коленного сустава и его осевые нарушения, по сравнению с пациентами основной группы ( $p < 0,001$ ).

В ходе анализа рентгенологических методов исследования и их сравнения в изучаемых группах было отмечено, что у пациентов основной группы значения как величин, характеризующих стояние бедренной и большеберцовой костей, так и показателей, относящихся к определению

угла сгибания голени находились в диапазоне нормальной вариации. Проанализировав такие же характеристики в контрольной группе пациентов, мы увидели его смещение за предел границы физиологической нормы, у 4 конечностей (3,8 %) отмечалась неудовлетворительная рентгенологическая коррекция ВПВГ, что соответствовало IVA степени по шкале, предложенной Ю. Кругловым и соавт. [10], при этом отличные результаты коррекции ВПВГ после проведенного консервативного вмешательства были достигнуты лишь в 16,3 % наблюдений (17 нижних конечностей) (табл. 1).

Нестабильность коленного сустава и неудовлетворительный результат консервативного лечения был поводом для хирургического лечения методом V–Y-образной квадрицепс-пластики, переднего релиза коленного сустава или подкожной тенотомии сухожилия четырехглавой мышцы бедра, исходом которых являлась 100 % удовлетворительная ортопедическая коррекция с достижением стабильности коленного сустава у пациентов основной группы, по сравнению с 2 (16,7 %) неудовлетворительными случаями с тяжелой нестабильностью контрольной группы.

Через 5 лет после полученного лечения была проведена контрольная оценка состояния нижних конечностей, которая позволила дополнительно включить оценку болевого синдрома (ВАШ) и мышечную слабость (MRC).

Инновационная методика ортопедической коррекции позволила достигнуть значительных успехов в коррекции болевого синдрома у детей с ВПВГ после проведенного лечения, поскольку лишь 1 (1,8 %) ребенок предъявлял жалобы на имеющиеся болевые ощущения, по сравнению с 10 (15,4 %) контрольной группы ( $p < 0,05$ ). Мышечная слабость, классифицированная как G3 и G4, преобладала среди детей контрольной группы, 30 случаев пораженных конечностей (28,8 %), по сравнению с 14 случаями (15,6 %) основной группы ( $p < 0,05$ ).

Отличная оценка функции коленного сустава превалировала в основной группе исследования и составила

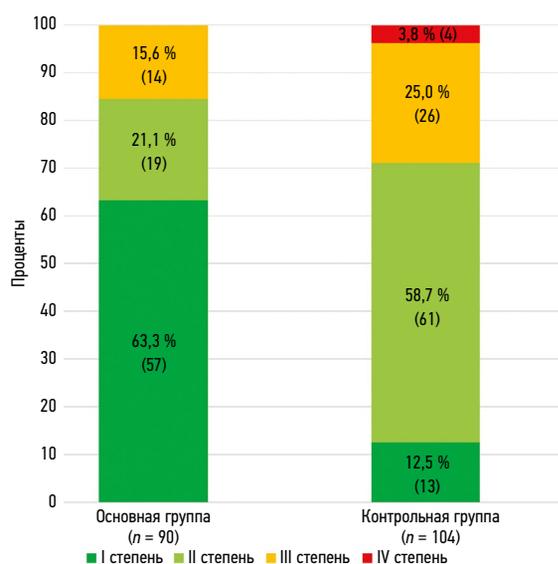
**Таблица 1.** Сравнение степени поражения нижней конечности по рентгенологической шкале оценки [10] после лечения у пациентов основной и контрольной группы,  $n$

**Table 1.** Comparison of the degree of lower limb damage according to the radiological rating scale [10] after treatment of the main and control groups,  $n$

Характеристики	Все пораженные конечности ( $n = 194$ )	Основная группа ( $n = 90$ )	Контрольная группа ( $n = 104$ )	$p$
I степень	77 (39,7 %)	60 (66,7 %)	17 (16,3 %)	<0,001
II степень	73 (37,6 %)	16 (17,8 %)	57 (54,8 %)	
III степень	40 (20,6 %)	14 (15,6 %)	26 (25,0 %)	
IVA степень	4 (2,1 %)	0	4 (3,8 %)	
IVB степень	–	–	–	–
Усредненный ранг	1,9	1,5	2,2	–

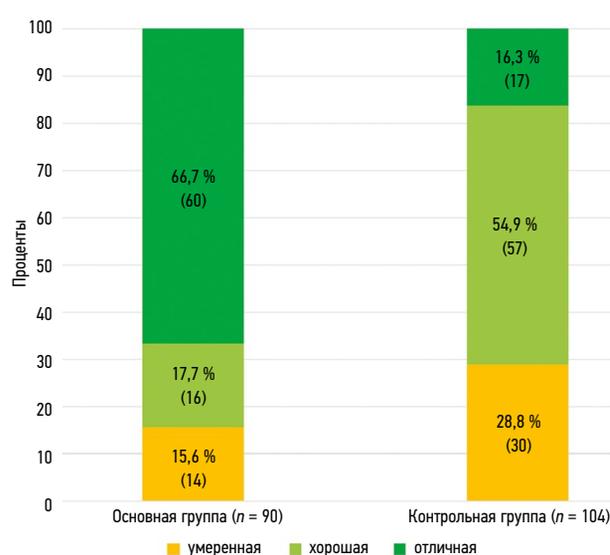
*Примечание.*  $p$  — различия между группами по критерию  $\chi^2$  Пирсона.  $n$  — пораженная конечность.

*Note.*  $p$  — refers to the differences between groups according to Pearson's  $\chi^2$ .  $n$  — is the affected limb.



**Рис. 4.** Сравнение степени тяжести по градусам пассивного сгибания голени сразу после лечения у пациентов основной и контрольной группы. *n* — пораженная конечность

**Fig. 4.** Comparison of the degree of passive flexion of the tibia immediately after treatment in the main and control groups. *n* — is the affected limb



**Рис. 5.** Результаты оценки функции коленного сустава пациентов основной и контрольной групп через 5 лет после лечения врожденного переднего вывиха голени. *n* — пораженная конечность

**Fig. 5.** Results of assessing knee joint function in the main and control groups 5 years after treatment for CDK. *n* — is the affected limb

60 конечностей (66,7 %), при этом хорошая функция являлась преобладающей оценкой в контрольной группе, 57 коленных суставов (54,8 %), а отличный результат встречался реже — 17 коленных суставов (16,3 %),  $p < 0,001$  (рис. 5).

Анализ различных параметров у пациентов обеих групп после прохождения консервативного лечения позволил оценить его результаты и провести сравнительный анализ между исследуемыми группами. Через 5 лет в основной группе отмечается более высокий средний показатель, что указывает на более успешные результаты ортопедического лечения ВПВГ, применяемого по методике, предложенной авторами (табл. 2).

После консервативного лечения с применением авторской методики отмечалась положительная динамика ортопедической коррекции (рис. 6).

## ОБСУЖДЕНИЕ

Большинство имеющихся на сегодняшний день методик выполнения ортопедической коррекции ВПВГ включает длительное нахождение ребенка в вынужденном положении в ходе лечения с высоким риском возникновения пролежней в подколенной области [11, 12]. Успешность данного лечения дискутабельна и составляет 18–85 % в зависимости от исследования [13, 14].

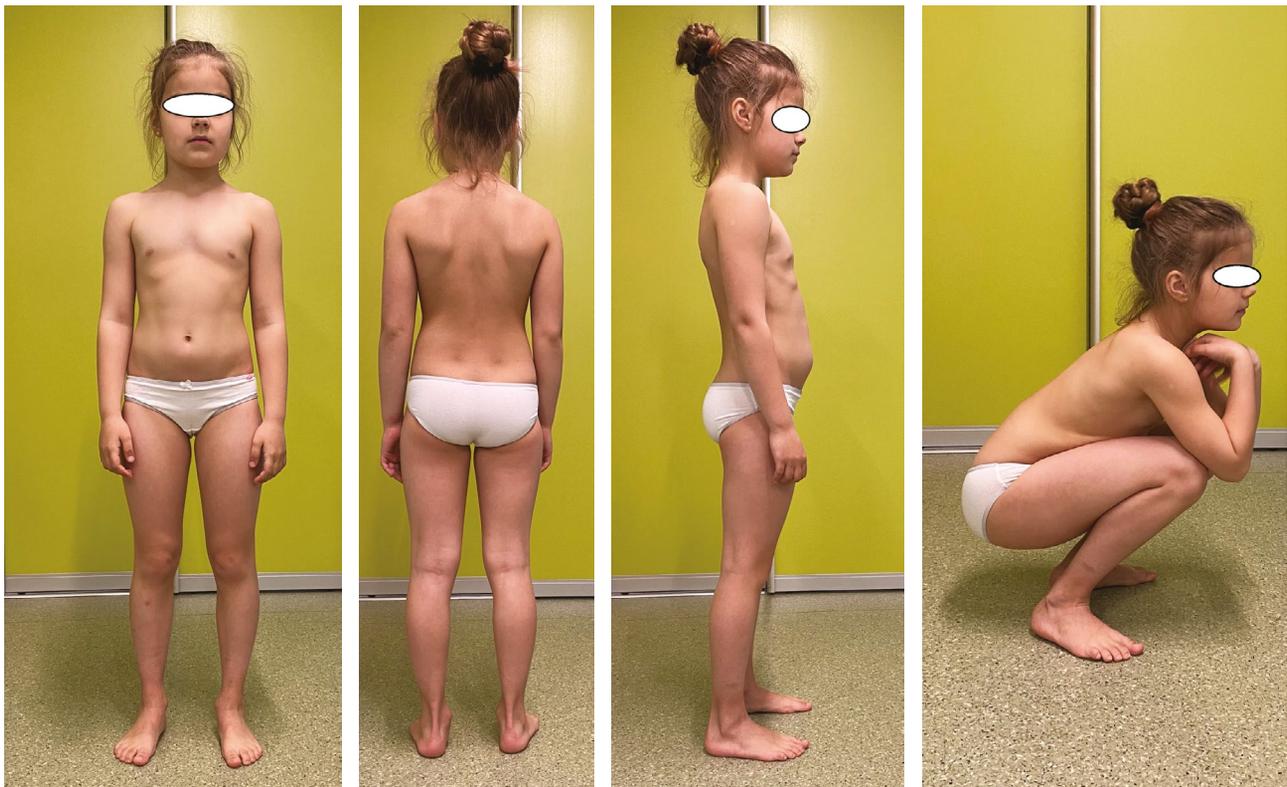
N.R. Shah и соавт. [15] проанализировали 8 пациентов (16 коленных суставов), которым предлагалось консервативное лечение и минимально инвазивная тенотомия четырехглавой мышцы бедра, если не было достигнуто сгибание на 90°. В конечном итоге 13 (81 %) коленных суставов были прооперированы, что указывает о неэффективности примененной консервативной терапии [15].

**Таблица 2.** Сравнение результатов исхода консервативного лечения у пациентов основной и контрольной группы через 5 лет, *n* (%)  
**Table 2.** Comparison of the outcomes of conservative treatment of the main and control groups after 5 years, *n* (%), where *n* is the affected limb

Результат лечения	Все пациенты (n = 120)	Основная группа (n = 55)	Контрольная группа (n = 65)	<i>p</i>
Неудовлетворительный	11 (9,2 %)	3 (5,5 %)	8 (12,3 %)	$p < 0,001$
Удовлетворительный	11 (9,2 %)	4 (7,3 %)	7 (10,8 %)	
Хороший	48 (40,0 %)	11 (20,0 %)	37 (56,9 %)	
Отличный	50 (41,7 %)	37 (67,3 %)	13 (20,0 %)	
Усредненный ранг	3,1	3,5	2,8	—

*Примечание.* *n* — пораженная конечность.

*Note.* *n* — is affected limb.



**Рис. 6.** Результат лечения врожденного двустороннего переднего вывиха голени по методике, разработанной авторами: *a* — внешний вид пациента спереди; *b* — внешний вид пациента сзади; *c* — внешний вид пациента сбоку; *d* — внешний вид пациента сбоку в положении максимального сгибания голени

**Fig. 6.** Treatment outcomes of congenital bilateral knee dislocation according to the method developed by the authors: *a* — front view of the patient; *b* — rear view of the patient; *c* — side view of the patient; *d* — side view of the patient with maximum flexion of the tibia

Результаты А.О. Youssef и соавт. [16] рекомендуют консервативное лечение с самого начала, оставляя хирургическое вмешательство для неудовлетворительных результатов. При обследовании 13 пациентов (22 коленных сустава) удовлетворительные результаты были достигнуты при консервативном лечении в 6 случаях. С другой стороны, S. Patwardhan и соавт. [17] оценили результаты выполнения подкожной тенотомии четырехглавой мышцы бедра с помощью иглы в качестве первого терапевтического этапа 12 пациентов (20 суставов), получив хорошие результаты у 9 пациентов и удовлетворительные — у 3 пациентов. Авторы предполагают, что лечение этапными гипсовыми повязками дает аналогичные результаты при менее инвазивной процедуре.

С. Klein и соавт. [2] считают, что хирургическое лечение имеет серьезные осложнения, такие как кровотечение, рубцы, инфекция или дефицит разгибательного аппарата, по сравнению с внешней фиксацией.

На сегодняшний день не существует четкого протокола ведения пациентов с ВПВГ и, конечно, не предусматривается приоритетный метод начального лечения, возлагая принятие решения на лечащего врача. Так, например, H.D. Carlson и J. O'Connor [18] фиксировали пораженные коленные суставы шиной, используемой при лечении

переломов пальцев. P. Charif и T.E. Reichelderfer [19] применяли в лечении простых форм ВПВГ шины и гипсовые повязки в течение 3–4 нед. J. Nogi и D. Mac Ewen [20] для достижения вправления применяли аккуратные манипуляции в сторону сгибания, с растяжением толстой передней капсулы коленного сустава и разгибателей, с последующим наложением высокой гипсовой повязки в положении максимально возможной коррекции. Манипуляции и гипсование повторялись один раз в неделю, а вправление контролировалось боковой рентгенограммой коленного сустава.

В настоящее время единственной существующей методикой выполнения коррекции ВПВГ с использованием мануальной тракции, которая позволяет сократить время лечения пациентов с ВПВГ, является способ, разработанный Н.Ю. Румянцевым и соавт. [21]. Однако технология сопряжена с достаточно большой продолжительностью выполнения манипуляций для уменьшения контрактуры четырехглавой мышцы бедра.

V. Rampal и соавт. [22] в своем протоколе действий провели начальное консервативное лечение с использованием физиотерапии, гипсовой повязки или иммобилизации в течение 7 дней с вытяжением, наружной ротацией и сгибанием. Согласно критериям авторов, результаты были хорошими для 68 % пациентов со II степенью

тяжести и плохими для всех пациентов с III степенью, ограничением данного исследования является отсутствие функциональных опросников.

Разработка нового метода консервативной коррекции ВПВГ была связана с возможным эффектом предшествующего вибрационного воздействия на пораженную конечность во время консервативного лечения, эффективность которого была доказана в ходе проведения нами топографо-анатомического и морфологического исследования мышечной ткани кроликов [4].

Задача изобретения состояла в создании неинвазивного способа лечения ВПВГ средней и тяжелой степени идиопатического характера и с системной патологией у новорожденных и детей раннего возраста, позволяющего повысить эффективность лечения и улучшить его исходы, уменьшить травматичность ребенка, сократить время лечения и увеличить экономичность способа. Предложенная методика позволила осуществить поставленные задачи.

Заявленный способ оценивался по ряду важных критериев, таких как: скорость коррекции ВПВГ, изменение соотношений между бедренной и большеберцовой костями, степень коррекции градуса сгибания голени при клинической и рентгенологической оценке, стабильность коленного сустава, что позволило нам объективно оценить ее эффективность в консервативной коррекции ВПВГ с использованием вибромассажа.

У пациентов с идиопатическим ВПВГ в основной группе была получена достоверная ( $p < 0,001$ ) стабилизация коленного сустава и увеличение величины угла сгибания. В сравнении с контрольной, у пациентов основной группы эти позитивные изменения проявлялись более часто, указывая на эффективность предлагаемого лечения. Учитывался также тот факт, что после выполненного лечения функция коленного сустава улучшилась, но оставались нарушения как статического, так и динамического характера. В связи с чем этим пациентам была выполнена модернизация в режиме физических нагрузок. В дополнение к вышеописанному, у большинства пациентов из основной группы отмечено согласование показателей болевого синдрома с физиологической нормой. В контрольной группе, напротив, лишь в некоторых случаях наблюдалась тенденция к нормализации этого параметра ( $p < 0,05$ ). Все пациенты также проявили восстановление стабильности коленного сустава, однако у пациентов основной группы отличная оценка функции коленного сустава значительно преобладала, чего не наблюдалось в контрольной группе исследования ( $p < 0,001$ ). Подобное исследование пространственной ориентации нижней конечности проводил П.И. Бортулев [8]. Соответственно, по нашему мнению, все вышеуказанные факты свидетельствуют в пользу того, что авторский метод коррекции ВПВГ имеет большой потенциал, по сравнению с общепринятыми методиками.

## ВЫВОДЫ

Согласно результатам нашего исследования, предварительное вибрационное воздействие и мануальные манипуляции улучшают исход ортопедической коррекции у детей, проходящих лечение по поводу ВПВГ. Применение усовершенствованной методики лечения ВПВГ в ходе выполнения его консервативного вправления, в отличие от классических методик лечения способствовало чаще получать полную коррекцию вывиха голени в более короткие сроки, с восстановлением правильных осевых соотношений большеберцовой и бедренной костей, а также рентгенологических показателей, тем самым минимизировать физическое воздействие фиксирующих нижнюю конечность средств. Полученные результаты подтверждают высокую эффективность разработанного метода.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Личный вклад каждого автора: И.Ю. Круглов — концепция исследования, сбор и обработка материалов, анализ полученных данных, написание текста статьи; Н.Ю. Румянцев — дизайн исследования, сбор и обработка материалов; Г.Г. Омаров — сбор и обработка материалов; С.С. Смирнов — анализ полученных данных, обработка материалов; И.М. Каганцов — анализ полученных данных, написание текста статьи, редактирование.

**Источник финансирования.** Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 121031100293-9).

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

**Согласие пациентов.** Авторы получили письменное согласие законных представителей пациентов на публикацию медицинских данных и фотографий.

**Этический комитет.** Исследование одобрено локальным этическим комитетом НМИЦ им. В.А. Алмазова (выписка № 0705-22 из протокола заседания № 05-22 от 16 мая 2022 г.).

**Дополнительные материалы.** Все фотографии, представленные в статье, сделаны авторами настоящей публикации и являются их собственностью.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors' contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. Indicate the contribution of each author to the study. Personal contribution of each author: I.Yu. Kruglov — concept of the study, collection and processing of materials, analysis of the data obtained, writing the text of the article; N.Yu. Rumiantsev — research design, collection and processing of materials; G.G. Omarov — collection and processing of materials;

S.S. Smirnov — analysis of received data, processing of materials; I.M. Kagatsov — analysis of the data obtained, writing the text of the article, editing.

**Funding source.** The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic No. 121031100293-9).

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

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

**Ethics approval.** The study was approved by the local ethical committee of the V.A. Almazov NMRC (Extract No. 0705-22 from the minutes of the meeting No. 05-22 dated May 16, 2022).

**Additional materials.** All photos presented in this article were taken by the authors of this publication and are their property.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Mehrafshan M., Wicart P., Ramanoudjame M., et al. Congenital dislocation of the knee at birth — Part I: Clinical signs and classification // *Orthop Traumatol Surg Res.* 2016. Vol. 102, N. 5. P. 631–633. doi: 10.1016/j.otsr.2016.04.008
- Klein C., Bulaid Y., Deroussen F., et al. Congenital dislocation of the knee in a three-year-old-child with Larsen syndrome: Treatment with a hexapod-type external fixator // *Knee.* 2018. Vol. 25, N. 5. P. 966–971. doi: 10.1016/j.knee.2018.07.006
- Круглов И.Ю., Агранович О.Е., Румянцев Н.Ю., и др. Врожденный передний вывих голени: морфологическое исследование // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2020. Т. 8, № 4. С. 427–435. EDN: CBRFDQ doi: 10.17816/PTORS25809
- Круглов И.Ю., Румянцев Н.Ю., Румянцева Н.Н., и др. Некоторые морфологические предпосылки к использованию вибрационного массажа в лечении врожденного переднего вывиха голени // *Medline.ru. Травматология.* 2023. Т. 24, № 2. С. 1160–1171. EDN: CIYMCY
- Патент РФ № 2789202/31.01.2023. Круглов И.Ю., Румянцев Н.Ю., Каганцов И.М., и др. Способ лечения врожденного переднего вывиха голени идиопатического характера средней и тяжелой степени у новорожденных и детей раннего возраста.
- Круглов И.Ю., Румянцев Н.Ю., Агранович О.Е., и др. Современные взгляды на лечение врожденного переднего вывиха голени на основании актуальных данных об исходах ортопедического лечения у таких пациентов // *Вестник травматологии и ортопедии им Н.Н. Приорова.* 2021. Т. 28, № 3. С. 93–100. EDN: UUIQCE doi: 10.17816/vto71231
- Ferris B., Aichroth P. The treatment of congenital knee dislocation // *Clin Orthop Relat Res.* 1987. Vol. 216. P. 135–140. doi: 10.1097/00003086-198703000-00021
- Бортулев П.И. Оптимизация хирургического лечения детей с диспластическим подвывихом бедра: дис. ... канд. мед. наук. Санкт-Петербург, 2020. 112 с.
- Abdelaziz T.H., Samir S. Congenital dislocation of the knee: a protocol for management based on degree of knee flexion // *J Child's Orthop.* 2011. Vol. 5, N. 2. P. 143–149. doi: 10.1007/s11832-011-0333-7
- Круглов И.Ю., Румянцев Н.Ю., Баиндурашвили А.Г., и др. Сопоставление клинично-рентгенологической картины у пациентов с врожденным передним вывихом голени в процессе лечения // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2023. Т. 11, № 1. С. 39–48. EDN: KXFJCD doi: 10.17816/PTORS111181
- Hung N.N., Tan D., Do Ngoc Hien N. Patellar dislocation due to iatrogenic quadriceps fibrosis: results of operative treatment in 54 cases // *J Child Orthop.* 2014. Vol. 8, N. 1. P. 49–59. doi: 10.1007/s11832-014-0564-5
- Kaissi A.A., Ganger R., Klaushofer K., Grill F. The management of knee dislocation in a child with Larsen syndrome // *Clinics (Sao Paulo).* 2011. Vol. 66, N. 7. P. 1295–1299. doi: 10.1590/s1807-59322011000700030
- Flowers D., Olmedo M. Non-surgical management of a tibiofemoral knee dislocation in a patient with sarcoidosis // *BMJ Case Rep.* 2019. Vol. 12, N. 11. ID e 229605. doi: 10.1136/bcr-2019-229605
- Morales-Roselló J., Loscalzo G., Hueso-Villanueva M., et al. Congenital knee dislocation, case report and review of the literature // *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2022. Vol. 35, N. 4. P. 809–811. doi: 10.1080/14767058.2020.1731464
- Shah N.R., Limpaphayom N., Dobbs M.B. A minimally invasive treatment protocol for the congenital dislocation of the knee // *J Pediatr Orthop.* 2009. Vol. 29, N. 7. P. 720–725. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181b7694d
- Youssef A.O. Limited open quadriceps release for treatment of congenital dislocation of the knee // *J Pediatr Orthop.* 2017. Vol. 37, N. 3. P. 192–198. doi: 10.1097/BPO.0000000000000612
- Patwardhan S., Shah K., Shyam A., Sancheti P. Assessment of clinical outcome of percutaneous needle quadriceps tenotomy in the treatment of congenital knee dislocation // *Int Orthop.* 2015. Vol. 39, N. 8. P. 1587–1592. doi: 10.1007/s00264-015-2806-7
- Carlson H.D., O'Connor J. Congenital dislocation of the knee // *Am J Roentgenol.* 1976. Vol. 127, N. 3. P. 465–468. doi: 10.2214/ajr.127.3.465
- Charif P., Reichelderfer T.E. Genu recurvatum congenitum in the newborn // *Clin Pediatr.* 1965. Vol. 4, N. 10. P. 587–594. doi: 10.1177/000992286500401006
- Nogi J., Mac Ewen D. Congenital dislocation of the knee // *J Pediatr Orthop.* 1982. Vol. 2, N. 5. P. 509–513. doi: 10.1097/01241398-198212000-00009
- Румянцев Н.Ю., Круглов И.Ю., Омаров Г.Г., и др. Врожденный передний вывих голени: пренатальная диагностика и лечение в раннем возрасте // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста.* 2017. Т. 5, № 2. С. 26–35. EDN: YSTYIL doi: 10/17816/PTORS5226-35
- Rampal V., Mehrafshan M., Ramanoudjame M., et al. Congenital dislocation of the knee at birth — Part 2: Impact of a new classification on treatment strategies, results and prognostic factors // *Orthop Traumatol Surg Res.* 2016. Vol. 102, N. 5. P. 635–638. doi: 10.1016/j.otsr.2016.04.009

## REFERENCES

- Mehrafshan M, Wicart P, Ramanoudjame M, et al. Congenital dislocation of the knee at birth — Part I: Clinical signs and classification. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2016;102(5):631–633. doi: 10.1016/j.otsr.2016.04.008
- Klein C, Bulaid Y, Deroussen F, et al. Congenital dislocation of the knee in a three-year-old-child with Larsen syndrome: Treatment with a hexapod-type external fixator. *Knee.* 2018;25(5):966–971. doi: 10.1016/j.knee.2018.07.006
- Kruglov IY, Agranovich OE, Rummyantsev NY, et al. Congenital dislocation of the knee: a morphological study. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery.* 2020;8(4):427–435. EDN: CBRFDQ doi: 10.17816/PTORS25809
- Kruglov IY, Rummyantsev NY, Rummyantseva NN, et al. Some morphological prerequisites for the use of vibration massage in the treatment of congenital dislocation of the knee. *Medline.ru.* 2023;24(2):1160–1171. EDN: CIYMCY
- Patent RU 2789202 C1 /31.01.2023. Kruglov IY, Rummyantsev NY, Kagantsov IM, et al. *Method of treatment of congenital anterior dislocation of the tibia of idiopathic character of moderate and severe degree in newborns and infants.* (In Russ.)
- Kruglov IY, Rummyantsev NY, Agranovich OE, et al. Current views on the management of congenital dislocation of the knee based on current data on the outcomes of orthopedic treatment in these patients. *N.N. Priorov Journal of Traumatology and Orthopaedics.* 2021;28(3):93–100. EDN: UIIQCE doi: 10.17816/vto71231
- Ferris B, Aichroth P. The treatment of congenital knee dislocation. *Clin Orthop Relat Res.* 1987;216:135–140. doi: 10.1097/00003086-198703000-00021
- Bortulev PI. *Optimisation of surgical treatment of children with dysplastic hip subluxation* [dissertation]. Saint Petersburg, 2020. 112 p. (In Russ.)
- Abdelaziz TH, Samir S. Congenital dislocation of the knee: a protocol for management based on degree of knee flexion. *J Child's Orthop.* 2011;5(2):143–149. doi: 10.1007/s11832-011-0333-7
- Kruglov IY, Rummyantsev NY, Baidurashvili AG, et al. Comparison of the clinical and radiological pictures in patients with congenital knee dislocation during treatment. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery.* 2023;11(1):39–48. EDN: KXFJCD doi: 10.17816/PTORS111181
- Hung NN, Tan D, Do Ngoc Hien N. Patellar dislocation due to iatrogenic quadriceps fibrosis: results of operative treatment in 54 cases. *J Child Orthop.* 2014;8(1):49–59. doi: 10.1007/s11832-014-0564-5
- Kaissi AA, Ganger R, Klaushofer K, Grill F. The management of knee dislocation in a child with Larsen syndrome. *Clinics (Sao Paulo).* 2011;66(7):1295–1299. doi: 10.1590/s1807-59322011000700030
- Flowers D, Olmedo M. Non-surgical management of a tibiofemoral knee dislocation in a patient with sarcoidosis. *BMJ Case Rep.* 2019;12(11):e229605. doi: 10.1136/bcr-2019-229605
- Morales-Roselló J, Loscalzo G, Hueso-Villanueva M, et al. Congenital knee dislocation, case report and review of the literature. *J Matern Fetal Neonatal Med.* 2022;35(4):809–811. doi: 10.1080/14767058.2020.1731464
- Shah NR, Limpaphayom N, Dobbs MB. A minimally invasive treatment protocol for the congenital dislocation of the knee. *J Pediatr Orthop.* 2009;29(7):720–725. doi: 10.1097/BPO.0b013e3181b7694d
- Youssef AO. Limited open quadriceps release for treatment of congenital dislocation of the knee. *J Pediatr Orthop.* 2017;37(3):192–198. doi: 10.1097/BPO.0000000000000612
- Patwardhan S, Shah K, Shyam A, Sancheti P. Assessment of clinical outcome of percutaneous needle quadriceps tenotomy in the treatment of congenital knee dislocation. *Int Orthop.* 2015;39(8):1587–1592. doi: 10.1007/s00264-015-2806-7
- Carlson HD, O'Connor J. Congenital dislocation of the knee. *Am J Roentgenol.* 1976;127(3):465–468. doi: 10.2214/ajr.127.3.465
- Charif P, Reichelderfer TE. Genu recurvatum congenitum in the newborn. *Clin Pediatr.* 1965;4(10):587–594. doi: 10.1177/000992286500401006
- Nogi J, Mac Ewen D. Congenital dislocation of the knee. *J Pediatr Orthop.* 1982;2(5):509–513. doi: 10.1097/01241398-198212000-00009
- Rummyantsev NY, Kruglov IY, Omarov GG, et al. Congenital dislocation of the knee: prenatal diagnostics and treatment at an early age. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery.* 2017;5(2):26–35. EDN: YSTYIL doi: 10/17816/PTORS5226-35
- Rampal V, Mehrafshan M, Ramanoudjame M, et al. Congenital dislocation of the knee at birth — Part 2: Impact of a new classification on treatment strategies, results and prognostic factors. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2016;102(5):635–638. doi: 10.1016/j.otsr.2016.04.009

## ОБ АВТОРАХ

**\*Игорь Юрьевич Круглов;**

адрес: Россия, 197341, Санкт-Петербург, ул. Аккуратова, д. 2;  
ORCID: 0000-0003-1234-1390; eLibrary SPIN: 7777-1047;  
e-mail: dr.gkruglov@gmail.com

**Николай Юрьевич Румянцев;**

ORCID: 0000-0002-4956-6211;  
e-mail: dr.rummyantsev@gmail.com

## AUTHORS INFO

**\*Igor Yu. Kruglov; MD;**

address: 2 Akkuratova str., Saint Petersburg, 197341, Russia;  
ORCID: 0000-0003-1234-1390; eLibrary SPIN: 7777-1047;  
e-mail: dr.gkruglov@gmail.com

**Nicolai Yu. Rummyantsev, MD;**

ORCID: 0000-0002-4956-6211;  
e-mail: dr.rummyantsev@gmail.com

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

**Гамзат Гаджиевич Омаров**, канд. мед. наук;  
ORCID: 0000-0002-9252-8130; eLibrary SPIN: 9565-8513;  
e-mail: ortobaby@yandex.ru

**Сергей Сергеевич Смирнов**;  
ORCID: 0000-0002-3210-9962; eLibrary SPIN: 4352-9475;  
e-mail: smirnovss\_md@mail.ru

**Илья Маркович Каганцов**, д-р мед. наук;  
ORCID: 0000-0002-3957-1615; eLibrary SPIN: 7936-8722;  
e-mail: ilkagan@rambler.ru

**Gamzat G. Omarov**, MD, Cand. Sci. (Medicine);  
ORCID: 0000-0002-9252-8130; eLibrary SPIN: 9565-8513;  
e-mail: ortobaby@yandex.ru

**Sergey S. Smirnov**, MD;  
ORCID: 0000-0002-3210-9962;  
eLibrary SPIN: 4352-9475; e-mail: smirnovss\_md@mail.ru

**Ilya M. Kagantsov**, MD, Dr. Sci. (Medicine);  
ORCID: 0000-0002-3957-1615; eLibrary SPIN: 7936-8722;  
e-mail: ilkagan@rambler.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1770>

# Полиорганная дисфункция при инфекциях центральной нервной системы у детей

К.Ю. Ермоленко<sup>1,2</sup>, К.В. Пшениснов<sup>2</sup>, Ю.С. Александрович<sup>2</sup>, И.В. Александрович<sup>3</sup>, А.И. Конев<sup>1,2</sup><sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия;<sup>2</sup> Детский научно-клинический центр инфекционных болезней, Санкт-Петербург, Россия;<sup>3</sup> Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова, Санкт-Петербург, Россия

## АННОТАЦИЯ

**Актуальность.** Синдром полиорганной дисфункции — одно из наиболее грозных осложнений критических состояний у детей, определяющий исход заболевания.

**Цель** — изучение особенности течения синдрома полиорганной дисфункции при тяжелых нейроинфекциях у детей и выявление факторов, определяющих исход заболевания.

**Материалы и методы.** Дизайн — одноцентровое, ретроспективное, обсервационное исследование. Обследовано 98 пациентов — 66 (67 %) мальчиков и 32 (33 %) девочки. Средний возраст  $3,6 \pm 2,5$  года. Оценка по шкале комы Глазго составила  $8,8 \pm 2,4$  балла. У 43 (44 %) пациентов шок диагностирован на основании клинических признаков, кардиальная дисфункция по шкале рSOFA имела место у 26 пациентов. Средняя продолжительность лечения в отделении реанимации и интенсивной терапии —  $9,5 \pm 6,2$  дня, длительность ИВЛ —  $6,0 \pm 3,9$  сут. Летальность составила 9,2 %. В зависимости от исхода дети были разделены на две группы: I группа — выздоровление ( $n = 89$ ), II группа — летальный исход ( $n = 9$ ). Все показатели регистрировали в первые 12 ч с момента поступления в отделение реанимации и интенсивной терапии.

**Результаты.** Установлено, что максимально выраженные явления кардиоваскулярной дисфункции в виде снижения фракции выброса по Тейхольцу (62,3 %) отмечались при оценке по шкале рSOFA более 10 баллов, что статистически значимо по сравнению с показателями детей с оценкой рSOFA менее 8 баллов. У всех пациентов, независимо от возраста, выявлена отрицательная корреляционная зависимость средней силы между оценкой рSOFA и фракцией выброса по Тейхольцу, при этом особенно выраженной она была у детей в возрасте 7–17 лет ( $R = -0,41$ ;  $p = 0,008$ ). Установлено наличие положительной корреляции между частотой сердечных сокращений и оценкой по шкале рSOFA у детей этой же возрастной группы ( $R = 0,72$ ;  $p = 0,009$ ). При оценке дискриминационной способности шкал рSOFA и Phoenix Sepsis Score в отношении исхода в первые сутки лечения в отделении реанимации и интенсивной терапии установлено, что последняя обладает большей прогностической значимостью (AUC 0,866 против 0,838; чувствительность 76 % против 72 %; специфичность 82 % против 79 %).

**Заключение.** Синдром малого сердечного выброса и системная гипоксия являются ключевыми факторами, ассоциированными с летальным исходом тяжелых инфекций центральной нервной системы у детей. Высокая клиническая значимость фракции выброса при прогнозировании исхода тяжелых инфекций центральной нервной системы у детей, независимо от возраста, позволяет использовать данный параметр для цель-ориентированной терапии.

**Ключевые слова:** полиорганная дисфункция; инфекции центральной нервной системы; дети; сердечно-сосудистая дисфункция; фракция выброса; исход.

## Как цитировать

Ермоленко К.Ю., Пшениснов К.В., Александрович Ю.С. Александрович И.В., Конев А.И. Полиорганная дисфункция при инфекциях центральной нервной системы у детей // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 45–55. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1770>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1770>

# Multiple-organ dysfunction in children with central nervous system infections

Kseniya Yu. Ermolenko<sup>1,2</sup>, Konstantin V. Pshenisnov<sup>1</sup>, Yurii S. Aleksandrovich<sup>1</sup>,  
Irina V. Aleksandrovich<sup>3</sup>, Alexandr I. Konev<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia;

<sup>2</sup> Children's Research and Clinical Center for Infectious Diseases, Saint Petersburg, Russia;

<sup>3</sup> North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Multiple-organ dysfunction syndrome is one of the most dangerous complications of critical illness in children, which helps determine the disease outcomes.

**AIM:** This study aimed to examine the features of multiple-organ dysfunction syndrome in children with severe central nervous system (CNS) infection and identify factors that determine disease outcomes.

**MATERIALS AND METHODS:** This single-center, retrospective, observational study enrolled 98 patients, which included 66 (67%) boys and 32 (33%) girls. The average age was  $3.6 \pm 2.5$  years. The Glasgow coma scale (GCS) score was  $8.8 \pm 2.4$  points. Shock was diagnosed in 43 (44%) patients. The average treatment duration in the intensive care unit (ICU) was  $9.5 \pm 6.2$  days, the duration of mechanical ventilation was  $6.0 \pm 3.9$  days, and the mortality rate was 9%. Depending on the outcome, the children were divided into groups I (recovery,  $n = 88$ ) and II (death,  $n = 10$ ). All indicators were recorded in the first 12 h from ICU admission.

**RESULTS:** The most pronounced phenomena of cardiovascular dysfunction, such as decreased Teicholtz ejection fraction (62.3 L/min), were observed when the pSOFA scale score was  $>10$  points, which was statistically significant when compared with the indicators in children with a pSOFA scale score of  $<8$  points. In all patients, regardless of age, a negative correlation of moderate strength was found between the pSOFA scale score and the Teicholtz ejection fraction, and it was pronounced in children aged 7–17 years ( $R = -0.41$ ;  $p = 0.008$ ). A positive correlation was found between heart rate and pSOFA scale score in children aged 7–17 years ( $R = 0.72$ ;  $p = 0.009$ ). In the evaluation of the discriminatory ability of the pSOFA scale and Phoenix sepsis scores regarding the outcome on the first day of treatment in the ICU, the latter has greater prognostic significance (area under the curve, 0.866 vs 0.838; sensitivity, 76% vs 72%; specificity, 82% vs 79%).

**CONCLUSIONS:** Low cardiac output syndrome and systemic hypoxia are key factors associated with fatal outcomes in children with severe CNS infections. The high clinical significance of the ejection fraction in predicting the outcomes of severe CNS infections in children, regardless of age, allows the use of this parameter for goal-oriented therapy.

**Keywords:** multiple-organ dysfunction; CNS infections; children; cardiovascular dysfunction; ejection fraction; outcome.

## To cite this article

Ermolenko KYu, Pshenisnov KV, Aleksandrovich YuS, Aleksandrovich IV, Konev AI. Multiple-organ dysfunction in children with central nervous system infections. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):45–55. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1770>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1770>

## 儿童中枢神经系统感染中的多器官功能障碍

Kseniya Yu. Ermolenko<sup>1,2</sup>, Konstantin V. Pshenishnov<sup>1</sup>, Yurii S. Aleksandrovich<sup>1</sup>,  
Irina V. Aleksandrovich<sup>3</sup>, Alexandr I. Konev<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia;

<sup>2</sup> Children's Research and Clinical Center for Infectious Diseases, Saint Petersburg, Russia;

<sup>3</sup> North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov, Saint Petersburg, Russia

### 摘要

**论证。**多器官功能障碍综合征是儿童危重症最可怕的并发症之一，它决定着疾病的结局。

本研究旨在研究儿童严重神经感染多器官功能障碍综合征病程的特殊性，并找出决定疾病结局的因素。

**材料与方**法。本研究是一项单中心、回顾性、观察性研究。共对98名患者进行了研究，其中66名（67%）为男孩，32名（33%）为女孩。平均年龄为 $3.6 \pm 2.5$ 岁。格拉斯哥昏迷量表评分为 $(8.8 \pm 2.4)$ 分。根据临床症状诊断出休克的患者有43人（44%），根据pSOFA量表诊断出心功能不全的患者有26人。在重症监护室的平均治疗时间为 $(9.5 \pm 6.2)$ 天，呼吸支持时间为 $(6.0 \pm 3.9)$ 天。死亡率为9.2%。根据结果，儿童被分为两组：第一组—恢复期（89人），第二组—死亡期（9人）。所有参数都记录在进入重症监护室后的最初12小时内。

**结果。**研究发现，当pSOFA评分超过10分时，以Teicholz射血分数下降（62.3%）为形式的心血管功能障碍现象最为明显，这与pSOFA评分低于8分的儿童指标相比具有统计学意义。在所有患者中，无论年龄大小，pSOFA评分与Teicholz射血分数之间均呈中等强度的负相关。7-17岁儿童的相关性尤其明显（ $R = -0.41$ ； $p = 0.008$ ）。在同一年龄组的儿童中，心率与pSOFA评分之间存在正相关（ $R = 0.72$ ； $p = 0.009$ ）。在评估pSOFA和Phoenix Sepsis评分量表对重症监护室第一天治疗结果的判别能力时，发现后者的预测价值更高（AUC 0.866比0.838；灵敏度 76%比72%；特异性 82%比79%）。

**结论。**低心输出量综合征和全身缺氧是导致儿童严重中枢神经系统感染死亡的关键因素。无论年龄大小，射血分数在预测儿童严重中枢神经系统感染的预后方面都具有重要的临床意义，因此我们可以利用这一参数进行靶向治疗。

**关键词：**多器官功能障碍；中枢神经系统感染；儿童；心血管功能障碍；射血分数；预后。

### 引用本文

Ermolenko KYu, Pshenishnov KV, Aleksandrovich YuS, Aleksandrovich IV, Konev AI. 儿童中枢神经系统感染中的多器官功能障碍. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1)45–55. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1770>

收到: 11.01.2024

接受: 27.02.2024

发布日期: 28.03.2024

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Синдром полиорганной дисфункции (СПОД) — одно из наиболее грозных осложнений критических состояний у детей, определяющее исход заболевания и качество жизни пациента в ближайшие годы жизни, что особенно значимо для педиатрической практики, поскольку все периоды детства подразумевают активный рост и развитие органов и систем, которое невозможно в условиях болезни [1–3].

Морфофункциональная незрелость является причиной того, что при оказании помощи детям в критическом состоянии необходимо учитывать высокую вероятность вторичного ятрогенного повреждения органов и систем на фоне агрессивных мероприятий интенсивной терапии [1, 4].

Важнейшее звено патогенеза СПОД — расстройства кровообращения и гемостаза на уровне микроциркуляторного русла, обусловленные эндотелиальной дисфункцией. Клинические проявления СПОД на начальных этапах развития определяются симптомами поражения того органа или системы органов, которые имели недостаточные резервы компенсации и пострадали в первую очередь [5–7].

При тяжелых инфекциях центральной нервной системы (ЦНС) на фоне первичного поражения головного мозга и прогрессирующего цитотоксического отека развивается внутричерепная гипертензия, одним из первых клинических проявлений которой является тошнота и неукротимая рвота, не приносящие облегчения. Это, в свою очередь, приводит к дисфункции желудочно-кишечного тракта и кардиореспираторным расстройствам на фоне тяжелой дегидратации, метаболических нарушений и расстройств водно-электролитного баланса. Значительные потери жидкости становятся причиной гемоконцентрации, которая лежит в основе коагулопатии с высокой вероятностью развития ДВС-синдрома. На фоне прогрессирующей полиорганной дисфункции и истощения функциональных резервов возникает срыв механизмов ауторегуляции гомеостаза, что приводит к манифестации СПОД, требующего протезирования жизненно важных функций. У пациентов с тяжелыми инфекциями ЦНС и сепсисом тяжесть течения и исход заболевания в большинстве случаев определяется адекватностью системной перфузии, а следовательно,

и церебральной перфузии на фоне имеющейся внутричерепной гипертензии [4, 7, 8].

В январе 2024 г. был опубликован международный консенсус по диагностике и лечению сепсиса у детей, в котором авторы предлагают абсолютно новый подход к диагностике септического шока и полиорганной дисфункции у детей на основании оценочной шкалы Phoenix Sepsis Score, эффективность которой требует подтверждения в клинической практике, что свидетельствует о несомненной актуальности рассматриваемой проблемы [7].

*Цель исследования* — изучение особенности течения и исхода полиорганной дисфункции у детей с тяжелыми инфекционными заболеваниями ЦНС.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена на базе кафедры анестезиологии, реаниматологии и неотложной педиатрии факультета послевузовского и дополнительного профессионального образования ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации — в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ) ФГБУ «Детский научный клинический центр инфекционных болезней» Федерального медико-биологического агентства России в период с 2016 по 2019 г.

Дизайн исследования — одноцентровое, ретроспективное, наблюдательное. Одобрено локальным этическим комитетом ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (протокол № 19/01 от 17.12.2022). Обследовано 98 пациентов — 66 (67 %) мальчиков и 32 (33 %) девочки в возрасте от 1 мес. до 18 лет, средний возраст которых составил  $3,6 \pm 2,5$  года.

Критерии включения: тяжелое течение инфекций ЦНС; необходимость проведения инвазивной искусственной вентиляции легких (ИВЛ); наличие синдрома системного воспалительного ответа.

Критерии исключения: пациенты с органическими заболеваниями ЦНС.

Дети с врожденной и генетической патологией в исследование включены не были.

Таблица 1. Характеристика пациентов в зависимости от исхода заболевания

Table 1. Characteristics of patients depending on the disease outcomes

Показатель	Выздоровление	Летальный исход	p
Возраст, лет	$3,28 \pm 2,1$	$4,60 \pm 2,1$	>0,05
Длительность лечения в отделении реанимации и интенсивной терапии, сут	$11,69 \pm 5,77$	$2,2 \pm 2,25$	<0,05
Длительность искусственной вентиляции легких, ч	$157,43 \pm 93,01$	$52,8 \pm 50,02$	<0,05
Катехоламиновый индекс	5 (0–24)	112,5 (71,25–115)	<0,05
Оценка по шкале pSOFA на момент поступления в отделение реанимации и интенсивной терапии, балл	$7,54 \pm 2,85$	$12,40 \pm 2,88$	<0,05

В 65 % случаев у детей с нейроинфекциями диагностировали бактериальный гнойный менингит. Наиболее частыми возбудителями были менингококк (40,8 %), пневмококк (8,2 %) и гемофильная палочка (8,2 %). Энцефалит имел место у 25 % пациентов. Менингоэнцефалит неуточненной бактериальной и вирусной этиологии был установлен в 10 % случаев.

Средняя оценка по шкале комы Глазго при поступлении составила  $8,8 \pm 2,4$  балла. У 43 (44 %) пациентов при поступлении в ОРИТ был диагностирован септический шок. Средняя продолжительность лечения в ОРИТ —  $9,5 \pm 6,2$  дня, длительность ИВЛ —  $6,0 \pm 3,9$  сут. Летальность составила 9 %. Смерть пациента в ОРИТ была определена как неблагоприятный исход заболевания. В зависимости от исхода заболевания все дети были разделены на две группы: «выздоровление» —  $n = 89$ , «летальный исход» —  $n = 9$ . Характеристика пациентов представлена в табл. 1.

Всем пациентам проводили стандартное клинико-лабораторное обследование, включающее оценку показателей гемограммы, коагулограммы, биохимического анализа крови, газового состава и кислотно-основного состояния крови. Для оценки степени выраженности органной дисфункции использовали шкалы рSOFA и Phoenix Sepsis Score [7]. Все показатели регистрировали в первые 12 ч с момента поступления в ОРИТ.

С целью анализа особенностей гемодинамического профиля в зависимости от оценки по шкале рSOFA пациенты были разделены на III группы:

I группа — оценка по шкале рSOFA <8 баллов ( $n = 43$ );

II группа — оценка по шкале рSOFA 8–10 баллов ( $n = 33$ );

III группа — оценка по шкале рSOFA >10 баллов ( $n = 22$ ).

Систолическую функцию сердца оценивали путем определения фракции выброса по Тейхольцу. Ультразвуковые исследования выполняли с помощью секторального датчика ультразвукового сканера Mindray M7 (Mindray™, Китай).

Для статистической обработки материала использовали программные средства пакетов Statistica for Windows, v. 10 (StatSoft, США). При соответствии данных закону о нормальном распределении проверку гипотезы

о статистической однородности двух выборок производили с помощью критериев Стьюдента и хи-квадрат Пирсона, при отличном от нормального — при помощи критерия Вилкоксона. Для анализа связи между признаками применяли ранговый корреляционный анализ (критерий Спирмена). Дискриминационную способность прогностических шкал оценивали с помощью ROC-анализа.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При поступлении в ОРИТ более чем у 56 % детей имела место полиорганная дисфункция (оценка по шкале рSOFA >8 баллов), у детей с летальным исходом заболевания она была значительно выше, >10 баллов.

Выявленные различия между группами были статистически значимыми ( $p < 0,005$ ). В динамике, у детей с благоприятным исходом заболевания, дисфункция внутренних органов регрессировала, в то время как у умерших пациентов отмечалось увеличение количества систем, вовлеченных в патологический процесс (рис. 1). Чаще всего у детей имели место острая дыхательная (96 %) и церебральная недостаточность (91 %) (табл. 2).

С помощью шкалы рSOFA, наиболее чувствительной и специфичной у пациентов с тяжелыми нейроинфекциями, установлена значимость отдельных компонентов органной дисфункции.

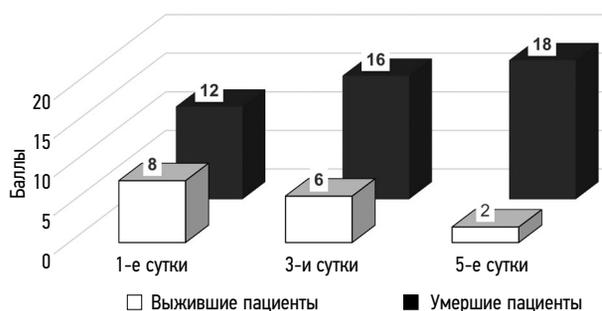


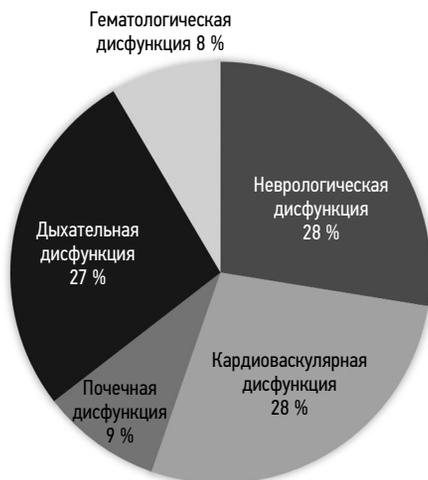
Рис. 1. Оценка по шкале рSOFA в первые 5 сут лечения в отделении реанимации и интенсивной терапии в зависимости от исхода заболевания

Fig. 1. рSOFA scale score in the first 5 days of treatment in the intensive care unit depending on the disease outcomes

Таблица 2. Частота поражения систем органов в зависимости от сроков лечения в отделении реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ)

Table 2. Frequency of organ system damage depending on the treatment duration in the intensive care unit

Органная дисфункция	Сутки пребывания в ОРИТ					
	1-е сутки		3-и сутки		5-е сутки	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
Церебральная недостаточность	28	28	13	14	7	8
Кардиоваскулярная дисфункция	28	28	24	26	14	15
Дисфункция почек	8	9	15	16	11	12
Дыхательная недостаточность	26	27	15	16	6	7
Дисфункция системы крови	7	8	4	5	3	3



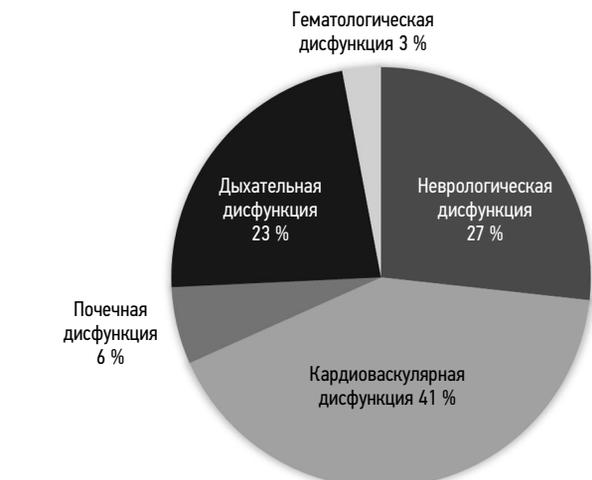
**Рис. 2.** Вовлеченность систем органов в синдром полиорганной дисфункции у детей с тяжелым течением инфекций центральной нервной системы

**Fig. 2.** Involvement of organ systems in multiple-organ dysfunction syndrome in children with severe central nervous system infections

Основными элементами синдрома ПОД, определяющими тяжесть критического состояния и исход, были наличие дисфункции ЦНС, дыхательной и сердечно-сосудистой систем, что явилось статистически значимым (рис. 2).

У пациентов с летальным исходом преобладало поражение сердечно-сосудистой системы с развитием кардиоваскулярной дисфункции, которая имела место в 41 % случаев, в то время как дисфункция нервной системы была выявлена лишь в 27 % случаев (рис. 3).

При поступлении в ОПИТ оценка по шкале pSOFA >10 баллов имела место у 22 (22,5 %) детей, 7 (7,2 %) пациентов погибли в первые сутки лечения. К третьим суткам терапии число пациентов с оценкой pSOFA >10 баллов



**Рис. 3.** Структура полиорганной дисфункции у пациентов с летальным исходом

**Fig. 3.** Structure of multiple-organ dysfunction in patients with fatal outcomes

уменьшилось до 6 (7 %) детей, один ребенок погиб. На пятые сутки оценка pSOFA >10 баллов была только у одного пациента, в последующем наступил летальный исход (табл. 3).

В первые сутки лечения в структуре полиорганной дисфункции преобладало поражение ЦНС, дыхательной и сердечно-сосудистой систем, на третьи сутки на первое место выходят кардиоваскулярная, респираторная и почечная дисфункции, а на пятые сутки тяжесть состояния в большинстве случаев определяется наличием гемодинамических нарушений и острого почечного повреждения.

Таким образом, оценка степени тяжести поражения ЦНС, сердечно-сосудистой системы и почек на пятые сутки

**Таблица 3.** Оценка по шкале pSOFA в зависимости от сроков лечения в отделении реанимации и интенсивной терапии и исхода заболевания

**Table 3.** pSOFA scale score depending on the treatment duration in the intensive care unit and disease outcome

Органная дисфункция	Всего		Выздоровление		Смерть	
	абс.	%	абс.	%	абс.	%
<b>1-е сутки лечения (n = 98)</b>						
pSOFA <8 баллов	43	44	43	44	0	0
pSOFA 8–10 баллов	33	34	31	32	2	2
pSOFA > 10 баллов	22	22	15	15	7	7
<b>3-и сутки лечения (n = 91)</b>						
pSOFA <8 баллов	61	67	61	67	0	0
pSOFA 8–10 баллов	24	26	24	26	0	0
pSOFA >10 баллов	6	7	5	5	1	2
<b>5-е сутки лечения (n = 91)</b>						
pSOFA <8 баллов	83	92	83	92	0	0
pSOFA 8–10 баллов	6	7	6	7	0	0
pSOFA >10 баллов	1	1	0	0	1	1

**Таблица 4.** Особенности гемодинамического профиля в зависимости от оценки по шкале pSOFA**Table 4.** Hemodynamic profiles depending on the pSOFA scale score

Показатель	pSOFA <8 баллов	pSOFA 8–10 баллов	pSOFA >10 баллов
Систолическое артериальное давление, мм рт. ст.	102,6±12,2	89,2±16,3	82,6±22,1
Диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.	61,1±11,3	51,1±15,7	43,6±19,5
Среднее артериальное давление, мм рт. ст.	72,6±11,0	61,6±15,8	56,9±20,5
Частота сердечных сокращений, уд./мин	126,1±31,6	132,8±36,0	159,2±36,6
Фракция выброса по Тейхольцу, %	67,9±8,6	66,0±10,6	62,3±11,9, $p = 0,012$

лечения в ОРИТ имеют решающее значение для прогнозирования исхода критического состояния при тяжелых инфекциях ЦНС у детей.

Особенности гемодинамического профиля в зависимости от оценки по шкале pSOFA представлены в табл. 4.

Во всех трех группах на момент поступления в ОРИТ отмечалось увеличение частоты сердечных сокращений (ЧСС), однако в III группе оно было более выраженным, хотя это и не было статистически значимым. Максимально выраженные изменения имели место в III группе в виде снижения фракции выброса по Тейхольцу (62,3 %), при этом по сравнению с показателями I группы различия были статистически значимыми.

На основании полученных результатов мы считаем, что снижение фракции выброса левого желудочка по Тейхольцу при поступлении в ОРИТ являются предикторами неблагоприятного исхода заболевания.

С помощью корреляционного анализа выявлены зависимости между оценкой по шкале pSOFA и показателями гемодинамического профиля в зависимости от возраста пациента (табл. 5).

У всех пациентов, независимо от возраста, установлена отрицательная корреляционная зависимость средней силы между оценкой по шкале pSOFA и фракцией выброса по Тейхольцу, при этом особенно выраженной она была

у детей в возрасте 7–17 лет ( $R = -0,41$ ;  $p = 0,008$ ). Кроме этого, обращает на себя внимание наличие положительной корреляции между ЧСС и оценкой по шкале pSOFA у детей той же возрастной группы ( $R = 0,72$ ;  $p = 0,009$ ).

Полученные результаты позволяют говорить о высокой клинической значимости показателей ЧСС и фракции выброса при прогнозировании исхода тяжелых инфекций ЦНС у детей, независимо от возраста.

При анализе показателей газового состава и кислотно-основного состояния крови в зависимости от исхода заболевания установлено, что при поступлении в ОРИТ статистически значимые различия отсутствовали, за исключением отношения  $SpO_2/FiO_2$ , которое у пациентов с летальным исходом было на 25 % ниже по сравнению с показателями детей с благоприятным исходом ( $181,82 \pm 71,67$  vs  $241,48 \pm 40,16$ ;  $p < 0,05$ ).

Обращает на себя внимание, что продолжительность ИВЛ также была статистически значимо меньше при летальном исходе ( $2,09 \pm 2,17$  vs  $6,53 \pm 3,86$ ;  $p < 0,05$ ), что свидетельствует о крайне тяжелом состоянии пациентов и их гибели в первые несколько суток после поступления в стационар.

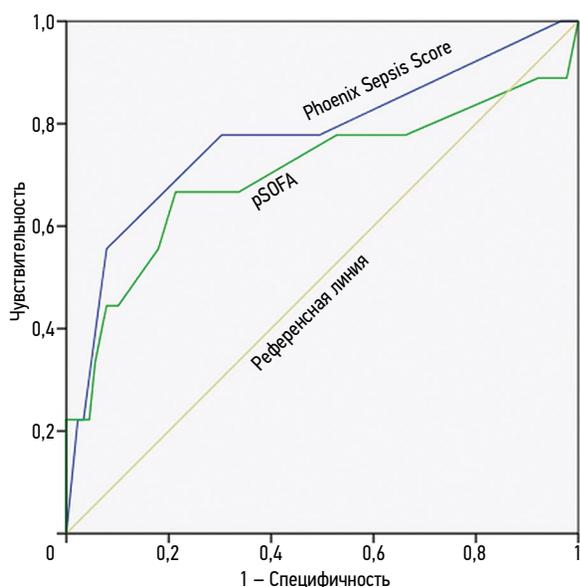
При оценке дискриминационной способности шкал pSOFA и Phoenix Sepsis Score (2024) в отношении исхода в первые сутки лечения в ОРИТ установлено,

**Таблица 5.** Корреляционные зависимости между показателями гемодинамики и оценкой по шкале pSOFA в зависимости от возраста**Table 5.** Correlation between hemodynamic parameters and pSOFA scale score depending on age

Показатели гемодинамики	Возрастные группы			
	до года	1–3 года	4–7 лет	7–17 лет
Систолическое артериальное давление, мм рт. ст.	-0,098, $p = 0,07$	-0,250, $p = 0,06$	-0,076, $p = 0,078$	-0,235, $p = 0,08$
Диастолическое артериальное давление, мм рт. ст.	-0,007, $p = 0,09$	-0,156, $p = 0,087$	-0,166, $p = 0,11$	-0,249, $p = 0,1$
Среднее артериальное давление, мм рт. ст.	-0,040, $p = 0,12$	-0,198, $p = 0,16$	-0,141, $p = 0,09$	-0,250, $p = 0,12$
Частота сердечных сокращений, уд./мин	0,0856, $p = 0,08$	0,0985, $p = 0,075$	0,144, $p = 0,08$	0,722, $p = 0,009$
Фракция выброса по Тейхольцу, %	-0,354, $p = 0,013$	-0,293, $p = 0,011$	-0,394, $p = 0,012$	-0,41, $p = 0,008$

**Таблица 6.** Оценка прогностической значимости шкал pSOFA и Phoenix Sepsis Score**Table 6.** Assessment of the prognostic significance of the pSOFA scale and Phoenix sepsis scores

Шкала	AUC	Стандартная ошибка	Чувствительность	Специфичность	Индекс Йодена
Phoenix	0,866	0,098	76 %	82 %	>6
pSOFA	0,838	0,063	72 %	79 %	>9



**Рис. 4.** Дискриминационная способность шкал pSOFA и Phoenix Sepsis Score при прогнозировании исходов тяжелых инфекций центральной нервной системы у детей

**Fig. 4.** Discriminatory ability of the pSOFA scale and Phoenix sepsis scores in predicting the outcomes of severe central nervous system infections in children

что последняя обладает большей чувствительностью и специфичностью, а следовательно, и прогностической значимостью (табл. 6, рис. 4).

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

При анализе особенностей течения полиорганной дисфункции у детей с тяжелыми инфекциями ЦНС было установлено, что чаще всего диагностируется первичная церебральная недостаточность, прогрессирование которой приводит к дисфункции желудочно-кишечного тракта, и как следствие этого, к вторичному поражению сердечно-сосудистой системы, что сопоставимо с результатами исследований других авторов [9].

В то же время, при оценке структуры СПОД при хирургических инфекциях выявлено, что в первую очередь в патологический процесс вовлекается дыхательная система с последующим поражением сердечно-сосудистой системы и ЦНС. При поражении сердца отмечалось снижение ударного и сердечного индексов на 48 и 43 % соответственно, что в свою очередь приводило к снижению церебрального перфузионного давления и лежало в основе вторичной церебральной недостаточности [10].

Несмотря на различия в структуре СПОД в зависимости от основного заболевания, именно наличие кардиоваскулярной недостаточности определяет не только тяжесть состояния пациента при поступлении в ОРИТ и в ближайшие трое суток лечения в стационаре, но и исход заболевания, поэтому ее максимально ранняя диагностика и незамедлительная коррекция позволят значительно улучшить результаты лечения [7, 9, 11, 12].

В контент-анализе заключений, собранных в ОРИТ 8 больниц, установлено, что одной из причин, приводящих к осложнениям и летальным исходам, является низкий сердечный выброс. Это свидетельствует о его клинико-прогностической значимости и необходимости максимально раннего выявления, что позволит существенно улучшить результаты лечения [13].

В последние годы большое внимание уделяется септической кардиопатии, которую многие авторы считают важнейшим патогенетическим звеном сепсиса, поскольку сердечная недостаточность вносит существенный вклад в его исходы [14–17].

N. Ravikumар и соавт. [18] установили, что частота септической кардиопатии у пациентов с септическим шоком составляет 18–40 %, при этом летальность у пациентов с диагностированной септической кардиопатией находится в диапазоне 70–90 % [18].

N. Makwana и P.V. Vaines [19] так же отмечают, что у детей с сепсисом, особенно на фоне фульминантной менингококковой инфекции, низкий сердечный выброс на фоне дисфункции миокарда имеет существенное значение и часто становится причиной фатальных исходов [19].

Нельзя не отметить, что по мнению F. Carmona и соавт. [20], при ранней диагностике и своевременной коррекции терапии дисфункция миокарда полностью обратима с нормализацией фракции выброса у выживших через 3–7 дней от начала лечения [20].

Несомненно, что на момент поступления пациента в ОРИТ, на основании лишь клинических признаков невозможно адекватно оценить тяжесть состояния пациента и выявить кардиоваскулярную дисфункцию. Несмотря на то что оценка по шкале pSOFA является одним из надежных инструментов оценки тяжести и прогнозирования исхода септического шока у детей, она не позволяет выявить ключевое звено патогенеза шока, на которое должно быть направлено лечение, поэтому необходим комплексный анализ всех имеющихся клинико-лабораторных данных с применением методов трансторакальной ультразвуковой визуализации [21]. Это подтверждается и тем, что, по данным представленного исследования, кардиальная дисфункция по шкале pSOFA имела место всего лишь у 26 (26,6 %) пациентов, в то время как снижение фракции выброса левого желудочка, сопровождающееся клиническими признаками шока, имело место у 43 (44 %) пациентов. Полученные результаты могут свидетельствовать как о вторичном поражении миокарда в структуре синдрома полиорганной дисфункции при тяжелом течении инфекций ЦНС у детей, так и о недостаточной дискриминационной способности компонентов шкалы pSOFA, оценивающих тяжесть поражения сердечно-сосудистой системы. С целью проверки возникших гипотез необходимы дальнейшие исследования.

## ВЫВОДЫ

1. Синдром дисфункции миокарда является ключевым фактором, свидетельствующим о высокой вероятности летального исхода тяжелых инфекций ЦНС у детей.

2. Отношение  $SpO_2/FiO_2$  менее 200 является предиктором неблагоприятного исхода тяжелых инфекций ЦНС в первые сутки лечения в ОРИТ.

3. Шкала Phoenix Sepsis Score обладает большей дискриминационной способностью при прогнозировании исходов тяжелых инфекций ЦНС у детей по сравнению со шкалой pSOFA.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Личный вклад каждого автора: К.Ю. Ермоленко — обобщение и статистический анализ первичных данных, написание статьи; К.В. Пшениснов — редактирование и подготовка рукописи к печати; Ю.С. Александрович — редактирование рукописи; И.В. Александрович — сбор первичных клинических данных, оформление рисунков; А.И. Конев — анализ первичных данных.

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

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

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

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors' contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. Personal contribution of each author: K.Yu. Ermolenko — summarizing and statistical analysis of primary data, writing an article; K.V. Pshenisnov — editing and preparation of the manuscript; Yu.S. Aleksandrovich — planning, design and organization of the study, editing the manuscript; I.V. Aleksandrovich — collection of primary clinical data, design of figures; A.I. Konev — analysis of primary data.

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

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

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лекманов А.У., Миронов П.И. Сепсис в педиатрической практике — пора договариваться // Российский вестник перинатологии и педиатрии. 2020. Т. 65, № 3. С. 131–137. EDN: XVXJFX doi: 10.21508/1027-4065-2020-65-3-131-137
2. Gaudenzi G., Kumbakumba E., Rasti R., et al. Point-of-care approaches for meningitis diagnosis in a low-resource setting (Southwestern Uganda): observational cohort study protocol of the "PI-POC" trial // JMIR Res Protoc. 2020. Vol. 9, N. 11. ID 21430. doi: 10.2196/21430
3. Srinivasan S., Cornell T.T. Bedside ultrasound in pediatric critical care: A review // *Pediatr Crit Care Med*. 2011. Vol. 12, N. 6. P. 667–674. doi: 10.1097/PCC.0b013e318223147e
4. Лекманов А.У., Миронов П.И., Александрович Ю.С., и др. Сепсис у детей: федеральные клинические рекомендации (проект) // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2021. Т. 11, № 2. С. 241–292. EDN: UDVCKO doi: 10.17816/psaic969
5. Carcillo J.A., Podd B., Aneja R., et al. Pathophysiology of pediatric multiple organ dysfunction syndrome // *Pediatr Crit Care Med*. 2017. Vol. 18, N. 3, P. S32–S45. doi: 10.1097/PCC.0000000000001052
6. Weiss S.L., Peters M.J., Alhazzani W., et al. Surviving sepsis campaign international guidelines for the management of septic shock and sepsis-associated organ dysfunction in children // *Pediatr Crit Care Med*. 2020. Vol. 21, N. 2. P. e52–e106. doi: 10.1097/PCC.0000000000002198
7. Schlapbach L.J., Watson R.S., Sorce L.R., et al. International consensus criteria for pediatric sepsis and septic shock // *JAMA*. 2024. ID 179. doi: 10.1001/jama.2024.0179
8. Boedtha N.P., Schlapbach L.J., Driessen G.J., et al. Mortality and morbidity in community-acquired sepsis in European pediatric intensive care units: a prospective cohort study from the European Childhood Life-threatening Infectious Disease Study (EUCLIDS) // *Crit Care Med*. 2018. Vol. 22, N. 1. ID 143. doi: 10.1186/s13054-018-2052-7
9. Алимova X.П., Мустакимов А.А., Сабиров Д.С., и др. Острые нарушения сердечно-сосудистой системы у детей при синдроме полиорганной недостаточности // *Московская медицина*. 2019. № 4. С. 45–46. EDN: JALAQС
10. Котляров А.Н., Чуриков В.В., Абушкин И.А. Инновационные стратегии снижения риска развития полиорганной недостаточности тяжелого сепсиса при хирургической инфекции у детей // *Человек. Спорт. Медицина*. 2013. Т. 13, № 1. С. 126–131. EDN: PYACHL
11. Кулагин А.Е. Шок: патогенез, классификация, принципы неотложной терапии у детей: учебно-методическое пособие. Минск: БГМУ, 2017. 44 с.
12. Davis A.L., Carcillo J.A., Aneja R.K., et al. American college of critical care medicine clinical practice parameters for hemodynamic support of pediatric and neonatal septic shock // *Crit Care Med*. 2017. Vol. 45, N. 6. P. 1061–1093. doi: 10.1097/CCM.0000000000002425
13. Meert K.L., Banks R., Holubkov R., et al. Morbidity and mortality in critically ill children. II. A Qualitative patient-level analysis of patho-

physiologies and potential therapeutic solutions // *Crit Care Med*. 2020. Vol. 48, N. 6. P. 799–807. doi: 10.1097/CCM.0000000000004332

14. Козлов И.А., Тюрин И.Н. Септическая кардиопатия: спорные вопросы и перспективы // *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2020. Т. 17, № 2. С. 49–58. EDN: LQXHMK doi: 10.21292/2078-5658-2020-17-2-49-58

15. Beesley S.J., Weber G., Sarge T., et al. Septic cardiomyopathy // *Crit Care Med*. 2018. Vol. 46, N. 4. P. 625–634. doi: 10.1097/CCM.0000000000002851

16. Lima M.R., Silva D. Septic cardiomyopathy: A narrative review // *Rev Port Cardiol*. 2023. Vol. 42, N. 5. P. 471–481. doi: 10.1016/j.repc.2021.05.020

17. Pei X.-B., Liu B. Research progress on the mechanism and management of septic cardiomyopathy: a comprehensive review // *Emerg Med Int*. 2023. Vol. 2023. ID 8107336. doi: 10.1155/2023/8107336

## REFERENCES

1. Lekmanov AU, Mironov PI. Pediatric sepsis — time to reach agreement. *Russian Bulletin of Perinatology and Pediatrics*. 2020;65(3):131–137. EDN: XVXJFX doi: 10.21508/1027-4065-2020-65-3-131-137

2. Gaudenzi G, Kumbakumba E, Rasti R, et al. Point-of-care approaches for meningitis diagnosis in a low-resource setting (Southwestern Uganda): observational cohort study protocol of the “PI-POC” trial. *JMIR Res Protoc*. 2020;9(11):21430. doi: 10.2196/21430

3. Srinivasan S, Cornell TT. Bedside ultrasound in pediatric critical care: A review. *Pediatr Crit Care Med*. 2011;12(6):667–674. doi: 10.1097/PCC.0b013e318223147e

4. Lekmanov AU, Mironov PI, Aleksandrovich YuS, et al. Sepsis in children: federal clinical guideline (draft). *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2021;11(2):241–292. EDN: UDVCKO doi: 10.17816/psaic969

5. Carcillo JA, Podd B, Aneja R, et al. Pathophysiology of pediatric multiple organ dysfunction syndrome. *Pediatr Crit Care Med*. 2017;18(3):S32–S45. doi: 10.1097/PCC.0000000000001052

6. Weiss SL, Peters MJ, Alhazzani W, et al. Surviving sepsis campaign international guidelines for the management of septic shock and sepsis-associated organ dysfunction in children. *Pediatr Crit Care Med*. 2020;21(2):e52–e106. doi: 10.1097/PCC.0000000000002198

7. Schlapbach LJ, Watson RS, Sorce LR, et al. International consensus criteria for pediatric sepsis and septic shock. *JAMA*. 2024;179. doi: 10.1001/jama.2024.0179

8. Boeddha NP, Schlapbach LJ, Driessen GJ, et al. Mortality and morbidity in community-acquired sepsis in European pediatric intensive care units: a prospective cohort study from the European Childhood Life-threatening Infectious Disease Study (EUCLIDS). *Crit Care Med*. 2018;22(1):143. doi: 10.1186/s13054-018-2052-7

9. Alimova KP, Mustakimov AA, Sabirov DS, et al. Acute cardiovascular system disorders in children with multiorgan failure syndrome. *Moscow Medicine*. 2019;(4):45–46. EDN: JALAQ (In Russ.)

10. Kotlyarov AN, Churikov VV, Abuchkin IA. Development of multiorgan dysfunction (MODS) in case of surgical infection in children. *Human. Sport. Medicine*. 2013;13(1):126–131. EDN: PYACHL

18. Ravikumar N., Sayed M.A., Poonsuph C.J., et al. Septic cardiomyopathy: from basics to management choices // *Curr Probl Cardiol*. 2021. Vol. 46, N. 4. ID 100767. doi: 10.1016/j.cpcardiol.2020.100767

19. Makwana N., Baines P.B. Myocardial dysfunction in meningococcal septic shock // *Curr Opin Crit Care*. 2005. Vol. 11, N. 5. P. 418–423. doi: 10.1097/01.ccx.0000176699.51456.13

20. Carmona F., Manso P.H., Silveira V.S., et al. Inflammation, myocardial dysfunction, and mortality in children with septic shock: an observational study // *Pediatr Cardiol*. 2014. Vol. 35, N. 3. P. 463–470. doi: 10.1007/s00246-013-0801-6

21. Ермоленко К.Ю., Александрович Ю.С., Пшениснов К.В., и др. Оценка эффективности использования прогностических шкал у детей с нейроинфекциями // *Инфекционные болезни*. 2021. Т. 19, № 2. С. 76–82. EDN: MOG0PF doi: 10.20953/1729-9225-2021-2-76-82

11. Kulagin AE. *Shock: pathogenesis, classification, principles of emergency therapy in children: teaching manual*. Minsk: BGMU, 2017. 44 p. (In Russ.)

12. Davis AL, Carcillo JA, Aneja RK, et al. American college of critical care medicine clinical practice parameters for hemodynamic support of pediatric and neonatal septic shock. *Crit Care Med*. 2017;45(6):1061–1093. doi: 10.1097/CCM.0000000000002425

13. Meert KL, Banks R, Holubkov R, et al. Morbidity and mortality in critically ill children. II. A Qualitative patient-level analysis of pathophysiology and potential therapeutic solutions. *Crit Care Med*. 2020;48(6):799–807. doi: 10.1097/CCM.0000000000004332

14. Kozlov IA, Tyurin IN. Septic cardiopathy: disputable issues and prospects. *Messenger of anesthesiology and resuscitation*. 2020;17(2):49–58. EDN: LQXHMK doi: 10.21292/2078-5658-2020-17-2-49-58

15. Beesley SJ, Weber G, Sarge T, et al. Septic cardiomyopathy. *Crit Care Med*. 2018;46(4):625–634. doi: 10.1097/CCM.0000000000002851

16. Lima MR, Silva D. Septic cardiomyopathy: A narrative review. *Rev Port Cardiol*. 2023;42(5):471–481. doi: 10.1016/j.repc.2021.05.020

17. Pei X.-B., Liu B. Research progress on the mechanism and management of septic cardiomyopathy: a comprehensive review. *Emerg Med Int*. 2023;2023:8107336. doi: 10.1155/2023/8107336

18. Ravikumar N, Sayed MA, Poonsuph CJ, et al. Septic cardiomyopathy: from basics to management choices. *Curr Probl Cardiol*. 2021;46(4):100767. doi: 10.1016/j.cpcardiol.2020.100767

19. Makwana N, Baines PB. Myocardial dysfunction in meningococcal septic shock. *Curr Opin Crit Care*. 2005;11(5):418–423. doi: 10.1097/01.ccx.0000176699.51456.13

20. Carmona F, Manso PH, Silveira VS, et al. Inflammation, myocardial dysfunction, and mortality in children with septic shock: an observational study. *Pediatr Cardiol*. 2014;35(3):463–470. doi: 10.1007/s00246-013-0801-6

21. Ermolenko KYu, Aleksandrovich YuS, Pshenisnov KV, et al. Assessing the accuracy of prognostic scales in children with neuroinfections. *Infectious diseases*. 2021;19(2):76–82. EDN: MOG0PF doi: 10.20953/1729-9225-2021-2-76-82

## ОБ АВТОРАХ

**Ксения Юрьевна Ермоленко**; ORCID: 0000-0003-1628-1698;  
eLibrary SPIN: 7584-8788; e-mail: ksyu\_astashenok@mail.ru

**\*Константин Викторович Пшениснов**, д-р мед. наук, доцент;  
адрес: Россия, 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2;  
ORCID: 0000-0003-1113-5296; eLibrary SPIN: 8423-4294;  
e-mail: Psh\_K@mail.ru

**Юрий Станиславович Александрович**, д-р мед. наук,  
профессор; ORCID: 0000-0002-2131-4813;  
eLibrary SPIN: 2225-1630; e-mail: jalex1963@mail.ru

**Ирина Валерьевна Александрович**, канд. мед. наук;  
ORCID: 0000-0003-1110-9848; eLibrary SPIN: 9631-1989;  
e-mail: iralexzz15@bk.ru

**Александр Иванович Конев**; ORCID: 0000-0002-0427-7344;  
eLibrary SPIN: 7458-6203; e-mail: icdrkonev@yandex.ru

## AUTHORS INFO

**Kseniya Yu. Ermolenko**; ORCID: 0000-0003-1628-1698;  
eLibrary SPIN: 7584-8788; e-mail: ksyu\_astashenok@mail.ru

**\*Konstantin V. Pshenishnov**, Dr. Sci. (Medicine), Assistant  
Professor; address: 2 Litovskaya st., Saint Petersburg, 194100,  
Russia; ORCID: 0000-0003-1113-5296; eLibrary SPIN: 8423-4294;  
e-mail: Psh\_K@mail.ru

**Yurii S. Aleksandrovich**, Dr. Sci. (Medicine), Professor;  
ORCID: 0000-0002-2131-4813; eLibrary SPIN: 2225-1630;  
e-mail: jalex1963@mail.ru

**Irina V. Aleksandrovich**, Cand. Sci. (Medicine);  
ORCID: 0000-0003-1110-9848; eLibrary SPIN: 9631-1989;  
e-mail: iralexzz15@bk.ru

**Alexandr I. Konev**; ORCID: 0000-0002-0427-7344;  
eLibrary SPIN: 7458-6203; e-mail: icdrkonev@yandex.ru

---

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1570>

# Дифференциальный подход к предоперационной подготовке при распространенном гнойном перитоните у детей

В.А. Завьялкин<sup>1</sup>, М.А. Барская<sup>1</sup>, С.Н. Юхимец<sup>2</sup><sup>1</sup> Самарский государственный медицинский университет, Самара, Россия;<sup>2</sup> Университет Святого Иосифа, Дар эс Салам, Танзания

## АННОТАЦИЯ

**Актуальность.** Распространенный гнойный перитонит — наиболее тяжелое осложнение абдоминальной хирургической патологии, сопровождаемое развитием серьезных метаболических нарушений, устранение которых входит в задачу предоперационной подготовки.

**Цель** — сравнение традиционной предоперационной подготовки и новой схемы, предусматривающей дифференциальный подход с учетом стадии перитонита, степени эндотоксикоза, возраста ребенка и введения сукцината.

**Материалы и методы.** Проведен анализ результатов лечения пациентов в возрасте 1–14 лет (средний возраст  $7,9 \pm 3,9$  года) с распространенным гнойным перитонитом различной этиологии, находившихся на лечении с 2006 по 2022 г. в детском хирургическом отделении Самарской областной больницы им. В.Д. Середавина, Самара. Пациенты были разделены на две группы. В основную вошли 237 человек, у которых проводилась предоперационная подготовка по предлагаемой схеме (в зависимости от возраста, стадии перитонита и степени эндотоксикоза) длительностью не менее 4–6 ч. С целью интракорпоральной дезинтоксикации в ней применяли антигипоксанта меглюмина натрия сукцинат (Реамберин®). Контрольную группу составили 102 ребенка, которым проводилась традиционная терапия согласно общепринятым подходам и национальным руководствам по детской хирургии длительностью 2–3 ч. Комплексное обследование включало изучение изменений показателей гемодинамики, электролитов, гематокрита, тромбоцитов и газов крови.

**Результаты.** После предоперационной подготовки выявлено статистически более значимое улучшение показателей гемодинамики в основной группе по сравнению с контрольной, которые приближались к нормативным. Динамика гематологических показателей свидетельствовала о более выраженной гемодилюции у пациентов основной группы всех возрастов, что доказывает значительное улучшение реологических свойств крови. Показатели электролитов, газов крови не достигли показателей здоровых детей ни в одной из групп, но в основной они были более приближенными к нормальным. Осложнения различной степени тяжести в основной группе возникли у 21 ребенка ( $8,8 \pm 1,4$ ;  $p < 0,001$ ), тогда как в контрольной были диагностированы у 47 пациентов ( $46,0 \pm 4,6$  %). Статистически значимое уменьшение длительности пребывания пациентов в отделении реанимации и интенсивной терапии после операции отмечено у 80 % детей основной группы.

**Выводы.** 1. Предлагаемая схема предоперационной подготовки на основе дифференциального подхода с применением препарата Реамберин® продемонстрировала большую эффективность по сравнению с традиционным лечением. 2. Состав, объем и продолжительность проведения предоперационной подготовки зависят от состояния гомеостаза и возраста пациента.

**Ключевые слова:** распространенный гнойный перитонит; предоперационная подготовка; гемодинамика; инфузионная терапия; антигипоксанта; меглюмина натрия сукцинат; дети.

## Как цитировать

Завьялкин В.А., Барская М.А., Юхимец С.Н. Дифференциальный подход к предоперационной подготовке при распространенном гнойном перитоните у детей // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 57–68. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1570>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1570>

# Differential approach to preoperative preparations for diffuse purulent peritonitis in children

Vladislav A. Zavyalkin<sup>1</sup>, Margarita A. Barskaya<sup>1</sup>, Sergei N. Yukhimets<sup>2</sup><sup>1</sup> Samara State Medical University, Samara, Russia;<sup>2</sup> St. Joseph University in Tanzania, Dar es Salaam, Tanzania

## ABSTRACT

**BACKGROUND:** Diffuse purulent peritonitis is the most severe complication of abdominal surgical pathology accompanied by the development of serious metabolic disorders, and its elimination is a preoperative task.

**AIM:** This study aimed to compare traditional preoperative preparations using a new scheme that provides a differential approach considering the stage of peritonitis, degree of endotoxemia, child's age, and succinate administration.

**MATERIALS AND METHODS:** An analysis of the results of treatment of patients aged 1–14 years (average age  $7.9 \pm 3.9$  years) with diffuse purulent peritonitis of various etiologies who were treated from 2006 to 2022 in the children's surgical department of the V.D. Seredavin Samara Regional Hospital, Samara. The patients were divided into two groups. The main group included 237 patients who underwent preoperative preparation according to the proposed scheme (depending on age, peritonitis stage, and degree of endotoxemia) lasting at least 4–6 h. In addition, for intracorporeal detoxification, the antihypoxant meglumine sodium succinate was used. The control group comprised 102 children who received traditional therapy according to generally accepted approaches and national guidelines for pediatric surgery lasting 2–3 h. Changes in hemodynamic parameters, electrolytes, hematocrit, platelets, and blood gases were comprehensively examined.

**RESULTS:** After preoperative preparation, a statistically significant improvement in hemodynamic parameters was observed in the main group compared with that in the control group; the indicators were close to normal values. The dynamics of hematological parameters indicated more pronounced hemodilution in patients of the main group of all ages, which proves a significant improvement in the rheological properties of blood. Electrolyte and blood gas indicators did not reach the indicators of healthy children in any groups; however, in the main group, they were closer to normal. Complications of varying severity in the main group occurred in 21 children ( $8.8\% \pm 1.4\%$ ;  $p < 0.001$ ), whereas in the control group, they were diagnosed in 47 patients ( $46.0\% \pm 4.6\%$ ). A statistically significant reduction in the length of stay of patients in the intensive care unit after surgery was noted in 80% of children in the main group.

**CONCLUSIONS:** The proposed scheme of preoperative preparation based on a differential approach using the antihypoxant meglumine sodium demonstrated greater effectiveness than traditional treatment. The composition, volume, and duration of preoperative preparation are dependent on the state of homeostasis and the age of the patient.

**Keywords:** widespread purulent peritonitis; preoperative preparation; hemodynamics; infusion therapy; antihypoxants; meglumine sodium succinate; children.

## To cite this article

Zavyalkin VA, Barskaya MA, Yukhimets SN. Differential approach to preoperative preparations for diffuse purulent peritonitis in children. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):57–68. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1570>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1570>

# 儿童弥漫性化脓腹膜炎术前准备的差异性处理方法

Vladislav A. Zavyalkin<sup>1</sup>, Margarita A. Barskaya<sup>1</sup>, Sergei N. Yukhimets<sup>2</sup><sup>1</sup> Samara State Medical University, Samara, Russia;<sup>2</sup> St. Joseph University in Tanzania, Dar es Salaam, Tanzania

## 摘要

**论证。**弥漫性化脓腹膜炎是腹部外科病理中最严重的并发症，并伴有严重的代谢紊乱。消除这些紊乱是术前准备的任务。

**目的。**本研究的目的是比较传统的术前准备和新的治疗方案，新治疗方案会考虑腹膜炎的阶段、内毒素血症的程度、患儿的年龄和琥珀酸盐的用量。

**材料与方法。**对2006年至2022年在萨马拉地区医院儿童外科接受治疗的1-14岁（平均年龄 $7.9 \pm 3.9$ 岁）不同病因的弥漫性化脓腹膜炎患者的治疗结果进行了分析。患者被分为两组。主要治疗组包括237名患者，他们按照建议的方案（取决于年龄、腹膜炎阶段和内毒素血症程度）进行了至少4-6小时的术前准备。使用抗氧剂琥珀酸葡甲胺钠（Reamberin®）进行体外排毒。对照组包括102名儿童，他们按照公认的方法和国家儿科手术指南接受了常规治疗，治疗时间为2-3小时。综合检查包括研究血流动力学参数、电解质、血细胞比容、血小板和血气等指标的变化。

**结果。**术前准备后，主要组血流动力学指标比对照组在统计学上有更为明显的改善，接近正常值。血液学参数的动态变化表明，主治疗组各年龄段患者的血液稀释更为明显，这证明血液流变学性质有明显改善。各组的电解质和血气指标均未达到健康儿童的指标，但主要组的指数更接近正常值。主要治疗组中有21名患儿（ $8.8 \pm 1.4$ ;  $P < 0.001$ ）出现了不同程度的并发症，而对照组中有47名患儿（ $46.0 \pm 4.6\%$ ）确诊出现了并发症。根据统计，主治疗组80的患儿术后在重症监护室的住院时间明显缩短。

**结论。**1. 与传统治疗方法相比，基于差异化治疗方法并使用Reamberin®的术前准备方案具有更高的疗效。2. 术前准备的组成、范围和持续时间取决于患者的平衡状态和年龄。

**关键词：**弥漫性化脓腹膜炎；术前准备；血流动力学；输液治疗；抗缺氧剂；琥珀酸葡甲胺钠；儿童。

## 引用本文

Zavyalkin VA, Barskaya MA, Yukhimets SN. 儿童弥漫性化脓腹膜炎术前准备的差异性处理方法. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):57-68. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1570>

收到: 13.11.2023

接受: 05.03.2024

发布日期: 28.03.2024

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Распространенный гнойный перитонит (РГП) — наиболее тяжелое осложнение в абдоминальной хирургии. Около 30 % неотложных операций в стационарах осложняются перитонитом [1–4].

При РГП происходит воздействие патогенов на брюшину и на сам макроорганизм, что приводит к сложным реакциям. Вследствие повышенной резорбтивной способности брюшины при разлитом гнойном перитоните возникает массивное поступление эндо- и экзотоксинов, а также микроорганизмов из свободной брюшной полости в системный кровоток. За счет транслокации через поврежденную слизистую оболочку тонкой кишки происходит проникновение в системный кровоток не только токсинов, но и фрагментов бактериальных клеток и образующихся в результате нарушения метаболизма в кишечной стенке биологически активных веществ [5, 6].

Комплексное лечение РГП состоит из последовательных этапов: предоперационной подготовки для устранения дисфункций органов и систем; оперативного вмешательства с целью ликвидации патологического очага РГП, а также санации и дренирования брюшной полости; обязательной комплексной патогенетической послеоперационной терапии для коррекции продолжающейся эндогенной интоксикации, борьбы с синдромом кишечной недостаточности, антимикробной терапии [6–11].

Высокая эффективность применения антигипоксантов (препаратов, имеющих в составе янтарную кислоту), таких как меглюмина натрия сукцинат (Реамберин®), рег. № ЛП-№ (000801)-(РГ-РУ), 19.05.2022) и Цитофлавин®

**Таблица 1.** Распределение детей с распространенным гнойным перитонитом в зависимости от возраста

**Table 1.** Distribution of children with diffuse purulent peritonitis according to age

Группа	Возраст, лет			p
	Me	Q <sub>1</sub> ; Q <sub>3</sub>	n	
Контрольная группа	10,00	5,00; 11,75	102	0,286
Основная группа	8,00	5,00; 11,00	237	

*Примечание.* Me — медиана; Q<sub>1</sub> — первый квартиль; Q<sub>3</sub> — третий квартиль.

*Note.* Me — median; Q<sub>1</sub> — first quartile; Q<sub>3</sub> — third quartile.

**Таблица 2.** Распределение детей с распространенным гнойным перитонитом в зависимости от пола

**Table 2.** Distribution of children with diffuse purulent peritonitis according to sex

Группа	Пол, абс. (%)		p
	ж	м	
Контрольная группа	33 (34,4 %)	69 (28,4 %)	0,279
Основная группа	63 (65,6 %)	174 (71,6 %)	

(рег. № ЛП-№ (000923)-(РГ-РУ), 23.06.2022) с целью интракорпоральной дезинтоксикации при критических состояниях у больных, доказана большим количеством исследований [12–17].

По рекомендациям Национального руководства по детской хирургии требуется проведение предоперационной подготовки при РГП в сжатые сроки, а именно за 2–3 ч [17]. Однако многие авторы придерживаются более длительных сроков. В клинических рекомендациях по лечению перитонита у взрослых сроки предоперационной подготовки регламентированы временем до 6 ч с учетом индивидуальных особенностей пациента (возраст, масса тела, наличие коморбидной патологии) [7, 8]. В детской хирургии А.М. Шамсиев и соавт. [18], Ш.А. Юсупов и соавт. [19] рекомендуют предоперационную подготовку у детей при РГП увеличить до 8–12 ч. Увеличение времени на предоперационную подготовку у детей связано с их анатомо-физиологическими особенностями, вследствие высокого риска перехода компенсированного гиповолемического шокового состояния в декомпенсированное. У детей значительно выше, чем у взрослых, метаболизм глюкозы, поэтому развивающаяся гипогликемия, даже кратковременная, приводит к необратимым структурным повреждениям клеток головного мозга [17–23].

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что в литературе нет единого взгляда на объем, содержание и сроки предоперационной подготовки у детей с РГП.

*Цель исследования* — сравнение традиционной предоперационной подготовки и новой схемы, предусматривающей дифференциальный подход с учетом стадии перитонита, степени эндотоксикоза, возраста ребенка и введения сукцината.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Работа выполнена в дизайне интервенционного нерандомизированного проспективного открытого одноцентрового исследования с использованием современных клинических, лабораторных и инструментальных методов.

В исследовании проведен анализ результатов лечения 339 пациентов в возрасте 1–14 лет (средний возраст  $7,9 \pm 3,9$  года) с РГП различной этиологии, находившихся на стационарном лечении с 2006 по 2022 г. в Самарской областной клинической больнице им. В.Д. Середавина (Самара). При сравнении контрольной (КГ) и основной группы (ОГ) по возрасту нам не удалось выявить значимых различий ( $p = 0,286$ , используемый метод: U-критерий Манна – Уитни; табл. 1).

Проведенный анализ исследуемых групп в зависимости от пола так же не обнаружил статистически значимых различий ( $p = 0,279$ ; используемый метод: хи-квадрат Пирсона; табл. 2).

Исследуя причины возникновения РП в детском возрасте, мы обнаружили, что основная причина

перитонита — деструктивный аппендицит (301 ребенок, 88,8 %). Кроме аппендицита причинами РГП являлись: у 17 детей (5,0 %) — перфоративный дивертикулит Меккеля; у 6 (1,8 %) — перфорация кишечника инородными телами — магнитами; у 5 (1,5 %) — некроз участка кишки при различных видах смешанной кишечной непроходимости (инвагинации и спаечной); у 4 (1,2 %) — прободная язва желудка и/или двенадцатиперстной кишки. Статистически значимых различий по причинам возникновения РГП у детей между ОГ и КГ нами не выявлено ( $p = 0,960$ ; используемый метод: хи-квадрат Пирсона; табл. 3).

У детей поддержание витальных функций организма в большей степени, чем у взрослых, связано с централизацией кровообращения за счет использования депонированной крови и вазоконстрикции сосудистого русла. Соответственно выраженность эндогенной интоксикации, особенно сопровождаемых гиповолемическими состояниями (вплоть до шока), необходимо оценивать по состоянию периферического кровотока, сердцебиению, функциям ЦНС, диурезу и тургору тканей. Ориентироваться только на уровень центрального венозного давления в детском возрасте ошибочно, так как оно может быть высоким у детей и при сердечной недостаточности, и при легочной гипертензии. Таким образом, у детей с острой хирургической патологией необходимо учитывать патогенез гемодинамических нарушений, тем самым исключая риск возникновения осложнений как во время операции, так и после нее. В связи с данным фактом для изучения уровня эндогенной интоксикации в детском возрасте необходимо использовать педиатрические поправки, учитывающие не только возрастные значения частоты сердечных

сокращений (ЧСС), артериального давления, почасовой диурез (олигоурия/анурия), состояние ЦНС (возбуждение, заторможенность, сомнолентность или кома), но и дополнительные признаки — тургор тканей, состояние видимых слизистых оболочек, наличие или отсутствие слезы, тонус глазных яблок, и состояние голоса (обычный, слабый, афония). Поэтому у всех детей с распространенным перитонитом при поступлении была исследована степень эндогенной интоксикации по В.К. Гостищеву [24] с учетом вышеуказанных педиатрических поправок (табл. 4).

При оценке распределения детей с РП по степени выраженности эндотоксикоза в зависимости от изучаемых групп нам не удалось обнаружить значимых различий ( $p = 0,096$ ; используемый метод: хи-квадрат Пирсона). Связь групп по степени выраженности эндотоксикоза была слабой ( $V$  Крамера = 0,12). Распределение детей с РП по степени эндогенной интоксикации по В.К. Гостищеву с педиатрическими поправками выявило, что I степень эндотоксикоза при поступлении наблюдалась у 45 детей (19,0 %) в ОГ и 29 детей (28,5 %) в КГ, у 116 пациентов (48,9 %) в ОГ и 49 (48,0 %) КГ обнаружена II степень, III степень эндогенной интоксикации — у 76 пациентов (32,1 %) ОГ и 24 детей (23,5 %) КГ.

Всем детям в динамике проводилось клиническое исследование крови (исследование гемоглобина, гематокрита, количество тромбоцитов с помощью автоматического гематологического анализатора Mindray BC-3600, фирмы Mindray, Китай). Отслеживалась динамика биохимических показателей крови: ионы Na, K, показателей эндотоксикоза С-реактивного белка и прокальцитонина. Изменения кислотно-основного состояния и газы крови

**Таблица 3.** Распределение детей с распространенным гнойным перитонитом по характеру основного заболевания

**Table 3.** Distribution of children with diffuse purulent peritonitis according to the nature of the underlying disease

Причина распространенного перитонита	Основная группа ( $n = 237$ )	Контрольная группа ( $n = 102$ )	Всего ( $n = 339$ )	$p$
Деструктивные формы аппендицита	212 (89,5 %)	89 (87,3 %)	301 (88,8 %)	0,960
Перфоративный дивертикулит Меккеля	12 (5,0 %)	5 (4,9 %)	17 (5,0 %)	
Перфорация кишечника инородными телами (магниты)	4 (1,6 %)	2 (1,96 %)	6 (1,8 %)	
Травматическое повреждение полых органов	2 (0,9 %)	2 (1,96 %)	4 (1,2 %)	
Прободная язва желудка и/или двенадцатиперстной кишки	3 (1,3 %)	1 (0,98 %)	4 (1,2 %)	
Острая кишечная непроходимость с некрозом (инвагинация, странгуляция)	3 (1,3 %)	2 (1,96 %)	5 (1,5 %)	
Послеоперационный перитонит (несостоятельность анастомозов)	1 (0,4 %)	1 (0,98 %)	2 (0,6 %)	

**Таблица 4.** Распределение детей с распространенным гнойным перитонитом по степени выраженности эндотоксикоза по В.К. Гостищеву (1992) с учетом педиатрических поправок

**Table 4.** Distribution of children with diffuse purulent peritonitis by severity of endotoxemia by V.K. Gostishchev (1992) considering childhood

Степень эндогенной интоксикации	Основная группа ( $n = 237$ )	Контрольная группа ( $n = 102$ )	Всего ( $n = 339$ )	$p$
I степень	45 (19,0 %)	29 (28,5 %)	74 (21,8 %)	0,096
II степень	116 (48,9 %)	49 (48,0 %)	165 (48,7 %)	
III степень	76 (32,1 %)	24 (23,5 %)	100 (29,5 %)	

(рН, ВЕ, РаО<sub>2</sub>, РаСО<sub>2</sub>) определялись на портативном (автоматическом) анализаторе Ерос (Siemens, Германия).

Всем пациентам проводилась оценка ЧСС, числа дыхательных движений, измерение температуры, уровня систолического и диастолического давления, состояния центральной нервной системы, функционального состояния ЖКТ (наличие рвоты, стула, аускультация кишечных шумов и т. д.), состояния органов мочевого выделения (контроль за диурезом).

Поскольку среднее артериальное давление (САД) объективнее характеризует тканевую перфузию, нежели систолическое или диастолическое артериальное давление, и позволяет наиболее полно судить о снабжении тканей кровью, мы взяли данный показатель за основу.

Изучение параметров гемодинамики проводилось эхокардиографическим аппаратом Sonoline SP-450 (Siemens, Германия) — определялся ударный объем с последующим расчетом минутного объема кровообращения. С целью дальнейшего исследования гемодинамики рассчитывали сердечный индекс (СИ) в л/(мин × м<sup>2</sup>), а также общее периферическое сопротивление сосудов (ОПСС) (ОПСС = среднее динамическое давление / СИ) в условных единицах. Среднее гемодинамическое артериальное давление (СрГД, мм рт. ст.) определяли по формуле: СрГД = диастолическое давление + (пульсовое давление / 3). Показатели гемодинамики сравнивались с референсными значениями здоровых детей.

Ребенка с РГП при наличии нарушений гемодинамики и полиорганной недостаточности сразу госпитализировали в отделение реанимации и интенсивной терапии (ОРИТ). Объем и длительность терапии определяли в зависимости от степени тяжести состояния пациента, выраженности эндотоксикоза, стадии перитонита и синдрома кишечной недостаточности. Прежде всего, устанавливали венозный доступ (периферический катетер в кубитальную вену или катетеризация центральной вены). С целью снижения внутрибрюшного давления выполнялось зондирование желудка и катетеризация мочевого пузыря катетером Фолея.

В зависимости от применяемых схем предоперационной подготовки дети были разделены на две группы. Основную группу (ОГ) составили 237 пациентов, у которых применялась новая схема, предусматривающая дифференциальный подход с учетом стадии перитонита, степени эндотоксикоза, возраста ребенка и введения антигипоксанта Реамберин®. Контрольную группу (КГ) составили 102 ребенка с РГП, которым проводилась традиционная комплексная терапия согласно общепринятым подходам и национальным руководствам по детской хирургии [17].

У детей до 3 лет время предоперационной подготовки составило: при наличии клиники I степени эндотоксикоза — 4 ч, II степени — 5 ч, при III степени — до 6 ч. У пациентов старше 3 лет время предоперационной подготовки при реактивной стадии составило 3 ч при I степени эндотоксикоза, 4 ч — при II степени, и 5 ч — при III степени.

Расчет физиологических потребностей в инфузионной терапии проводился по формуле Валлачи:  $100 - (3 \times \text{возраст в годах}) = \text{мл/кг в сутки}$ .

В первый час проведения предоперационной подготовки объем инфузионной терапии у детей до 3 лет составил до 25 мл/кг, старше 3 лет — до 15 мл/кг. Далее объем инфузионной терапии рассчитывался в зависимости от стадии РП (соответственно, степени эндотоксикоза). В реактивную стадию РП объем составлял 6 мл/(кг × ч), в токсическую стадию — 8 мл/(кг × ч), и в терминальную — 10 мл/(кг × ч) [18–20].

При наличии у ребенка гемодинамических нарушений, соответствующих гиповолемическому шоку, в первый час инфузионная терапия проводилась болюсным внутривенным введением растворов коллоидов и кристаллоидов в соотношении 1 : 1, в объеме 20–30 мл/кг. Последующая внутривенная инфузия рассчитывалась в объеме 10 мл/(кг × ч) и проводилась вплоть до полного восстановления диуреза и устранения гемодинамических нарушений.

Препараты для проводимой инфузионной терапии у детей с РГП зависели от степени эндотоксикоза. При I степени внутривенно вводили раствор NaCl 0,9 % и/или раствор Стерофундин в объеме до 15–20 мл/(кг × ч), и 5 % раствор глюкозы объемом до 10–15 мл/(кг × ч). У ребенка с клиническими проявлениями II степени дополнительно вводились растворы Плазмолит в объеме 15–20 мл/кг и 10 % раствор глюкозы объемом до 12–15 мл/(кг × ч). При наличии у ребенка III степени эндотоксикоза дополнительно применяли 4 % Гелофузин из расчета 50 мл/(кг × сут), при ДВС-синдроме — свежемороженая плазма. Биохимические показатели корректировались также в зависимости от степени эндотоксикоза: раствор 7,5 % KCl из расчета 3 ммоль/(кг × сут) на растворе 5 % глюкозы; при II–III степени эндотоксикоза в зависимости от рН дополнительно внутривенно вводился раствор 4 % гидрокарбоната натрия в дозировке 1–2 ммоль/кг.

Все дети с РГП получали посиндромную терапию в зависимости от выраженности эндогенной интоксикации и клинических проявлений: борьба с гипертермией, коррекция дыхательной недостаточности (увлажненный кислород), по показаниям — борьба с проявлениями сердечно-сосудистой недостаточности и т. п.

Всем пациентам с РГП основной группы, кроме указанной инфузионной терапии полиионными растворами, с целью интракорпоральной дезинтоксикации применялся также Реамберин® в дозировке 5 мл/кг.

Основными показателями эффективности проведенной предоперационной подготовки при РГП у детей служили стабилизация параметров гемодинамики и восстановление адекватного диуреза.

## Статистический анализ

Категориальные данные описывали с указанием абсолютных значений и процентных долей. Количественные показатели оценивали на предмет соответствия

нормальному распределению с помощью критерия Колмогорова – Смирнова.

В случае отсутствия нормального распределения количественные данные описывали с помощью медианы ( $Me$ ) и нижней и верхней квартилей [ $Q_1$ ;  $Q_3$ ]. Сравнение двух групп по количественному показателю, распределение которого отличалось от нормального, выполняли с помощью  $U$ -критерия Манна – Уитни, сравнение процентных долей при анализе многопольных таблиц сопряженности — с помощью критерия хи-квадрат Пирсона. Различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ . Статистический анализ проводили с использованием программы StatTech v. 4.1.0 (ООО «Статтех», Россия).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Нами проведено исследование показателей гемодинамики, кислотно-щелочного равновесия, ионов калия, натрия, а также показателей тромбоцитов и гематокрита на момент поступления ребенка с РГП в стационар и после проведенной предоперационной подготовки (на момент начала оперативного вмешательства) (табл. 5).

Из данных табл. 1 следует, что показатели гемодинамики, состава крови, электролитов и газов крови до проведения предоперационной подготовки в обеих группах не имели статистически значимых различий.

После предоперационной подготовки у детей с РГП мы изучили динамику вышеописанных показателей. Исследование показателя САД выявило, что данный показатель более значимо увеличился у больных в ОГ. Статистически значимые различия по сравнению с КГ выявлены в возрастных группах: 1–3 года —  $p = 0,013$ ; 7–11 лет —  $p < 0,001$ ; 12–14 лет —  $p < 0,001$ ; в возрастной группе 4–6 лет значимых отличий между ОГ и КГ ( $p = 0,158$ ) не отмечено.

Анализ показателя СИ у детей с РГП после проведенной предоперационной подготовки выявил, что данный показатель увеличился у детей в ОГ по сравнению с КГ и приблизился к референсным значениям во всех возрастных группах. Статистические значимые различия между ОГ и КГ выявлены в группах 1–3 года —  $p < 0,001$  и 12–14 лет —  $p < 0,001$ ; в других возрастных группах значимых отличий не обнаружено, однако и в этих возрастных группах показатель СИ в ОГ был выше, чем у детей в КГ, приближаясь к референсным значениям здоровых детей.

Изучая показатель ОПСС у детей с РГП после проведенной предоперационной подготовки, мы обнаружили, что данный показатель снизился у всех детей с РГП. Большую статистическую значимость мы выявили в возрастных группах: 1–3 года —  $p < 0,001$  и 4–6 лет —  $p = 0,006$ . В возрастных группах 7–11 лет ( $p = 0,718$ ) и 12–14 лет ( $p = 0,296$ ) между ОГ и КГ значимых отличий не выявлено.

Таблица 5. Динамика показателей клинико-лабораторного статуса в зависимости от предоперационной подготовки,  $Me$  [ $Q_1$ ;  $Q_3$ ]

Table 5. Dynamics of clinical and laboratory status indicators with preoperative preparation,  $Me$  [ $Q_1$ ;  $Q_3$ ]

Показатель	При поступлении в стационар			На момент начала операции		
	контрольная группа ( $n = 102$ )	основная группа ( $n = 237$ )	$p$	контрольная группа ( $n = 102$ )	основная группа ( $n = 237$ )	$p$
Частота сердечных сокращений, в минуту	121 [110; 137]	121 [109; 138]	0,998	106 [99,0; 113]	102 [96,0; 110]	0,003*
Систолическое артериальное давление, мм рт. ст.	73,3 [68,3; 75,2]	72,7 [69,3; 76,3]	0,104	72,8 [66,8; 76,3]	76,7 [72,7; 82,0]	<0,001*
Сердечный индекс, л/(мин $\times$ м <sup>2</sup> )	2,82 [2,0; 3,6]	2,79 [2,5; 3,03]	0,775	2,44 [1,8; 2,5]	2,70 [2,5; 2,8]	<0,001*
Общее периферическое сопротивление сосудов, усл. ед.	26,2 [19,1; 34,1]	26,1 [23,2; 28,7]	0,903	25,8 [21,3; 33,3]	31,0 [28,5; 32,3]	<0,001*
Натрий, ммоль/л	136 [134; 138]	137 [136; 139]	0,117	138 [137; 140]	140 [139; 143]	<0,001*
Калий, ммоль/л	3,70 [3,4; 3,9]	3,70 [3,4; 4,1]	0,437	3,98 [3,8; 4,0]	4,54 [4,4; 4,6]	<0,001*
Тромбоциты $\times 10^9$ /л	366 [318; 418]	383 [330; 428]	0,171	310 [292; 352]	234 [206; 252]	<0,001*
Гематокрит, %	49,0 [48,0; 51,0]	49,0 [48,0; 51,0]	0,863	39,0 [38,0; 40,0]	36,0 [34,0; 37,0]	<0,001*
pH	7,30 [7,2; 7,3]	7,30 [7,2; 7,3]	0,191	7,39 [7,3; 7,4]	7,41 [7,3; 7,4]	<0,001*
PaO <sub>2</sub> , мм рт. ст.	87,05 [84,3; 89,6]	87,39 [83,6; 89,6]	0,789	112,02 [110; 114]	119,05 [117; 120]	<0,001*
PaCO <sub>2</sub> , мм рт. ст.	39,7 [38,0; 40,8]	39,5 [38,0; 40,9]	0,799	38,7 [36,9; 40,1]	33,8 [33,0; 35,0]	<0,001*
Буферные основания (base excess), моль/л	-2,9 [-3,3; -2,0]	-2,9 [-3,5; -2,0]	0,945	-1,18 [-1,3; -1,0]	-0,20 [-0,2; -0,1]	<0,001*

Примечание.  $Me$  — медиана;  $Q_1$  — первый квартиль;  $Q_3$  — третий квартиль. \*Различия показателей статистически значимы ( $p < 0,05$ ).

Note.  $Me$  — median;  $Q_1$  — first quartile;  $Q_3$  — third quartile. \*Differences in indicators are statistically significant ( $p < 0,05$ ).

При изучении показателя гематокрита у детей с РГП после предоперационной подготовки выявлено, что он значимо увеличился у детей ОГ, приближаясь к показателю здоровых детей. Выраженные статистические различия в КГ имелись во всех возрастных группах: 1–3 года —  $p < 0,001$ ; 4–6 лет —  $p < 0,001$ ; 7–11 лет —  $p < 0,001$ ; 12–14 лет —  $p < 0,001$ .

Уровень ионов натрия у пациентов с РГП после предоперационной подготовки так же значимо увеличился у детей в ОГ, приблизившись к референсным значениям здоровых детей. Статистические различия между ОГ и КГ выявлены во всех возрастных группах: 1–3 года —  $p = 0,003$ ; 4–6 лет —  $p = 0,001$ ; 7–11 лет —  $p < 0,001$ ; 12–14 лет —  $p < 0,001$ .

Уровень ионов калия сыворотки крови у детей после предоперационной подготовки обнаружило, что данный показатель значительно увеличился у детей с ОГ по сравнению с КГ. Статистические различия содержания ионов калия сыворотки крови между ОГ и КГ выявлены во всех возрастных группах: 1–3 года —  $p = 0,003$ ; 4–6 лет —  $p = 0,001$ ; 7–11 лет —  $p < 0,001$ ; 12–14 лет —  $p < 0,001$  (табл. 5).

Исследование газового состава артериальной крови после проведенной предоперационной подготовки обнаружило более значимое его восстановление по всем показателям у пациентов с проведенной дифференцированной предоперационной подготовкой (ОГ), по сравнению с традиционной предоперационной терапией (КГ) ( $p < 0,001$ ) (табл. 5).

Кроме того, в исследуемых группах мы сравнили частоту послеоперационных осложнений с использованием усовершенствованной классификации хирургических осложнений по Clavien – Dindo [25]. Частота развития послеоперационных осложнений в сравниваемых группах приведена в табл. 6.

Осложнения II степени, требующие только расширения объема медикаментозной терапии (послеоперационный инфильтрат брюшной полости), выявлены у 6 детей ОГ ( $2,53 \pm 0,35$  %), в КГ в 7 наблюдениях ( $6,86 \pm 0,63$  %) статистически значимых различий не обнаружено ( $p = 0,068$ ; используемый метод: точный критерий Фишера).

Изучение осложнений I, IIIa, IIIb и IVa степени в зависимости от исследуемых групп выявило статистически значимые различия ( $p = 0,002$ ,  $p < 0,001$ ,  $p < 0,001$ ,  $p = 0,028$  соответственно; используемые методы: хи-квадрат Пирсона, точный критерий Фишера). Осложнения I степени в виде нагноения послеоперационной раны в ОГ наблюдались у 11 ( $4,6 \pm 0,7$  %) пациентов, в КГ — у 16 детей ( $15,6 \pm 1,5$  %). Осложнения IIIa степени, требующие оперативного вмешательства без общей анестезии (эвентерация), в ОГ наблюдалось у 1 ребенка ( $0,4 \pm 0,01$  %), в КГ — у 9 детей ( $8,8 \pm 0,8$  %). IIIb степень осложнений, требующих оперативного вмешательства, а именно послеоперационный абсцесс, отмечены у 1 ребенка ОГ ( $0,4 \pm 0,01$  %), в КГ — 5 наблюдений ( $4,9 \pm 0,4$  %); ранняя спаечно-паретическая кишечная непроходимость в ОГ не встречалась, в КГ — у 5 детей ( $4,9 \pm 0,4$  %). Опасные для жизни осложнения, требующие пребывания пациента в ОРИТ с недостаточностью органа IVa степени (продолжающийся перитонит), возникли у 2 пациентов ОГ ( $0,8 \pm 0,1$  %), в КГ — в 5 наблюдениях ( $4,9 \pm 0,4$  %). Всего осложнения различной степени тяжести в КГ возникли у 47 пациентов ( $46,0 \pm 4,6$  %), тогда как в ОГ — только у 21 ребенка ( $8,8 \pm 1,4$  %) ( $p < 0,001$ ).

Для оценки результатов лечения детей с РГП мы изучили следующие показатели: длительность пребывания детей в ОРИТ, в стационаре, и сроки инфузионной терапии (табл. 7).

В результате оценки длительности стационарного лечения, длительности нахождения пациента в ОРИТ, длительности инфузионной терапии в зависимости от исследуемой группы, были выявлены существенные различия —  $p < 0,001$ ,  $p < 0,001$ ,  $p < 0,001$  соответственно (используемый метод: *U*-критерий Манна – Уитни).

Анализируя результаты проведенного комплексного лечения детей с РП, мы выявили статистически значимое уменьшение длительности пребывания пациентов в ОРИТ после операции более чем на 80 % у детей ОГ (2,00 [2,00; 2,00] сут), в КГ длительность пребывания в ОРИТ была 4,00 [3,00; 5,00] сут.

**Таблица 6.** Степень тяжести послеоперационных осложнений по Clavien – Dindo у детей с распространенным гнойным перитонитом  
**Table 6.** Severity of postoperative complications according to Clavien–Dindo in children with diffuse purulent peritonitis

Степень тяжести осложнения	Основная группа, абс. % (n = 237)	Контрольная группа, абс. % (n = 102)	p
I степень	11 (4,6 %)	16 (15,6 %)	0,002*
II степень	6 (2,5 %)	7 (6,9 %)	0,068
IIIa степень	1 (0,4 %)	9 (8,8 %)	<0,001*
IIIb степень	1 (0,4 %)	10 (9,8 %)	<0,001*
IVa степень	2 (0,8 %)	5 (4,9 %)	0,028*
Всего	21 (8,8 %)	47 (46,1 %)	<0,001*

\*Различия показателей статистически значимы ( $p < 0,05$ ).

\*Differences in indicators are statistically significant ( $p < 0,05$ ).

Таблица 7. Результаты лечения детей с распространенным гнойным перитонитом, *Me* [ $Q_1$ ;  $Q_3$ ]Table 7. Results of treatment of children with diffuse purulent peritonitis, *Me* [ $Q_1$ ;  $Q_3$ ]

Длительность лечения	Все ( <i>n</i> = 339)	Контрольная группа ( <i>n</i> = 102)	Основная группа ( <i>n</i> = 237)	<i>p</i>
Длительность пребывания в отделении реанимации и интенсивной терапии	2,00 [2,00; 4,00]	4,00 [3,00; 5,00]	2,00 [2,00; 2,00]	<0,001*
Длительность инфузионной терапии	5,00 [4,00; 7,00]	7,00 [7,00; 8,00]	5,00 [4,00; 5,00]	<0,001*
Длительность пребывания в стационаре	14,00 [11,00; 18,00]	17,00 [14,20; 20,00]	13,00 [10,00; 17,00]	<0,001*

Примечание. *Me* — медиана;  $Q_1$  — первый квартиль;  $Q_3$  — третий квартиль. \*Различия показателей статистически значимы ( $p < 0,05$ ).

Note. *Me* — median;  $Q_1$  — first quartile;  $Q_3$  — third quartile. \*Differences in indicators are statistically significant ( $p < 0,05$ ).

Изучая длительность проведения инфузионной терапии в послеоперационном периоде, мы обнаружили статистически значимое уменьшение медианы данного показателя у детей в ОГ (5,00 [4,00; 5,00] сут) по сравнению с КГ — 7,00 [7,00; 8,00] сут ( $p < 0,001$ ), что свидетельствует о более быстром купировании симптомов эндотоксикоза.

Длительность пребывания в стационаре так же статистически значимо снизилась у детей ОГ, практически на 4 дня, и составила 13,0 [10,0; 17,0] сут, тогда как в КГ длительность госпитализации составила 17,0 [14,2; 20,0] сут.

## ОБСУЖДЕНИЕ

При анализе параметров гемодинамики (ЧСС, САД, СИ, ОПСС, показателей гематокрита, тромбоцитов), содержания электролитов сыворотки крови, показателей газового состава (рН,  $pO_2$ ,  $pCO_2$ , ВЕ) у детей с распространенным гнойным перитонитом при поступлении в стационар до предоперационной подготовки статистически значимых различий в ОГ и КГ не выявлено. У всех пациентов обнаружено значимое увеличение ЧСС, ОПСС при сниженных СИ и САД, что указывало на гиподинамический характер кровообращения; выраженное увеличение количества тромбоцитов и уровня гематокрита, снижение величины ВЕ свидетельствующее о значительном дефиците жидкости. Кроме того, выявлено снижение уровня ионов натрия и калия в сыворотке крови, что подтверждает наличие выраженной дегидратации по изотоническому типу. Изменения газового состава крови свидетельствовало о наличии у детей выраженного метаболического ацидоза.

Всем детям с РГП проводилась предоперационная подготовка. В КГ пациенты получали традиционное комплексное лечение в соответствии с общепринятыми подходами. Предоперационная подготовка в этой группе длилась не более 3 ч. Однако, по нашему мнению, в связи с анатомо-физиологическими особенностями детей адекватную коррекцию гомеостаза в сжатые сроки провести у ребенка не представляется возможным. Время проведения предоперационной подготовки должно составлять от 3 до 6 ч. Это связано с тем, что у детей увеличение ударного объема сердца происходит в основном за счет учащения ЧСС, а соответственно, возможностей

компенсировать возникающую гиповолемию значительно меньше. В связи с этим выше риск трансформации компенсированной гиповолемии в декомпенсированный (необратимый) гиповолемический шок. Физиологическая потребность в жидкости у ребенка значительно выше, чем у взрослого, соответственно, и рассчитываемый объем инфузионной терапии относительно веса больше. Таким образом, в сжатые сроки, особенно у пациентов в токсической или в терминальной стадии, провести необходимую инфузионную терапию в соответствующем объеме не представляется возможным. Поэтому длительность предоперационной подготовки в ОГ зависела от тяжести состояния пациента при поступлении (степени эндогенной интоксикации и др.) и составляла от 4 до 6 ч. Всем пациентам ОГ с целью улучшения интракорпоральной детоксикации назначали Реамберин® в суточной дозе 5 мл на кг.

После проведения предоперационной подготовки выявлено статистически более значимое улучшение показателей гемодинамики в ОГ по сравнению с КГ, а именно наличие выраженного переходного характера в сторону нормодинамии. Кроме того, динамика гематологических показателей свидетельствовала о более выраженной гемодилюции у пациентов ОГ по сравнению с КГ у пациентов всех возрастов, что доказывает значительное улучшение реологических свойств крови у детей ОГ. Показатели электролитов, газов крови после предоперационной подготовки не достигли показателей здоровых детей не в одной из групп, но в ОГ они были более приближенными к нормальным.

При сравнении результатов нашего исследования с данными литературы мы обнаружили, что в работах А.М. Шамсиева и соавт. [18] и Ш.А. Юсупова и соавт. [19] так же подчеркивается необходимость проведения индивидуальной корригирующей терапии с целью нормализации жизненно важных функций организма в предоперационном периоде у детей с распространенным гнойным перитонитом. Кроме того, данные авторы указывают, что предоперационную подготовку у этой категории пациентов при выраженной эндогенной интоксикации необходимо проводить в ОРИТ и длиться 8–12 ч. Ю.С. Александрович и соавт. [20, 26] подчеркивают, что критерием адекватности предоперационной подготовки у детей с перитонитом является стабилизация состояния на фоне проводимой

терапии, о которой можно говорить при устранении декомпенсированных расстройств гемодинамики, нарушений водно-электролитного баланса, кислотно-основного состояния, выраженной гипергликемии и лактат-ацидоза; при этом длительность предоперационной подготовки может составлять до 6 ч.

## ВЫВОДЫ

1. Предлагаемая схема предоперационной подготовки на основе дифференциального подхода с применением Реамберина® продемонстрировала большую эффективность по сравнению с традиционным лечением. Доказательством этого служат снижение количества послеоперационных осложнений, длительности нахождения ребенка в ОРИТ в послеоперационном периоде, меньшие сроки проведения инфузионной терапии и госпитализации ребенка.

2. Состав, объем и продолжительность проведения предоперационной подготовки зависят от состояния гемостаза и возраста и пациента

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Личный вклад каждого автора: В.А. Завьялкин — хирургическое лечение пациентов, обзор литературы, сбор и анализ

литературных источников, написание текста; М.А. Барская — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, редактирование статьи подготовка и написание текста статьи; С.Н. Юхимец — статистическая обработка и анализ полученных результатов лечения, редактирование статьи.

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

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

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors' contribution.** All authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication. Personal contribution of each author: V.A. Zavyalkin — surgical treatment of patients, literature review, collection and analysis of literary sources, writing of the text; M.A. Barskaya — literature review, collection and analysis of literary sources, editing of the article preparation and writing of the text of the article; S.N. Yukhimets — statistical processing and analysis of the results of treatment and editing of the article.

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

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Mishra S.P., Tiwary S.K., Mishra M., Gupta S.K. An introduction of tertiary peritonitis // *J Emerg Trauma Shock*. 2014. Vol. 7, N. 2. P. 121–123. doi: 10.4103/0974-2700.130883
- Camara S.N., Haba M., Balde O.T., et al. Acute generalized peritonitis of appendicular origin: Epidemiological, clinical and therapeutic aspects at the Sino-Guinean Friendship Hospital // *GSC Advanced Research and Reviews*. 2021. Vol. 7, N. 2. P. 087–092. doi: 10.30574/gscarr.2021.7.2.0109
- Авакимян В.А., Карипиди Г.К., Авакимян С.В., и др. Программированная лапаротомия в лечении разлитого гнойного перитонита // *Кубанский научный медицинский вестник*. 2017. Т. 24, № 6. С. 12–16. EDN: ZWHEZL doi: 10.25207/1608-6228-2017-24-6-12-16
- Muller V., Koplin G., Pratschke J., Raue W. The treatment of acute secondary peritonitis: A retrospective analysis of the use of continuous negative pressure therapy // *Med Klin Intensivmed Notfmed*. 2018. Vol. 113, N. 4. P. 299–304. doi: 10.1007/s00063-017-0309-6
- Kumar D., Garg I., Sarwar A.H., et al. Causes of acute peritonitis and its complication // *Cureus*. 2021. Vol. 13, N. 5. ID 1530. doi: 10.7759/cureus.15301
- Стрионова В.С., Налетов А.В., Щербинин А.В., Роговой А.Н. Особенности течения аппендикулярного перитонита у детей // *Университетская клиника*. 2021. № 3. С. 93–97. EDN: WJNFMI doi: 10.26435/uc.v0i3(40).668c
- Абакумов М.М., Багненко С.Ф., Белобородов В.Б., и др. Абдоминальная хирургическая инфекция: Российские национальные рекомендации. 2-е изд., перераб. доп. Москва: Медицинское информационное агентство, 2018. 168 с.
- Григорьев Е.Г., Кривцов Г.А., Плоткин Л.Л., и др. Острый перитонит. Клинические рекомендации. Москва, 2017. 91 с.
- Абишев Н.М., Жилкайдоров А.Д., Гладинец М.М. Ошибки, опасности и осложнения при лечении больных с разлитым гнойным перитонитом // *Наука и здравоохранение*. 2013. № 3. С. 43–45. EDN: WADBPN
- Сатаев В.У., Миронов П.И., Мамлеев И.А., Гумеров А.А. Роль эндовидеохирургических плановых вмешательств в исходах абдоминального сепсиса у детей // *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. 2013. Т. 3, № 1. С. 22–27. EDN: PZVTQN
- Coral L.E.B., Gomez Ceron L.N., Delgado Bravo A.I. Peritonitis treated by laparoscopy as an effective treatment // *Rev Gastroenterol Peru*. 2018. Vol. 38, N. 3. P. 261–264
- Спичак И.И., Наумов П.В., Волосников Д.К. Опыт применения препарата «Реамберин» в детской онкологической практике // *Педиатрический вестник Южного Урала*. 2014. № 1-2. С. 74–78. EDN: TOTSJA

13. Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. Инфузионные антигипоксанты при критических состояниях у детей // *Общая реаниматология*. 2014. Т. 10, № 3. С. 61–76. EDN: SUFUVF doi: 10.15360/1813-9779-2014-3-59-74
14. Романцова М.Г., Коваленко А.Л. Реамберин в клинической практике. Практическое руководство для врачей. Санкт-Петербург, 2011. 198 с.
15. Завьялкин В.А., Барская М.А., Варламов А.В., и др. Влияние антигипоксантов на результаты лечения распространенного перитонита у детей // *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2016. № 12. С. 88–92. EDN: XVVOQT doi: 10.17116/hirurgia20161288-92
16. Лазарев В.В., Анчутин П.Е. Влияние сукцинатов на воспалительную реакцию: обзор литературы // *Вестник интенсивной терапии им. А.И. Салтанова*. 2023. № 3. С. 155–165. EDN: IVCGIF doi: 10.21320/1818-474X-2023-3-155-165
17. Разумовский А.Ю. Детская хирургия. Национальное руководство / под ред. А.Ю. Разумовского. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021. 1280 с.
18. Шамсиев А.М., Юсупов Ш.А., Рязанцев В.А., и др. Особенности предоперационной подготовки детей с распространенными формами аппендикулярного перитонита // *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. 2013. Т. 3, № 1. С. 88–92. EDN: PZVTVD
19. Юсупов Ш.А., Атакулов Ж.О., Шукурова Г.О., и др. Периперационное ведение детей с распространенными формами аппендикулярного перитонита // *Science and Education*. 2023. Т. 4, № 9. С. 118–127.
20. Александрович Ю.С., Воронцова Н.Ю., Гребенников В.А., и др. Рекомендации по проведению инфузионно-трансфузионной

- терапии у детей во время хирургических операций // *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2018. Т. 15, № 2. С. 68–84. EDN: XM0GBF doi: 10.21292/2078-5658-2018-15-2-68-84
21. Bailey A.G., McNaul P.P., Jooste E., Tuchman J.B. Perioperative crystalloid and colloid fluid management in children: where are we and how did we get here? // *Anesth Analg*. 2010. Vol. 110, N. 2. P. 375–390. doi: 10.1213/ANE.0b013e3181b6b3b5
22. Chhabada S., Licina L., Gupta N. Perioperative fluid management in pediatric patients. In: Farag E., Kurz A., Troianos C., ed. *Perioperative fluid management*. Springer, Cham. 2020. P. 387–408. doi: 10.1007/978-3-030-48374-6\_17
23. Староконь П.М., Алтунян В.Л., Асанов О.Н., Галик Н.И. Распространенный перитонит: методы детоксикации. В кн.: *Материалы IX Всероссийской конференции общих хирургов с международным участием: «Перитонит от а до я (Всероссийская школа)»; 18–19 мая 2016 г.; Ярославль / под ред. А.Б. Ларичева*. Ярославль: Аверс-Плюс, 2016. С. 425–427.
24. Гостищев В.К., Сажин В.П., Авдовенко А.Л. Перитонит: учебное пособие для студентов медицинских вузов. Москва: Медицина, 1992. 223 с.
25. Dindo D., Demartines N., Clavien P.-A. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey // *Ann Surg*. 2004. Vol. 240, N. 2. P. 205–213. doi: 10.1097/01.sla.0000133083.54934.ae
26. Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. Предоперационная подготовка к анестезии у детей // *Вестник анестезиологии и реаниматологии*. 2020. Т. 17, № 3. С. 79–94. EDN: QZNF0B doi: 10.21292/2078-5658-2020-17-3-79-94

## REFERENCES

1. Mishra SP, Tiwary SK, Mishra M, Gupta SK. An introduction of tertiary peritonitis. *J Emerg Trauma Shock*. 2014;7(2):121–123. doi: 10.4103/0974-2700.130883
2. Camara SN, Haba M, Balde OT, et al. Acute generalized peritonitis of appendicular origin: Epidemiological, clinical and therapeutic aspects at the Sino-Guinean Friendship Hospital. *GSC Advanced Research and Reviews*. 2021;7(2):087–092. doi: 10.30574/gscarr.2021.7.2.0109
3. Avakimyan VA, Karipidi GK, Avakimyan SV, et al. programmed relaparotomy in the treatment of general purulent peritonitis. *Kuban scientific medical bulletin*. 2017;24(6):12–16. EDN: ZWHEZL doi: 10.25207/1608-6228-2017-24-6-12-16
4. Muller V, Koplín G, Pratschke J, Raue W. The treatment of acute secondary peritonitis: A retrospective analysis of the use of continuous negative pressure therapy. *Med Klin Intensivmed Notfmed*. 2018;113(4):299–304. doi: 10.1007/s00063-017-0309-6
5. Kumar D, Garg I, Sarwar AH, et al. Causes of acute peritonitis and its complication. *Cureus*. 2021;13(5):1530. doi: 10.7759/cureus.15301
6. Strionova VS, Nalyotov AV, Shcherbinin AV, Rogovoy AN. Features of the appendicular peritonitis in children. *Universiti clinic*. 2021;(3):93–97. EDN: WJNFM1 doi: 10.26435/uc.v0i3(40).668c
7. Abakumov MM, Bagnenko SF, Beloborodov VB, et al. *Abdominal surgical infection: Russian national recommendations*. Moscow: Medical Information Agency, 2018. 168 p. (In Russ.)
8. Grigoriev EG, Krivtsov GA, Plotkin LL, et al. *Acute peritonitis. Clinical recommendations*. Moscow, 2017. 91 p. (In Russ.)
9. Abichev NM, Jilkaidarov AD, Gladinetc MM. Errors, hazards, and complications in the treatment of patients with generalized purulent peritonitis. *Science and healthcare*. 2013;(3):43–45. EDN: WADBPN
10. Sataev VU, Mironov PI, Mamleev IA, Gumerov AA. Role of planned interventions assisted surgery in the outcome of abdominal sepsis in children. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2013;3(1):22–27. EDN: PZVTQN
11. Coral LEB, Gomez Ceron LN, Delgado Bravo AI. Peritonitis treated by laparoscopy as an effective treatment. *Rev Gastroenterol Peru*. 2018;38(3):261–264
12. Spichak AI, Naumov PV, Volosnikov DK. Experience of using the drug “Reamberin” in paediatric oncological practice. *Pediatric bulletin of the South Ural*. 2014;(1-2):74–78. EDN: TOTSJA
13. Aleksandrovich YuS, Pshenisnov KV. Infusion Antihypoxants in children with critical conditions. *General Reanimatology*. 2014;10(3):61–76. EDN: SUFUVF doi: 10.15360/1813-9779-2014-3-59-74
14. Romantsova MG, Kovalenko AL. *Reamberine in clinical practice. Practical guide for doctors*. Saint Petersburg, 2011. 198 p. (In Russ.)
15. Zavyalkin VA, Barskaya MA, Varlamov AV, et al. Influence of the antihypoxantic therapy on children with generalized peritonitis. *Pirogov Russian journal of surgery*. 2016;(12):88–92. EDN: XVVOQT doi: 10.17116/hirurgia20161288-92
16. Lazarev VV, Anchutin PE. Effects of succinates on the inflammatory response: a review. *Annals of Critical Care*. 2023;(3):155–165. EDN: IVCGIF doi: 10.21320/1818-474X-2023-3-155-165

17. Razumovsky AYu. *Paediatric surgery. National guide*. Razumovsky AYu, editor. Moscow: GEOTAR-Media, 2021. 1280 p. (In Russ.)
18. Shamsiev AM, Yusupov ShA, Ryazantsev VA, et al. The features of preoperational preparation of children with diffuse types of appendicular peritonitis. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2013;3(1):88–92. EDN: PZVTVD
19. Yusupov SA, Atakulov JO, Shukurova GO, et al. The features of perioperational preparation of children with diffuse types of appendicular peritonitis. *Science and Education*. 2023;4(9):118–127.
20. Aleksandrovich YuS, Vorontsova NYu, Grebennikov VA, et al. Recommendations on infusion-transfusion therapy in children undergoing surgery. *Messenger of anesthesiology and resuscitation*. 2018;15(2):68–84. EDN: XMOGBF doi: 10.21292/2078-5658-2018-15-2-68-84
21. Bailey AG, McNaull PP, Jooste E, Tuchman JB. Perioperative crystalloid and colloid fluid management in children: where are we and how did we get here? *Anesth Analg*. 2010;110(2):375–390. doi: 10.1213/ANE.0b013e3181b6b3b5
22. Chhabada S, Licina L, Gupta N. Perioperative fluid management in pediatric patients. In: Farag E, Kurz A, Troianos C, editors. *Perioperative fluid management*. Springer, Cham. 2020. P. 387–408. doi: 10.1007/978-3-030-48374-6\_17
23. Starokon PM, Altunyan VL, Asanov ON, Galik NI. Disseminated peritonitis: methods of detoxification. In: Larichev AB, editor. Proceedings of the IX All-Russians conferences of general surgeons with international participation: “Peritonitis from A to Z (All-Russian school)”; 2016 May 18–19; Yaroslavl. Yaroslavl: Avers-Plus, 2016. P. 425–427. (In Russ.)
24. Gostischev VK, Sazhin VP, Avdovenko AL. *Peritonitis: textbook for students of medical universities*. Moscow: Medicine, 1992. 223 p. (In Russ.)
25. Dindo D, Demartines N, Clavien P-A. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg*. 2004;240(2):205–213. doi: 10.1097/01.sla.0000133083.54934.ae
26. Aleksandrovich YuS, Pshenishnov KV. Pre-operative preparation to anesthesia in children. *Messenger of anesthesiology and resuscitation*. 2020;17(3):79–94. EDN: QZNF0B doi: 10.21292/2078-5658-2020-17-3-79-94

## ОБ АВТОРАХ

**\*Владислав Александрович Завьялкин**, канд. мед. наук, доцент; адрес: Россия, 443099, Самара, ул. Чапаевская, д. 89; ORCID: 0000-0001-9555-8979; eLibrary SPIN: 8691-8689; e-mail: v.a.zavyalkin@samsmu.ru

**Мargarita Александровна Барская**, д-р мед. наук, профессор; ORCID: 0000-0002-7069-7267; eLibrary SPIN: 6604-3686; e-mail: m.a.barskaya@samsmu.ru

**Сергей Николаевич Юхимец**, канд. мед. наук, доцент; ORCID: 0000-0002-2493-7872; eLibrary SPIN: 7981-4639; e-mail: ast\_dean\_sm@sjchs.sjuit.ac.tz

## AUTHORS' INFO

**\*Vladislav A. Zavyalkin**, MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor; address: 89 Chapaevskaya st., Samara, 443099, Russia; ORCID: 0000-0001-9555-8979; eLibrary SPIN: 8691-8689; e-mail: v.a.zavyalkin@samsmu.ru

**Margarita A. Barskaya**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; ORCID: 0000-0002-7069-7267; eLibrary SPIN: 6604-3686; e-mail: m.a.barskaya@samsmu.ru

**Sergey N. Yukhimets**, MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor; ORCID: 0000-0002-2493-7872; eLibrary SPIN: 7981-4639; e-mail: ast\_dean\_sm@sjchs.sjuit.ac.tz

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1774>

# Метавселенная — новая реальность в хирургии.

## Обзор литературы

Ю.А. Козлов

Детская областная клиническая больница, Иркутск, Россия;

Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования, Иркутск, Россия;

Иркутский государственный медицинский университет, Иркутск, Россия

### АННОТАЦИЯ

Метавселенная — это относительно новая концепция технологического прогресса. Она понимается как трехмерная иммерсивная среда, включающая в себя элементы реального и виртуального мира, в которой различные виртуальные образы (точнее, аватары, в смысле цифровые двойники) взаимодействуют между собой и в которой могут осуществляться различные виды деятельности (образовательные, культурные, финансовые). Это зарождающаяся, неоднозначная концепция, для которой не существует точного определения и которая, вероятно, будет продолжать развиваться по мере совершенствования технологий. Нами была проанализирована литература с 2020 по 2023 гг., размещенная в базах данных PubMed и Web of Science по ключевым словам «метавселенная», «образование», «цифровая терапия», «междисциплинарное консультирование», «медицинский интернет вещей», «виртуальная реальность», «наложенная реальность», «расширенная реальность», «смешанная реальность», «лайфлоггинг», «зеркальный мир», «цифровые двойники», «хирургия». Выполнив поиск в PubMed по исходным терминам, в 2020 г. не было обнаружено ни одной публикации, в 2021 г. — 9, в 2022 г. эта цифра выросла до 161, а к 2023 г. по этой теме было опубликовано уже 246 статей. В контексте здравоохранения технология метавселенной означает использование виртуальной реальности, интерактивных и других иммерсивных технологий, таких как дополненная реальность, для создания моделируемых сред, предназначенных для обучения, образования и клинического применения. Различные аспекты, такие как цифровая технология в лечении, медицинский интернет вещей, хирургическое моделирование и многое другое, находятся сейчас в стадии исследования в области медицины. В зависимости от требований метавселенная представляет собой универсальную платформу, которую можно соответствующим образом моделировать, обеспечивая тем самым гибкий инструмент для развития медицины. В этой обзорной статье мы подробно обсудили возможные области применения метавселенной в хирургии. Все рубрики обзора основаны на немногочисленных данных, существующих в настоящее время в научной литературе, и являются удовлетворительными с точки зрения изучения с тем, чтобы представить убедительные доказательства пользы метавселенной и ее использования в качестве жизненно важного инструмента работы в медицине будущего.

**Ключевые слова:** метавселенная; медицина; хирургия; обзорная статья.

### Как цитировать

Козлов Ю.А. Метавселенная — новая реальность в хирургии. Обзор литературы // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 69–81. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1774>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1774>

# Metaverse: a new reality in surgery. Review

Yuri A. Kozlov

Children's Regional Clinical Hospital, Irkutsk, Russia;  
Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education, Irkutsk, Russia;  
Irkutsk State Medical University, Irkutsk, Russia

## ABSTRACT

The metaverse is a relatively new concept in technological advancement. It is a three-dimensional immersive environment including real and virtual world elements, in which various digital agents, more precisely, avatars, interact with each other and various activities (educational, cultural, and financial) can be carried out. It is an emerging controversial concept without precise definition and will likely continue to evolve as technology improves. Works of literature from 2020 to 2023, posted in the PubMed and Web of Science databases, were extracted using the following keywords: "metaverse", "education", "digital therapy", "interdisciplinary consultation", "medical Internet of things", "virtual reality", "superimposed reality", "extended reality", "mixed reality", "lifelogging", "mirror world", "digital twins", and "surgery". In the PubMed search using the original terms, no publications were extracted in 2020, 9 in 2021, 161 in 2022, and 246 in 2023. In the healthcare context, metaverse technology refers to the use of virtual reality and interactive and other immersive technologies, such as augmented reality, to create simulated environments intended for training, education, and clinical applications. Various aspects of medicine such as digital therapeutics, multidisciplinary team discussions, medical Internet of things, surgical simulations, conferences and meetings, research programs, etc., are being explored. Depending on the requirements, the metaverse provides a versatile platform that can be modeled accordingly, providing a flexible tool for medical development. In this review, we discussed in detail the possible applications of the metaverse in surgery. All scoping rubrics are based on the sparse evidence in the scientific literature and are adequately evaluated to provide compelling evidence on the utility of the metaverse in the future of medicine.

**Keywords:** metaverse; medicine; surgery; review.

## To cite this article

Kozlov YuA. Metaverse: a new reality in surgery. Review. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):69–81.  
DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1774>

Received: 13.01.2023

Accepted: 15.11.2023

Published: 28.03.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1774>

# 元宇宙—外科手术的新现实。 文献综述

Yuri A. Kozlov

Children's Regional Clinical Hospital, Irkutsk, Russia;  
Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education, Irkutsk, Russia;  
Irkutsk State Medical University, Irkutsk, Russia

## 摘要

元宇宙是一个相对较新的技术进步概念。它被理解为一个包含现实世界和虚拟世界元素的三维沉浸式环境，在这个环境中，各种虚拟形象（更确切地说，是数字双胞胎意义上的虚拟化身）可以相互影响，各种活动（教育、文化、金融）也可以在这个环境中进行。我们分析了PubMed和Web of Science数据库中2020年至2023年的文献，关键词为“元宇宙”、“教育”、“数字治疗”、“跨学科咨询”、“医疗物联网”、“虚拟现实”、“叠加现实”、“增强现实”、“混合现实”、“生活日志”、“镜像世界”、“数字孪生”、“手术”。在PubMed上对来源词进行搜索，发现2020年没有出版物，2021年有9篇，2022年增加到161篇，到2023年已经有246篇关于该主题的文章发表。在医疗保健领域，元宇宙技术指的是利用虚拟现实、交互和其他沉浸式技术，如增强现实，创建旨在用于教学、教育和临床应用的模拟环境。目前，医学领域正在研究治疗中的数字技术、医疗物联网、手术模拟等各个方面。元宇宙是一个多功能平台，可以根据不同的要求建立相应的模型，从而为医学发展提供灵活的工具。在这篇综述文章中，我们详细讨论了元宇宙在外科手术中的可能应用领域。所有的审查标准都是基于目前科学文献中存在的少量数据，从研究的角度来看是令人满意的，从而为元宇宙的有用性及其作为未来医学工作的重要工具提供了令人信服的证据。

**关键词:** 元宇宙; 医学; 外科; 综述文章。

## 引用本文

Kozlov YuA. 元宇宙—外科手术的新现实。文献综述. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):69–81.  
DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1774>

收到: 13.01.2023

接受: 15.11.2023

发布日期: 28.03.2024

## ВВЕДЕНИЕ

В последние два десятилетия мир столкнулся с невиданными ранее изменениями, благодаря распространению множества новых технологий и инструментов, которые открывает для нас четвертая технологическая революция. Цифровая трансформация серьезно повлияла на систему здравоохранения, чему еще больше способствовали ограничения, вызванные пандемией COVID-19, и связанное с ней социальное дистанцирование, что неизбежно привело к повышению цифровой грамотности, как пациентов, так и врачей, благодаря более широкому внедрению цифровой инфраструктуры и осознанию потенциала этих новых технологий. В период пандемии COVID-19 важно было задуматься о глубоких изменениях, о влиянии новых технологий, применение и главная роль которых повлияли на всю систему здравоохранения. Миллионы людей перешли от очной работы к удаленной. Точно так же образование в условиях отсутствия вакцин и наличии страха смерти перешло от очного к дистанционному. Изменения, которые ранее считались постепенными, пришлось радикально ускорить. Теперь реальность в образовании, работе и многих аспектах повседневной жизни стала гибридной: уроки стало возможно проводить очно или онлайн, многие компании разрешили сотрудникам удаленную работу [1]. Эта новая реальность подразумевает как положительные (меньше поездок на работу, загрязнение окружающей среды и более высокую пунктуальность), так и отрицательные последствия (более частое использование экранов, меньшая физическая активность, а также ограничение социального и человеческого взаимодействия). Все это ускорило развитие различных цифровых инноваций в системе здравоохранения, таких как телемедицина, беспроводные сети 5G, искусственный интеллект (ИИ) с машинным и глубоким обучением и, наконец, метавселенная (МВ) [2].

«Метавселенная» никогда не была широко используемым словом, пока этот термин не ввел Нил Стивенсон в своем романе «Лавина», опубликованном в 1992 г. [3]. Такой же редкий термин «аватар» — французское слово санскритского происхождения, что подразумевает изменение, трансформацию, метаморфозу и относится к созданию цифрового двойника человека. Чтобы понять МВ, в язык должны быть включены другие современные термины: дополненная реальность, лайфлоггинг — автоматическое фиксирование повседневной жизни с помощью носимых устройств, зеркальный мир, виртуальная реальность (параллельных миров или вселенных), цифровой двойник, интерактивность [4].

Нами была проанализирована соответствующая литература с 2020 по 2023 г., размещенная в базах данных PubMed и Web of Science по ключевым словам «метавселенная», «образование», «цифровая терапия», «междисциплинарное консультирование», «медицинский интернет вещей», «виртуальная реальность», «наложенная

реальность», «расширенная реальность», «смешанная реальность», «лайфлоггинг», «зеркальный мир», «цифровые двойники», «хирургия». Выполнив поиск в PubMed по исходным терминам, в 2020 г. не обнаружено ни одной публикации, в 2021 г. — 9, в 2022 г. эта цифра выросла до 161, а к 2023-му по этой теме было опубликовано уже 246 статей. Собрал и обобщив научные исследования, мы представили преимущества и ограничения МВ и резюмировали ее применение в хирургии.

В настоящее время МВ понимается как трехмерная иммерсивная среда, включающая в себя элементы реального и виртуального мира, в которой различные цифровые персонажи (точнее, аватары) взаимодействуют между собой, и в которой могут осуществляться различные виды деятельности (коммуникационные, образовательные, культурные, медицинские, финансовые) [5]. Это только что зарождающаяся, неоднозначная концепция, для которой не существует точного определения и которая, вероятно, будет продолжать развиваться по мере совершенствования знаний и технологий. МВ — это не просто дополненная реальность или виртуальная реальность, а взаимодействие этих технологий с рядом других, таких как интернет вещей, носимые устройства и высокоскоростной интернет.

Метавселенная основана на четырех технологиях [6]: виртуальной реальности (VR), дополненной реальности (AR), смешанной реальности (MR) и расширенной реальности (XR). VR — это технологическая услуга, которая позволяет пользователям ощутить реальную среду в виртуальном мире, созданном цифровыми устройствами. AR — технологический сервис, обеспечивающий среду, в которой виртуальный объект, представленный в двухмерном (2D) или трехмерном (3D) изображении, взаимодействует с реальным пространством. MR — это технологический сервис, который объединяет информацию из реального и виртуального мира для создания виртуального пространства, в котором они объединяются. XR — это объединяющее или обобщенное понятие, включающее VR, AR и MR, а также любую другую форму реальности, которые появятся в будущем. Расширенная реальность — это универсальная технология, которая реализует МВ и поэтому считается основным ключом к конвергенции с отраслью и, в частности, с отраслью здравоохранения для построения новой социальной и промышленной экосистемы. Чтобы называться метавселенной, цифровой мир должен обладать тремя характеристиками [7, 8]:

- интерактивностью — пользователь через свой аватар и устройство входит в МВ и может общаться с другими пользователями и взаимодействовать с цифровой средой;
- реальностью тел — аватары представляют цифровые копии пользователей и ограничены определенными законами и ресурсами;
- постоянством — МВ может функционировать и развиваться независимо от того, будут ли связаны ка-

кие-либо или все ее члены. Примером может служить аватар пациента, который входит в систему для телемедицинской консультации на прием к врачу и обладает своим собственным аватаром. Когда пациент уходит, его аватар исчезает, а аватар врача продолжает консультирование других пациентов.

В контексте здравоохранения технология МВ означает использование виртуальной реальности, интерактивных и других иммерсивных технологий, таких как дополненная реальность, для создания моделируемых сред, предназначенных для обучения, образования и клинического применения. В своем недавнем отчете «Метавселенная в здравоохранении: перспективы и прогноз глобального отраслевого анализа на 2022–2030 годы» компания Prescience Research — фирма по стратегическому анализу рынка, базирующаяся в Канаде и Индии, — обнаружила, что МВ становится все более важной для отрасли здравоохранения. Как было показано, объем мирового рынка МВ в сфере здравоохранения в 2022 г. оценивался в 8,9 млрд долларов США. Ожидается, что к 2032 г. он достигнет приблизительно 98,34 млрд долларов США и будет расти в годовом исчислении с темпом роста 29,4 % с 2022 по 2030 г. [9].

В марте 2023 г. Национальная медицинская академия Мексики организовала симпозиум «Метавселенная и медицинское образование: мираж или реальность?», на котором обсуждалась МВ и ее потенциальное применение в области медицины, а также то, что образовательная МВ, точно так же, как ИИ, — это часть будущего, которое уже существует\*. В поддержку этого утверждения свидетельствует тот факт, что количество публикуемой литературы на этот счет очень ограничено, но прогрессивно растет с каждым годом.

## ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ МЕТАВСЕЛЕННАЯ

Концепция МВ может изменить медицинское образование, обеспечив захватывающий и интерактивный опыт обучения, который можно персонализировать в соответствии с индивидуальными потребностями. Она может облегчить сотрудничество между сверстниками и преподавателями в 3D-среде, имитирующей обстановку в классе, обеспечить визуализацию виртуальных 3D-структур, улучшить взаимодействие между наставником и учеником, способствовать самостоятельному обучению и способствовать развитию навыков командной работы. Данный раздел практически полностью соответствует понятию электронной образовательной среды, в том числе в медобразовании [7, 8].

Как и во всей образовательной деятельности, МВ может применяться в медицинском образовании

для различных стратегий, таких как моделирование, обучение, основанное на решении конкретных проблем, использование дополненной реальности, виртуальных миров и обучения на основе игр, с возможностью пребывания в реальных средах, гиперреальное моделирование с немедленной обратной связью, принятие решений в ситуациях, которые используются при преподавании и изучении многих медицинских и хирургических специальностей, а также в сестринском деле.

Кроме того, студентов можно научить быстро осваивать различные терапевтические методы, как если бы они присутствовали в клинической практике, например такие процедуры, как эндоскопия или интубация трахеи [10]. Естественно, как уже подчеркивалось, обучение молодых хирургов облегчается возможностью проводить симуляцию операций на виртуальных пациентах и возможностью управлять движениями студента дистанционно [10].

Приведем некоторые существующие уже примеры использования МВ для медицинского обучения:

- изучение анатомии и физиологии — виртуальные вскрытия, визуализация биомеханики и физиологии мышц, рассмотрение вариаций анатомии в дополнение к наиболее распространенным, использование других точек зрения на патологическую анатомию и физиологию [5];
- психиатрия — обучение студентов, специалистов и пациентов для понимания психических заболеваний. В МВ пациент может выразить свои сенсорные галлюцинации с помощью аватара, чтобы дополнить исследование своей болезни [10];
- кардиовселенная или кардиоверс — сердечно-сосудистая медицина в МВ. Это позволит проводить виртуальные консультации пациентов, мониторинг цифровых журналов (электрокардиограмма, частота сердечных сокращений, уровень глюкозы в крови, артериальное давление), вмешательств с использованием виртуальной и дополненной реальности, а также медицинское образование (анатомия сердца в нескольких измерениях, симулированные хирургические вмешательства, принятие решений в узком терапевтическом окне) [10]. Все это поможет в образовании на клинических базах медицинских центров (курация пациентов, проведение статистического анализа, виртуальная отработка навыков оперативного лечения на сердце и магистральных сосудах);
- ортовселенная или ортоверс — дополненная реальность, предназначенная для изучения анатомии костей и суставов, то есть гиперреальная среда для изучения ортопедической хирургии (например, замены тазобедренного сустава) в нескольких учебных средах (класс, комната для обсуждения случаев, операционная) [11, 12];
- нейровселенная, или нейроверс, — неврология и нейрохирургия в МВ. Ее использование позволяет

\* [www.youtube.com](https://www.youtube.com) [Видеорецепт]. Academia nacional de medicina. Sesión Académica 22 de marzo 2023 [дата обращения: 09.01.2024]. Режим доступа: <https://www.youtube.com/live/MVD0TAoE50g?feature=share>

узнать более подробную информацию о пациенте посредством эффективной и систематической оценки неврологических симптомов [13]. Ее применяют в нейрохирургии для предоперационного планирования и интраоперационной навигации, МВ особенно многообещающе для обучения нейрохирургов. В условиях растущего спроса на высокоэффективные образовательные стратегии симуляторы на основе МВ позволяют нейрохирургическим ординаторам практиковать технические навыки в условиях низкого риска.

Дорожная карта медицинской МВ в образовании делит ее на 4 типа — дополненную реальность, лайфлоггинг, зеркальный мир и виртуальную реальность, основанную на синтезе этих технологий.

### Дополненная реальность

Дополненную реальность можно считать продвинутой и универсальной версией внешнего мира. В случае медицины дополненная реальность может использоваться в качестве инструмента для образования и обучения, поскольку она может быть средством для предоставления огромного объема знаний, как текстовых, так и аудиовизуальных. Обучение на основе моделирования является ключевой особенностью этого положения. Таким образом, учащемуся могут быть предложены различные сценарии, чтобы в реальной жизни ему не пришлось ждать, пока этот конкретный случай встретится в реальном мире, чтобы изучить его [14].

Одним из примеров в поддержку этого является устройство Virtuali-Tea от компании Curiscope (Curiscope, Великобритания), представляющее собой футболку с дополненной реальностью, которая дает пользователю возможность видеть и исследовать внутреннее строение человеческого тела [15].

### Лайфлоггинг

Лайфлоггинг — это инструмент ведения учета, с помощью которого медицинские работники могут записывать свою работу, например сценарии лечения, операции, схемы лечения и исследовательские проекты в виртуальном формате, и делиться ими с другими. Примером этого может служить группа искусственного интеллекта в Корею — сообщество онлайн-обучения, которое в настоящее время использует лайфлоггинг в качестве платформы для обучения и преподавания [16, 17].

### Зеркальный мир и цифровые двойники

В этом типе дополненной реальности ситуации из реальной жизни моделируются в виртуальном мире для создания среды обучения, основанной на опыте. Цифровые лаборатории и виртуальные образовательные центры — лишь несколько примеров того, как МВ помогает создать отражение окружающего мира и изучить его цифровой двойник изнутри [4]. В чрезвычайных ситуациях, таких как диабетический кетоацидоз, когда окно обучения

очень узкое и решения должны приниматься быстро и эффективно, что иногда приводит к ошибкам, можно использовать относительно более безопасный способ обучения медицинских работников, используя зеркальные миры. Эти зеркальные миры будут обеспечивать моделирование чрезвычайных ситуаций, чтобы минимизировать риск ошибок в будущем и максимизировать знания.

### Виртуальная реальность

Это самая популярная область образовательной МВ, которая включает в себя множество интерактивных инструментов, способных улучшить медицинское образование. В этом типе реальности окружающая среда полностью построена из нереального мира, и, таким образом, ограничением виртуальной реальности является только воображение человека [14].

Виртуальную реальность еще называют МВ в узком смысле. В этом типе МВ пространство, культурный фон и персонажи спроектированы и взаимодействуют иначе, чем в реальности. Аватар, действующий от имени пользователя, исследует виртуальное пространство, контактирует с другими аватарами и достигает своей образовательной цели. Встречи, сеансы виртуальной реальности, симуляции, тесты и многое другое — это различные методологии, применяемые для достижения образовательной цели. Виртуальную реальность наиболее полно можно использовать при построении симуляций, интерактивном обучении, сопоставлении сценариев и многих других подобных областях, если рассматривать сферу медицинского образования. Одним из таких примеров является платформа Zepeto — интерактивный сервис, запущенный в 2018 г., который создает похожий на пользователя 3D-аватар, используя распознавание лиц, дополненную реальность и 3D-технологии для общения с другими пользователями [18]. Это позволяет воспроизводить различные образовательные ролевые сценарии. Например, учитель может выбрать комнату класса, открыть комнату, пригласить учеников и взаимодействовать друг с другом с помощью голоса или сообщения. Используя очки виртуальной реальности, студенты-медики могут просматривать 3D-модели анатомии и манипулировать ими, что позволяет им лучше понимать сложные концепции и процедуры. Эту технологию также можно использовать для моделирования операций и других медицинских процедур, обеспечивая практическое обучение студентов и ординаторов без риска причинения вреда реальным пациентам. VR может помочь улучшить навыки будущих врачей и хирургов, что в конечном итоге приведет к улучшению результатов лечения пациентов [19, 20].

## МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЕ КОНСУЛЬТИРОВАНИЕ

Возможность совместного проведения исследований с коллегами, находящимися в разных частях мира,

способствует групповой и командной работе в интерактивном режиме. Такое коллегиальное обсуждение дает положительные результаты как для врачей, так и для их пациентов. Можно предположить, что междисциплинарная групповая дискуссия (multidisciplinary team discussion — MTD), запланированная в виртуальной среде с цифровыми аватарами, необходима для обсуждения и улучшения качества помощи пациентам [21]. Виртуальные элементы становятся реальными, помогая преодолевать расстояния для консультирования пациентов в более отдаленных уголках мира. 3D-анатомические модели заболевания пациента могут исследоваться, перемещаться и обсуждаться врачами различных профилей (например, радиологами, урологами, онкологами), как это происходит в видеоигре, благодаря иммерсивным системам отображения виртуальной реальности в виде очков, обеспечивающих беспрецедентный уровень детализации и взаимодействия. Более того, в МВ могут быть доступны и другие функции, отображаемые на очках дополненной реальности, такие как возможности лечения заболеваний и контроль качества проводимого лечения. В МВ хирурги смогут практиковаться столько раз, сколько необходимо, прежде чем заняться лечением реального пациента. Таким образом, MTD — это одна из ярких демонстраций потенциала МВ в медицине и хирургии, целью которой является создание иммерсивной среды, объединяющей виртуальный и реальный миры.

Больница Gwangmyeong в Южной Корее использовала технологии цифрового двойника и МВ для создания виртуального госпиталя под названием «Metaversepital», позволяющего пользователям проходить медицинское лечение и консультации без необходимости физического посещения больницы [17].

## ЦИФРОВАЯ ТЕРАПИЯ

Метавселенная становится все более важным инструментом для обеспечения персонализированной цифровой терапии, объединяя поставщиков медицинских услуг и пациентов, которым необходимо индивидуальное лечение в любых областях медицинских услуг. Цифровая терапия отличается от традиционной по нескольким причинам. Во-первых, цифровая терапия, будучи программным обеспечением без физической формы, использует когнитивно-поведенческую терапию (любая патофизиология, моделированная с использованием нейроверс), направленную конкретно на целевой орган, тем самым снижая вероятность токсичности и побочных эффектов на живой организм [22]. Во-вторых, по сравнению с разработкой новых лекарств, цифровая терапия требует меньше времени и денег на исследования, разработку и лицензирование препаратов, что, как ожидается, снизит медицинские затраты на лечение [23]. В-третьих, цифровая терапия может устранить значительные пробелы в медицинской помощи, возникшие из-за нехватки специализированных

поставщиков медицинских услуг и географических барьеров для доступа к системе здравоохранения. Они также могут быстро, с высокой доступностью и конфиденциальностью предоставить пациентам персонализированную помощь [24].

В зависимости от методов лечения выделяют несколько терапевтических направлений цифровой терапии. Цифровая когнитивно-поведенческая терапия эффективна при лечении расстройств центральной нервной системы, таких как нарушение сна, депрессия, тревога, посттравматическое стрессовое расстройство, алкогольная и наркотическая зависимость, облегчение боли и панические расстройства. Эта область достаточно активна, на ее долю приходится треть всех разработок цифровой терапии [25]. Цифровая немедикаментозная терапия может быть применима для системных заболеваний (например, гипертонии), при которых улучшение образа жизни имеет значительный эффект, а также для заболеваний, при которых важно контролировать прогноз тяжелобольных пациентов [26]. И, наконец, цифровая терапия интенсивно используется для лечения заболеваний, требующих длительного и регулярного приема лекарств, таких как астма, хроническая обструктивная болезнь легких и шизофрения. Кроме того, разрабатываются цифровые методы лечения амблиопии, неврологических заболеваний и травматических повреждений, а также синдрома дефицита внимания и гиперактивности с использованием нейрореабилитационной терапии [27].

## НОСИМЫЕ ЦИФРОВЫЕ УСТРОЙСТВА

Примером использования таких решений в хирургии является аппарат Dfree — это носимое устройство для прогнозирования времени посещения туалета, позволяющее отслеживать наполненность мочевого пузыря и отправляющее уведомление, когда пришло время сходить в туалет. Было показано, что использование Dfree помогло пациентам с дисфункцией мочевого пузыря справиться с симптомами заболеваний, улучшить качество их жизни и повысить общую удовлетворенность своим лечением [28]. Другим примером цифровых терапевтических устройств являются аппараты, которые помогают пациентам, чаще женщинам, укреплять мышцы тазового дна, что уменьшает симптомы недержания мочи. Устройства биологической обратной связи, в том числе система Leva Pelvic Health System, Elvie Trainer и Magic Kegel, предназначены для введения во влагалище, они оснащены беспроводной связью с приложением, загруженным на смартфон пациентки [28, 29]. Акселерометры, или датчики движения, размещенные по длине устройства обеспечивают информацию пациенту о работе мышц тазового дна. Эти мобильные домашние тренажеры для мышц тазового дна прошли клинические испытания и показали свою эффективность в улучшении симптомов недержания мочи и качества жизни у больных, которые их регулярно используют [29, 30].

Еще одна технологическая инновация — это умная туалетная система, которая объединяет в традиционный туалет различные датчики и устройства для мониторинга и анализа мочи и фекалий пользователя. Впервые М. Bhatia и соавт. [31] предложили интеллектуальную туалетную систему, которая использует технологию Интернета вещей для прогнозирования инфекции мочевыводящих путей в домашних условиях. В эту систему были интегрированы различные датчики для мониторинга ключевых биомаркеров в моче и использованы алгоритмы машинного обучения для прогнозирования вероятности инфекции мочевыводящих путей. Последующие исследования показали, что умные туалетные системы способны совершить революцию в диагностике и лечении различных урологических заболеваний и предложить неинвазивный и удобный метод наблюдения за пациентами с хроническими урологическими заболеваниями, такими как интерстициальный цистит или рак мочевого пузыря [32].

## МЕДИЦИНСКИЙ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

Термин «медицинский Интернет вещей» (MIoT) представляет собой специальное оборудование, применяемое в здравоохранении. С ростом доступности смартфонов мобильные приложения для контроля за здоровьем становятся растущей областью, предлагающей новые возможности для предоставления медицинских услуг.

В различных контекстах MIoT доказал свою эффективность. В качестве примера можно привести разработанное приложение по предупреждению возможности приступа астмы при нахождении в определенной среде, предназначенное для мониторинга загрязнения воздуха в режиме реального времени. На основе анализа полученных данных электронного дневника астмы пациентов в сочетании с атмосферными данными это приложение может прогнозировать острые приступы болезни, способствуя первичной и вторичной профилактике заболевания [33].

Другой пример использования MIoT представлен японской фирмой Toshiba, которая разработала устройство на основе искусственного интеллекта, состоящее из датчиков на запястье и карманного компьютера, способных ежедневно анализировать и контролировать состояние здоровья, деятельность и личные привычки пользователя, предоставляя напоминания и рекомендации по правильному здоровому питанию и регулярным физическим упражнениям, адаптированные к конкретному человеку [34]. На основании характеристик артериального пульса, движения, частоты сердечных сокращений и электродермальной активности было обнаружено, что ИИ анализирует и контролирует ситуацию, что может влиять на поведение людей и снижать риски заболеваний, связанных с образом жизни. Программное обеспечение этого устройства достигло 90 % точности определения действий пользователя, таких как, например, прием пищи или физические упражнения.

Доведение цифровых технологий до средства в качестве инструмента взаимодействия врача и пациента привело к созданию виртуальных больниц в МВ, таких как больница Alfa в виртуальном городе под названием Aimedis Health City, где встречаются и взаимодействуют врачи и пациенты разного происхождения и национальностей, делясь своим опытом и знаниями, позволяя пользователям проходить медицинское лечение и консультации без необходимости физического посещения больницы [6].

В последние годы достигнут значительный рост распространения телемедицины на основе MIoT [35]. Специально разработанные платформы позволяют собирать клинические данные, визуализировать и обмениваться медицинскими изображениями для создания точной цифровой медицинской карты для каждого пациента (например, Maia Connected Care). Кроме того, с помощью новых устройств (например, Tytocare) можно удаленно записывать жизненно важные показатели пациентов, такие как шумы сердца или дыхания и кровяное давление, открывая дверь к новой форме контролируемой выписки, которая потенциально может сократить время пребывания пациента в больнице, не влияя на безопасность пациента [21].

Цель Интернета вещей — заставить электронный мир работать в физической среде. Объекты и места, оснащенные метками радиочастотной идентификации (RFID) или QR-кодами, передают затем информацию в Интернет или на мобильные устройства, такие как персональные цифровые помощники, планшеты или мобильные телефоны. Другими словами, MIoT представляет собой инструмент, с помощью которого можно создать МВ и найти информацию, необходимую для ее постоянного обновления.

## ХИРУРГИЧЕСКАЯ МЕТАВСЕЛЕННАЯ

Одна из важных областей применения ИИ, распространенная на МВ, — это хирургия. Португальский хирург доктор Pedro Gouveia и его испанский коллега доктор Rogelio Andrés-Luna используя МВ провели операцию в Лиссабоне, имитирующую их пребывание в одной операционной несмотря на то, что они находились на расстоянии 900 км друг от друга. Доктор Gouveia носил специальные очки дополненной реальности, а именно HoloLens 2, которые позволяли другим участникам быть погруженными в реальную среду [6]. Он не только мог видеть пациента перед собой, но также проецировал диагностические изображения пациента и клиническую информацию о нем прямо на очки. В этом контексте технология 5G оказалась незаменимой, способной преодолеть ограничения технологии 4G, заключающиеся в задержке сигнала при передаче на расстояние.

Использование ИИ и виртуальной реальности в области хирургии кажутся на сегодняшний день очень перспективными. Они не только способствуют проводить

хирургические операции удаленно, но и позволят операторам полностью погрузиться в само вмешательство. В этом смысле AR будет играть фундаментальную роль. Хирург может носить умные очки, способные в режиме реального времени информировать его о любых изменениях жизненно важных параметров пациента и предоставлять ему всю информацию, необходимую для улучшения его работы, без необходимости отрывать взгляд от пациента и операционного поля. VR-очки могут проецировать изображения КТ и МРТ на тело пациента, позволяя хирургам просматривать внутреннюю анатомию в режиме реального времени и делать более точные разрезы. Эту технологию также можно использовать для отображения данных пациента, таких как частота сердечных сокращений и артериальное давление, непосредственно в поле зрения хирурга, что может привести к улучшению результатов лечения пациентов и снижению риска осложнений. Такая смешанная реальность недавно была опробована при трансплантации печени [36], а также в черепно-челюстно-лицевой хирургии [37]. Более того, возможность доступа к виртуальной реальности может стать действенным инструментом при планировании хирургического вмешательства. Таким образом, она предлагает возможность не только выполнять 3D-реконструкцию органа-мишени, но и обеспечивать 4D-визуализацию, позволяющую проводить внутреннюю навигацию и выявлять возможные аномалии [38]. Можно было бы также смоделировать операцию в VR на аватаре, идентичном оперируемому пациенту, приобретая опыт перед выполнением реальной операции в условиях операционной [39].

В некоторых хирургических дисциплинах, например нейрохирургии, челюстно-лицевой и ортопедической хирургии, использование навигационных концепций, основанных на подобных технологиях, быстро развивается [40]. Основной ахиллесовой пятой реализации этих концепций в хирургии является движение тканей. Позиционирование пациента и дыхательные движения сами по себе могут вызвать неточности при наложении изображения [41]. Инсуффляция CO<sub>2</sub> (обычно применяемая в абдоминальной миниинвазивной хирургии) и хирургические манипуляции с тканями по своей сути вызывают дополнительные деформации, которые делают бесполезным любой традиционный алгоритм наложения изображения. Наибольшая возможность повышения точности регистрации этих изменений заключается в коррекции артефактов движения в реальном времени. Это означает, что модель должна быть «эластичной», что требует усовершенствованных алгоритмов деформируемой реконструкции, которые используют активное отслеживание органов, возможно, усиленное интраоперационной визуализацией [42]. Если необходимая вычислительная мощность может быть реализована в этом направлении, современные алгоритмы машинного обучения могут управлять автоматическим

«деформированием» органа в реальном времени путем создания «эластичной модели» [43].

Сосредоточившись на хирургии, стоит задаться фантастическим по нынешним меркам вопросом — можем ли мы ожидать появления автономных хирургических роботов с искусственным интеллектом в ближайшие несколько лет. Автоматизированная хирургия может стать возможной в отдаленном будущем, но, как сообщили N. Heller и C. Weight [44], ИИ в настоящее время способен выполнять небольшие автоматизированные хирургические этапы при урологических процедурах. Сотрудничество «человек + машина» было бы желательно, по крайней мере частично, чтобы облегчить нагрузку на системы здравоохранения, уменьшить «выгорание» специалистов, повысить удовлетворенность пациентов и улучшить способы использования «человеческого» интеллекта для улучшения жизни пациентов [45]. Впечатляющим примером такого взаимодействия стала разработка автономного робота STAR, который впервые в мире выполнил кишечный анастомоз в эксперименте на лабораторном животном, что знаменует собой шаг на пути к полностью автоматизированной хирургии у человека [46].

## УМНАЯ ОПЕРАЦИОННАЯ

В 2019 г. в корейской больнице SNUH Bundang была создана умная операционная. Виртуальное пространство операционной было оформлено так, чтобы напоминать место проведения конференции [47]. Хирурги, находящиеся в любой точке мира, могли видеть процедуры так же ярко, как если бы они находились в операционной. Участники трансляции отметили, что казалось, будто они наблюдали за процедурой в реальной операционной, поскольку они могли видеть хирурга, хирургическую медсестру и окружающую среду в операционной по своему желанию через панорамную камеру, встроенную в пространство зала и позволяющую снимать в формате 360° в ультравысоком разрешении 8K в режиме 3D. Эта платформа характеризуется виртуальной средой и высококачественным голосовым общением посредством 3D-технологии иммерсивного звука XR. Еще одним преимуществом является возможность реализации голосового общения в реальном времени и демонстрация различных экранов, которые отражают реальную среду. Хирургический театр был виден лучше, чем когда наблюдатель сам находился в операционной и наблюдал за процедурой. Участники также могли видеть монитор хирурга и то, как медсестры в операционной передают хирургические инструменты. Когда участники перемещали мышью или курсором компьютера, они могли видеть каждый уголок операционной под нужным наблюдателю углом. Если они носили 3D-гарнитуру, то возникал эффект присутствия — видимая сцена меняется каждый раз, когда они поворачивают голову, и ощущение

пребывания в операционной становится более ощутимым, чем когда гарнитуру не используют.

Передовое оборудование для визуализации стало критически важным с увеличением частоты операций, позволяющих свести к минимуму лапаротомию и максимально использовать возможности эндоскопии. Теперь хирурги в «умных операционных» носят 3D-очки и наблюдают 3D-изображения высокого разрешения, переданные с лапароскопических камер. Используя эту технологию, наблюдатель может следить за процессом более обширно и точно, чем когда хирург вскрывает брюшную полость и проводит операцию. Камера или освещение операционной имеет функцию распознавания голоса. Хирург может работать обеими руками и напрямую выключать камеру или свет с помощью голосовой команды. Медицинский персонал может дистанционно поговорить о результатах биопсии во время операции. Например, если хирург удалит ткань во время операции и отправит ее патологу, патологоанатом сможет отображать микроскопические изображения на большом экране операционной после выполненной биопсии. Во время просмотра видео хирург слушает результаты патологоанатомических исследований в режиме реального времени и высказывает свое мнение. Даже если посетители умной операционной не могут смотреть хирургическую трансляцию в режиме реального времени, они могут учиться, просматривая позже видео, записанные с разных ракурсов.

Представленные примеры использования МВ в хирургии — это обширный раздел, который все еще находится в стадии исследования. МВ может предоставить устойчивый и динамичный инструмент для общего развития медицинского сектора. Этот инновационный подход также может принести пользу не только медицине, но и привлекающим к ней дочерним областям, которые поддерживают работу здравоохранения, таким как экономика здравоохранения, фармацевтика.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Rahaman T. Into the metaverse — Perspectives on a new reality // *Med Ref Serv Q.* 2022. Vol. 41, N. 3. P. 330–337. doi: 10.1080/02763869.2022.2096341
2. Zhang X., Chen Y., Hu L., Wang Y. The metaverse in education: definition, framework, features, potential applications, challenges, and future research topics // *Front Psychol.* 2022. Vol. 13. ID 1016300. doi: 10.3389/fpsyg.2022.1016300
3. Stephenson N. *Snow crash.* New York: Random house, 1992.
4. Kawarase M.A. IV, Anjankar A. Dynamics of metaverse and medicine: A review article // *Cureus.* 2022. Vol. 14, N. 11. ID e31232. doi: 10.7759/cureus.31232
5. Gutiérrez-Cirlos C., Bermúdez-González J.L., Carrillo-Pérez D.L., et al. Medicine and the metaverse: current applications and future // *Gac Med Mex.* 2023. Vol. 159, N. 4. P. 280–286. doi: 10.24875/GMM.M23000795

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, МВ — это альтернативный цифровой мир, доступ к которому осуществляется посредством специальных аудиовизуальных устройств. Различные секторы жизни, такие как финансы, развлечения и связь, являются главными потребителями этих инноваций. Наряду с этим, медицина недавно вошла в список областей, которые могут взаимодействовать с МВ. Различные аспекты медицины, такие как образование, хирургическое моделирование, конференции и встречи, программы обучения, исследовательские программы и многое другое, находятся сейчас в стадии исследования. В зависимости от требований МВ представляет собой среду, которую можно соответствующим образом моделировать, обеспечивая тем самым гибкий инструмент для развития медицины. В этой обзорной статье мы подробно обсудили возможные области применения МВ в хирургии. Все рубрики предварительного обзора основаны на немногочисленных данных, существующих в настоящее время в научной литературе, и являются удовлетворительными с точки зрения изучения с тем, чтобы представить доказательства пользы МВ и ее использования в качестве инструмента работы в медицине будущего.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Источник финансирования.** Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования при проведении поисково-аналитической работы и подготовке рукописи.

**Конфликт интересов.** Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

## ADDITIONAL INFORMATION

**Funding source.** The author declare that there was no external funding for the search and analytical work and preparation of the manuscript.

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

6. Massetti M., Chiariello G.A. The metaverse in medicine // *Eur Heart J Suppl.* 2023. Vol. 25, N. S-B. P. B104–B107. doi: 10.1093/eurheartjsupp/suad083
7. Кобринский Б.А. Обучение «на ходу» в электронной образовательной среде. Часть 1. Мобильное обучение в цифровой образовательной среде // *Методология и технология непрерывного профессионального образования.* 2023. № 1. С. 5–18. doi: 10.24075/МТСРЕ.2023.001
8. Кобринский Б. А. Обучение «на ходу» в электронной образовательной среде. Часть 2. Мобильное обучение в медицинском образовании. // *Методология и технология непрерывного профессионального образования.* 2023. № 2. С. 5–15. doi: 10.24075/МТСРЕ.2023.006
9. precedenceresearch.com [Электронный ресурс]. Metaverse in healthcare market (By component: Software, hardware; by

- technology: AR, VR, AI, MR; By devices: VR headsets, AR devices, Mixed reality platforms; By end user: Medical training and education modules, diagnosis, treatment, others) — Global industry analysis, size, share, growth, trends, regional outlook, and forecast 2023–2032. Режим доступа: <https://www.precedenceresearch.com/metaverse-in-healthcare-market>
10. Moro C. Utilizing the metaverse in anatomy and physiology // *Anat Sci Educ*. 2023. Vol. 16, N. 4. P. 574–581. doi: 10.1002/ase.2244
11. Skalidis I., Muller O., Fournier S. CardioVerse: The cardiovascular medicine in the era of Metaverse // *Trends Cardiovasc Med*. 2022. Vol. 33, N. 8. P. 471–476. doi: 10.1016/j.tcm.2022.05.004
12. Román-Belmonte J.M., Rodríguez-Merchán E.C., De la Corte-Rodríguez H. Metaverse applied to musculoskeletal pathology: Orthoverse and rehabverse // *Postgrad Med*. 2023. Vol. 135, N. 5. P. 440–448. doi: 10.1080/00325481.2023.2180953
13. Kundu M., Ng J.C., Awuah W.A., et al. NeuroVerse: neurosurgery in the era of Metaverse and other technological breakthroughs // *Postgrad Med J*. 2023. Vol. 99, N. 1170. P. 240–243. doi: 10.1093/postmj/qgad002
14. Kye B., Han N., Kim E., et al. Educational applications of metaverse: possibilities and limitations // *J Educ Eval Health Prof*. 2021. Vol. 18. ID 32. doi: 10.3352/jeehp.2021.18.32
15. curiscope.com [Электронный ресурс]. Curiscope [дата обращения: 09.01.2024]. Режим доступа: <https://www.curiscope.com/>
16. classting.ai [Электронный ресурс]. Classting AI [дата обращения: 09.01.2024]. Режим доступа: <https://www.classting.ai/>
17. news.cau.ac.kr [Электронный ресурс]. CAU News [дата обращения: 10.01.2024]. Режим доступа: [https://news.cau.ac.kr/cms/FR\\_CON/BoardView.do?MENU\\_ID=10&CONTENTS\\_NO=&SITE\\_NO=5&BOARD\\_SEQ=1&BOARD\\_CATEGORY\\_NO=&P\\_TAB\\_NO=&TAB\\_NO=&BBS\\_SEQ=6778](https://news.cau.ac.kr/cms/FR_CON/BoardView.do?MENU_ID=10&CONTENTS_NO=&SITE_NO=5&BOARD_SEQ=1&BOARD_CATEGORY_NO=&P_TAB_NO=&TAB_NO=&BBS_SEQ=6778)
18. web.zepeto.me [Электронный ресурс]. Zepeto [дата обращения: 11.01.2024]. Режим доступа: <https://web.zepeto.me/ru>
19. Mah E.T. Metaverse, AR, machine learning and AI in orthopaedics? // *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2023. Vol. 31, N. 1. ID 10225536231165362. doi: 10.1177/10225536231165362
20. Sandrone S. Medical education in the metaverse // *Nat Med*. 2022. Vol. 28, N. 12. P. 2456–2457. doi: 10.1038/s41591-022-02038-0
21. Checcucci E., Cacciamani G.E., Amparore D., et al. The metaverse in urology: Ready for prime time. The ESUT, ERUS, EULIS, and ESU perspective // *Eur Urol Open Sci*. 2022. Vol. 46. P. 96–98. doi: 10.1016/j.euros.2022.10.011
22. Sverdlov O., van Dam J., Hannesdottir K., Thornton-Wells T. Digital therapeutics: an integral component of digital innovation in drug development // *Clin Pharmacol Ther*. 2018. Vol. 104, N. 1. P. 72–80. doi: 10.1002/cpt.1036
23. Dang A., Arora D., Rane P. Role of digital therapeutics and the changing future of healthcare // *J Family Med Prim Care*. 2020. Vol. 9, N. 5. P. 2207–2213. doi: 10.4103/jfmpc.jfmpc\_105\_20
24. Apro M., Bossi P., Dasari A., et al. Digital health for optimal supportive care in oncology: benefits, limits, and future perspectives // *Support Care Cancer*. 2020. Vol. 28, N. 10. P. 4589–4612. doi: 10.1007/s00520-020-05539-1
25. Phan P., Mitragotri S., Zhao Z. Digital therapeutics in the clinic // *Bioeng Transl Med*. 2023. Vol. 8, N. 4. ID e10536. doi: 10.1002/btm2.10536
26. Moravcová K., Karbanová M., Bretschneider M.P., et al. Comparing digital therapeutic intervention with an intensive obesity management program: Randomized controlled trial // *Nutrients*. 2022. Vol. 14, N. 10. ID 2005. doi: 10.3390/nu14102005
27. Lutz J., Offidani E., Taraboanta L., et al. Appropriate controls for digital therapeutic clinical trials: A narrative review of control conditions in clinical trials of digital therapeutics (DTx) deploying psychosocial, cognitive, or behavioral content // *Front Digit Health*. 2022. Vol. 4. ID 823977. doi: 10.3389/fdgh.2022.823977
28. Hofstetter S., Zilezinski M., Wolf A., et al. Dfree ultrasonic sensor in supporting quality of life and patient satisfaction with bladder dysfunction // *Int J Urol Nurs*. 2023. Vol. 17, N. 1. P. 62–69. doi: 10.1111/ijun.12334
29. Czynmyj C.S., Bérubé M.È., Brooks K., et al. Reliability and validity of a mobile home pelvic floor muscle trainer: The elvie trainer // *Neurourol Urodyn*. 2020. Vol. 39, N. 6. P. 1717–1731. doi: 10.1002/nau.24439
30. Artymuk N.V., Khapacheva S.Y. Device-assisted pelvic floor muscle postpartum exercise programme for the management of pelvic floor dysfunction after delivery // *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2022. Vol. 35, N. 3. P. 481–485. doi: 10.1080/14767058.2020.1723541
31. Bhatia M., Kaur S., Sood S.K. IoT-inspired smart toilet system for home-based urine infection prediction // *ACM Trans Comput Healthc*. 2020. Vol. 1, N. 3. P. 1–25. doi: 10.1145/3379506
32. Tasoglu S. Toilet-based continuous health monitoring using urine // *Nat Rev Urol*. 2022. Vol. 19, N. 4. P. 219–230. doi: 10.1038/s41585-021-00558-x
33. Chan Y.Y.-F., Wang P., Rogers L., et al. The asthma mobile health study, a large-scale clinical observational study using ResearchKit // *Nat Biotechnol*. 2017. Vol. 35, N. 4. P. 354–362. doi: 10.1038/nbt.3826
34. global.toshiba [Электронный ресурс]. Toshiba's AI offers advice on improving habits toward reducing risk of lifestyle diseases [дата обращения: 09.01.2024]. Режим доступа: <https://www.global.toshiba/ww/news/corporate/2020/10/pr1501.html>
35. Novara G., Checcucci E., Crestani A., et al. Telehealth in urology: a systematic review of the literature. How much can telemedicine be useful during and after the COVID-19 pandemic? // *Eur Urol*. 2020. Vol. 78, N. 6. P. 786–811. doi: 10.1016/j.eururo.2020.06.025
36. Balci D., Kirimker E.O., Raptis D.A., et al. Uses of a dedicated 3D reconstruction software with augmented and mixed reality in planning and performing advanced liver surgery and living donor liver transplantation (with videos) // *Hepatobiliary Pancreat Dis Int*. 2022. Vol. 21, N. 5. P. 455–461. doi: 10.1016/j.hbpd.2022.09.001
37. Cai E.Z., Gao Y., Ngiam K.Y., Lim T.C. mixed reality intraoperative navigation in craniomaxillofacial surgery // *Plast Reconstr Surg*. 2021. Vol. 148, N. 4. P. 686e–688e. doi: 10.1097/PRS.00000000000008375
38. Lee C.W. Application of metaverse service to healthcare industry: A strategic perspective // *Int J Environ Res Public Health*. 2022. Vol. 19, N. 20. ID 13038. doi: 10.3390/ijerph192013038
39. Mesko B. The promise of the metaverse in cardiovascular health // *Eur Heart J*. 2022. Vol. 43, N. 28. P. 2647–2649. doi: 10.1093/eurheartj/ehac231
40. Mezger U., Jendrewski C., Bartels M. Navigation in surgery // *Langenbecks Arch Surg*. 2013. Vol. 398, N. 4. P. 501–514. doi: 10.1007/s00423-013-1059-4
41. Meershoek P., van den Berg N.S., Lutjeboer J., et al. Assessing the value of volume navigation during ultrasound-guided radiofrequency- and microwave-ablations of liver lesions // *Eur J Radiol Open*. 2021. Vol. 8. ID 100367. doi: 10.1016/j.ejro.2021.100367
42. Amparore D., Checcucci E., Piazzolla P., et al. Indocyanine green drives computer vision based 3D augmented reality robot assisted partial nephrectomy: The beginning of “Automatic” overlapping era // *Urology*. 2022. Vol. 164. P. e312–e316. doi: 10.1016/j.urology.2021.10.053

43. Ma R., Vanstrum E.B., Lee R., et al. Machine learning in the optimization of robotics in the operative field // *Curr Opin Urol*. 2020. Vol. 30, N. 6. P. 808–816. doi: 10.1097/MOU.0000000000000816
44. Heller N., Weight C. “The Algorithm Will See You Now”: the role of artificial (and real) intelligence in the future of urology // *Eur Urol Focus*. 2021. Vol. 7, N. 4. P. 669–671. doi: 10.1016/j.euf.2021.07.010
45. Hung A.J., Chen A.B., Cacciamani G.E., Gill I.S. Artificial Intelligence will (MAY) make doctors expendable (IN GOOD WAYS): Pro // *Eur Urol Focus*. 2021. Vol. 7, N. 4. P. 683–684. doi: 10.1016/j.euf.2021.03.011

46. Saeidi H., Opfermann J.D., Kam M., et al. Autonomous robotic laparoscopic surgery for intestinal anastomosis // *Sci Robot*. 2022. Vol. 7, N. 62. ID eabj2908. doi: 10.1126/scirobotics.abj2908
47. Koo H. Training in lung cancer surgery through the metaverse, including extended reality, in the smart operating room of Seoul National University Bundang Hospital, Korea // *J Educ Eval Health Prof*. 2021. Vol. 18. ID 33. doi: 10.3352/jeehp.2021.18.33

## REFERENCES

1. Rahaman T. Into the metaverse — Perspectives on a new reality. *Med Ref Serv Q*. 2022;41(3): 330–337. doi: 10.1080/02763869.2022.2096341
2. Zhang X, Chen Y, Hu L, Wang Y. The metaverse in education: definition, framework, features, potential applications, challenges, and future research topics. *Front Psychol*. 2022;(13):1016300. doi: 10.3389/fpsyg.2022.1016300
3. Stephenson N. *Snow crash*. New York: Random house, 1992.
4. Kawarase MA IV, Anjankar A. Dynamics of metaverse and medicine: A review article. *Cureus*. 2022;14(11):e31232. doi: 10.7759/cureus.31232
5. Gutiérrez-Cirlos C, Bermúdez-González JL, Carrillo-Pérez DL, et al. Medicine and the metaverse: current applications and future. *Gac Med Mex*. 2023;159(4):280–286. doi: 10.24875/GMM.M23000795
6. Massetti M, Chiariello GA. The metaverse in medicine. *Eur Heart J Suppl*. 2023;25(S-B):B104–B107. doi: 10.1093/eurheartjsupp/suad083
7. Kobrinsky BA. Learning on the go in an electronic learning environment. Part 1. Mobile learning in a digital educational environment. *Methodology and technology of continuous professional education*. 2023;(1):5–18. doi: 10.24075/MTCPE.2023.001
8. Kobrinsky BA. Learning “on the go” in an electronic educational environment. Part 2. Mobile learning in medical education. *Methodology and technology of continuous professional education*. 2023;(2):5–15. DOI: 10.24075/MTCPE.2023.006
9. precedenceresearch.com [Internet]. Metaverse in healthcare market (By component: Software, hardware; by technology: AR, VR, AI, MR; By devices: VR headsets, AR devices, Mixed reality platforms; By end user: Medical training and education modules, diagnosis, treatment, others) — Global industry analysis, size, share, growth, trends, regional outlook, and forecast 2023–2032. Available from: <https://www.precedenceresearch.com/metaverse-in-healthcare-market>
10. Moro C. Utilizing the metaverse in anatomy and physiology. *Anat Sci Educ*. 2023;16(4): 574–581. doi: 10.1002/ase.2244
11. Skalidis I, Muller O, Fournier S. CardioVerse: The cardiovascular medicine in the era of Metaverse. *Trends Cardiovasc Med*. 2022;33(8):471–476. doi: 10.1016/j.tcm.2022.05.004
12. Román-Belmonte JM, Rodríguez-Merchán EC, De la Corte-Rodríguez H. Metaverse applied to musculoskeletal pathology: Orthoverse and rehabverse. *Postgrad Med*. 2023;135(5):440–448. doi: 10.1080/00325481.2023.2180953
13. Kundu M, Ng JC, Awuah WA, et al. NeuroVerse: neurosurgery in the era of Metaverse and other technological breakthroughs. *Postgrad Med J*. 2023;99(1170):240–243. doi: 10.1093/postmj/qgad002
14. Kye B, Han N, Kim E, et al. Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. *J Educ Eval Health Prof*. 2021;18:32. doi: 10.3352/jeehp.2021.18.32
15. curiscope.com [Internet]. Curiscope [cited 2024 Jan 9]. Available from: <https://www.curiscope.com/>
16. classting.ai [Internet]. Classting AI [cited 2024 Jan 9]. Available from: <https://www.classting.ai/>
17. news.cau.ac.kr [Internet]. CAU News [cited 2024 Jan 10]. Available from: [https://news.cau.ac.kr/cms/FR\\_CON/BoardView.do?MENU\\_ID=10&CONTENTS\\_NO=&SITE\\_NO=5&BOARD\\_SEQ=1&BOARD\\_CATEGORY\\_NO=&P\\_TAB\\_NO=&TAB\\_NO=&BBS\\_SEQ=6778](https://news.cau.ac.kr/cms/FR_CON/BoardView.do?MENU_ID=10&CONTENTS_NO=&SITE_NO=5&BOARD_SEQ=1&BOARD_CATEGORY_NO=&P_TAB_NO=&TAB_NO=&BBS_SEQ=6778)
18. web.zepeto.me [Internet]. Zepeto [cited 2024 Jan 11]. Available from: <https://web.zepeto.me/ru>
19. Mah ET. Metaverse, AR, machine learning and AI in orthopedics? *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2023;31(1):10225536231165362. doi: 10.1177/10225536231165362
20. Sandrone S. Medical education in the metaverse. *Nat Med*. 2022;28(12):2456–2457. doi: 10.1038/s41591-022-02038-0
21. Checucci E, Cacciamani GE, Amparore D, et al. The metaverse in urology: Ready for prime time. The ESUT, ERUS, EULIS, and ESU perspective. *Eur Urol Open Sci*. 2022;46:96–98. doi: 10.1016/j.euro.2022.10.011
22. Sverdlöv O, van Dam J, Hannesdóttir K, Thornton-Wells T. Digital therapeutics: an integral component of digital innovation in drug development. *Clin Pharmacol Ther*. 2018;104(1):72–80. doi: 10.1002/cpt.1036
23. Dang A, Arora D, Rane P. Role of digital therapeutics and the changing future of healthcare. *J Family Med Prim Care*. 2020;9(5):2207–2213. doi: 10.4103/jfmpc.jfmpc\_105\_20
24. Aapro M, Bossi P, Dasari A, et al. Digital health for optimal supportive care in oncology: benefits, limits, and future perspectives. *Support Care Cancer*. 2020;28(10):4589–4612. doi: 10.1007/s00520-020-05539-1
25. Phan P, Mitragotri S, Zhao Z. Digital therapeutics in the clinic. *Bioeng Transl Med*. 2023;8(4):e10536. doi: 10.1002/btm2.10536
26. Moravcová K, Karbanová M, Bretschneider MP, et al. Comparing digital therapeutic intervention with an intensive obesity management program: Randomized controlled trial. *Nutrients*. 2022;14(10):2005. doi: 10.3390/nu14102005
27. Lutz J, Offidani E, Taraboanta L, et al. Appropriate controls for digital therapeutic clinical trials: A narrative review of control conditions in clinical trials of digital therapeutics (DTx) deploying psychosocial, cognitive, or behavioral content. *Front Digit Health*. 2022;4:823977. doi: 10.3389/fdgh.2022.823977
28. Hofstetter S, Zilezinski M, Wolf A, et al. Dfree ultrasonic sensor in supporting quality of life and patient satisfaction with bladder dysfunction. *Int J Urol Nurs*. 2023;17(1):62–69. doi: 10.1111/ijun.12334

29. Czornyj CS, Bérubé MÈ, Brooks K, et al. Reliability and validity of a mobile home pelvic floor muscle trainer: The elvie trainer. *NeuroUrol Urodyn*. 2020;39(6):1717–1731. doi: 10.1002/nau.24439
30. Artymuk NV, Khapacheva SY. Device-assisted pelvic floor muscle postpartum exercise program for the management of pelvic floor dysfunction after delivery. *J Matern Fetal Neonatal Med*. 2022;35(3):481–485. doi: 10.1080/14767058.2020.1723541
31. Bhatia M, Kaur S, Sood SK. IoT-inspired smart toilet system for home-based urine infection prediction. *ACM Trans Comput Healthc*. 2020;1(3):1–25. doi: 10.1145/3379506
32. Tasoglu S. Toilet-based continuous health monitoring using urine. *Nat Rev Urol*. 2022;19(4):219–230. doi: 10.1038/s41585-021-00558-x
33. Chan YY-F, Wang P, Rogers L, et al. The asthma mobile health study, a large-scale clinical observational study using ResearchKit. *Nat Biotechnol*. 2017;35(4):354–362. doi: 10.1038/nbt.3826
34. global.toshiba [Internet]. Toshiba's AI offers advice on improving habits towards reducing risk of lifestyle diseases [cited 2024 Jan 9]. Available from: <https://www.global.toshiba/ww/news/corporate/2020/10/pr1501.html>
35. Novara G, Checcucci E, Crestani A, et al. Telehealth in urology: a systematic review of the literature. How much can telemedicine be useful during and after the COVID-19 pandemic? *Eur Urol*. 2020;78(6):786–811. doi: 10.1016/j.eururo.2020.06.025
36. Balci D, Kirimker EO, Raptis DA, et al. Uses of a dedicated 3D reconstruction software with augmented and mixed reality in planning and performing advanced liver surgery and living donor liver transplantation (with videos). *Hepatobiliary Pancreat Dis Int*. 2022;21(5):455–461. doi: 10.1016/j.hbpd.2022.09.001
37. Cai EZ, Gao Y, Ngiam KY, Lim TC. mixed reality intraoperative navigation in craniomaxillofacial surgery. *Plast Reconstr Surg*. 2021;148(4):686e–688e. doi: 10.1097/PRS.0000000000008375
38. Lee CW. Application of metaverse service to healthcare industry: A strategic perspective. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(20):13038. doi: 10.3390/ijerph192013038
39. Mesko B. The promise of the metaverse in cardiovascular health. *Eur Heart J*. 2022;43(28):2647–2649. doi: 10.1093/eurheartj/ehac231
40. Mezger U, Jendrewski C, Bartels M. Navigation in surgery. *Langenbecks Arch Surg*. 2013;398(4):501–514. doi: 10.1007/s00423-013-1059-4
41. Meershoek P, van den Berg NS, Lutjeboer J, et al. Assessing the value of volume navigation during ultrasound-guided radiofrequency- and microwave-ablations of liver lesions. *Eur J Radiol Open*. 2021;8:100367. doi: 10.1016/j.ejro.2021.100367
42. Amparore D, Checcucci E, Piazzolla P, et al. Indocyanine green drives computer vision based 3D augmented reality robot assisted partial nephrectomy: The beginning of “Automatic” overlapping era. *Urology*. 2022;164:e312–e316. doi: 10.1016/j.urology.2021.10.053
43. Ma R, Vanstrum EB, Lee R, et al. Machine learning in the optimization of robotics in the operative field. *Curr Opin Urol*. 2020;30(6):808–816. doi: 10.1097/MOU.0000000000000816
44. Heller N, Weight C. “The Algorithm Will See You Now”: the role of artificial (and real) intelligence in the future of urology. *Eur Urol Focus*. 2021;7(4):669–671. doi: 10.1016/j.euf.2021.07.010
45. Hung AJ, Chen AB, Cacciamani GE, Gill IS. Artificial Intelligence will (MAY) make doctors expendable (IN GOOD WAYS): Pro. *Eur Urol Focus*. 2021;7(4):683–684. doi: 10.1016/j.euf.2021.03.011
46. Saeidi H, Opfermann JD, Kam M, et al. Autonomous robotic laparoscopic surgery for intestinal anastomosis. *Sci Robot*. 2022;7(62):eabj2908. doi: 10.1126/scirobotics.abj2908
47. Koo H. Training in lung cancer surgery through the metaverse, including extended reality, in the smart operating room of Seoul National University Bundang Hospital, Korea. *J Educ Eval Health Prof*. 2021;18:33. doi: 10.3352/jeehp.2021.18.33

## ОБ АВТОРЕ

**Юрий Андреевич Козлов**, д-р мед. наук, чл.-корр. РАН, профессор; адрес: Россия, 664022, Иркутск, б-р Гагарина, д. 4; ORCID: 0000-0003-2313-897X; eLibrary SPIN: 3682-0832; e-mail: yuriherz@hotmail.com

## AUTHOR INFO

**Yury A. Kozlov**, Dr. Sci. (Medicine), corresponding member of Russian Academy of Sciences, Professor; address: 4 bulvar Gagarina, Irkutsk, 664022, Russia; ORCID: 0000-0003-2313-897X; eLibrary SPIN: 3682-0832; e-mail: yuriherz@hotmail.com

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1569>

# Острый респираторный дистресс-синдром в педиатрической практике: диагностика и интенсивная терапия. Обзор литературы

Ю.С. Александрович, К.В. Пшениснов, В.И. Колодяжная

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

## АННОТАЦИЯ

Острый респираторный дистресс-синдром — одна из основных причин жизнеугрожающих осложнений и летальных исходов в педиатрических отделениях интенсивной терапии. Цель исследования — проанализировать современные особенности эпидемиологии, факторы риска и исходы острого респираторного дистресс-синдрома у детей старше одного месяца жизни по данным литературы. Поиск информации осуществляли с использованием ключевых слов: «острый респираторный дистресс-синдром», «дети», «эпидемиология», «respiratory distress syndrome», «pediatric», «control mechanical ventilation». В анализ включено 100 публикаций, входящих в реферативные базы данных eLibrary и PubMed. После первичного изучения абстрактов из обзора были исключены 64 статьи, содержащие уже ранее опубликованные сведения. В качестве основного источника взяты рекомендации Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference, которые были опубликованы в апреле 2023 г. Авторы обзора приводят актуальные дефиниции, факторы риска и критерии степени тяжести острого респираторного дистресс-синдрома в педиатрической практике, детально рассматривают особенности инвазивной вентиляции легких и адьювантной терапии, особое внимание уделяется инфузионной и трансфузионной терапии, питанию и седации. Один из разделов посвящен мониторингу состояния пациента, оценке эффективности газообмена и гемодинамики, подчеркивается важность динамической оценки наличия делирия у пациента и готовности его к экстубации. Рекомендации по лечению острого респираторного дистресса у детей Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference-2 позволяют более точно стратифицировать тяжесть течения патологического процесса, выявить пациентов группы риска с высокой вероятностью развития данного синдрома и начать своевременную протективную респираторную поддержку, направленную на восстановление паренхимы легких, оптимизацию доставки и потребления кислорода.

**Ключевые слова:** острый респираторный дистресс-синдром; гипоксемия; дети; искусственная вентиляция легких; интенсивная терапия.

## Как цитировать

Александрович Ю.С., Пшениснов К.В., Колодяжная В.И. Острый респираторный дистресс-синдром в педиатрической практике: диагностика и интенсивная терапия. Обзор литературы // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 83–95. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1569>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1569>

# Acute respiratory distress syndrome in pediatric practice, diagnosis, and intensive care: A review

Yurii S. Aleksandrovich, Konstantin V. Pshenishnov, Viktoriya I. Kolodyazhnaya

Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

## ABSTRACT

Acute respiratory distress syndrome is one of the main causes of life-threatening complications and deaths in pediatric intensive care units. This study aimed to analyze the current features of epidemiology, risk factors, and outcomes of acute respiratory distress syndrome in children aged >1 months according to the literature. The analysis included 100 publications extracted from eLibrary and PubMed abstract databases. The search was performed using the following keywords: acute respiratory distress syndrome, epidemiology, pediatric, outcome, and control mechanical ventilation. After the initial study of abstracts, 64 articles containing previously published information were excluded from the review. The recommendations of the Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference, which were published in April 2023, were taken as the main source. The review presents current definitions, risk factors, and criteria for the severity of acute respiratory distress syndrome in pediatric practice, discusses in detail the features of invasive ventilation and adjuvant therapy, and pays special attention to infusion and transfusion therapy, nutrition, and sedation. One of the sections is devoted to monitoring the patient's condition, assessing the effectiveness of gas exchange and hemodynamics, and emphasizing the importance of a dynamic assessment of delirium in patients and the readiness for extubation. The recommendations of Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference-2 for the treatment of acute respiratory distress syndrome in children make it possible to more accurately stratify the severity of the pathological process, identify patients at risk with a high probability of developing this syndrome, and begin timely protective respiratory support to restore lung parenchyma and optimize oxygen delivery and consumption.

**Keywords:** acute respiratory distress syndrome; hypoxemia; pediatric; control mechanical ventilation; intensive care.

## To cite this article

Aleksandrovich YuS, Pshenishnov KV, Kolodyazhnaya VI. Acute respiratory distress syndrome in pediatric practice: diagnosis and intensive care. Review. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):83–95. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1569>

Received: 09.11.2023

Accepted: 08.02.2024

Published: 28.03.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1569>

# 儿科急性呼吸窘迫综合征：诊断和重症监护。 文献综述

Yurii S. Aleksandrovich, Konstantin V. Pshenisnov, Viktoriya I. Kolodyazhnaya

Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

## 摘要

急性呼吸窘迫综合征是导致儿科重症监护室出现危及生命的并发症和死亡的主要原因之一。本研究旨在根据文献资料，对出生一个月以上儿童急性呼吸窘迫综合征的流行病学、风险因素和预后的现状进行分析。使用关键词“急性呼吸窘迫综合征”、“儿童”、“流行病学”、“呼吸窘迫综合征”、“儿科”、“控制性机械通气”搜索相关信息。分析共包括 eLibrary 和 PubMed 数据库中的 100 篇出版物。在对摘要进行初步审查后，64 篇包含先前已发表信息文章被排除在审查范围之外。2023 年 4 月出版的《儿童急性肺损伤共识会议建议》被作为主要资料来源。这篇综述的作者提供了儿科急性呼吸窘迫综合征的相关定义、风险因素和严重程度标准，并详细回顾了有创通气和辅助治疗的特点。特别关注输液和输血疗法、营养和镇静。其中一个章节的重点是关于监测患者的病情、评估气体交换效率和血液动力学，强调动态评估患者谵妄和拔管准备情况的重要性。小儿急性呼吸窘迫治疗建议《儿童急性肺损伤共识会议-2》，可以对病理过程的严重程度进行更准确的分层，确定极有可能患上这种综合征的高危人群，并及时启动保护性呼吸支持，以恢复肺实质、优化氧气输送和消耗。

**关键词：**急性呼吸窘迫综合征；低氧血症；儿童；机械通气；强化治疗。

## 引用本文

Aleksandrovich YuS, Pshenisnov KV, Kolodyazhnaya VI. 儿科急性呼吸窘迫综合征：诊断和重症监护。文献综述. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):83–95. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1569>

收到: 09.11.2023

接受: 08.02.2024

发布日期: 28.03.2024

## ВВЕДЕНИЕ

Острый респираторный дистресс-синдром (ОРДС) — одна из основных причин жизнеугрожающих осложнений и летальных исходов в педиатрических отделениях интенсивной терапии [1, 2].

Впервые ОРДС у взрослых был описан в 1967 г. D.G. Ashbaugh и соавт. [3]. Диагностические критерии ОРДС были представлены в рекомендациях Американско-Европейской согласительной конференции и Берлинских дефинициях [4, 5], при этом авторы признавали правомочность их применения и у детей, однако они не учитывали особенности респираторной поддержки в педиатрической практике. Специфические факторы риска, критерии диагностики и степени тяжести ОРДС у детей впервые были представлены в рекомендациях PALICC (Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference, Педиатрическая консенсусная конференция по острой травме легких) в 2015 г. [6].

За прошедшие 7 лет был накоплен значительный объем данных по патофизиологии и лечению ОРДС у детей, что позволило оценить достоверность и эффективность предложенных дефиниций [7–9]. Кроме этого, в ряде работ указано на то, что несоблюдение имеющихся рекомендаций ассоциировано с более высокой смертностью [10, 11]. Это привело к уточнениям в определении ОРДС и разработке обновленной версии рекомендаций — Второй консенсусной конференции по педиатрическому ОРДС — PALICC-2 [12]. В то же время необходимо отметить, что критерии диагностики ОРДС у новорожденных остались прежними [13].

Авторами рекомендаций PALICC-2 были выявлены существенные трудности в диагностике ОРДС у детей в странах с ограниченными ресурсами, в связи с чем предложена совершенно новая дефиниция — «вероятный острый респираторный дистресс-синдром» (possible PARDS), что позволяет проводить терапию при отсутствии возможности визуализации органов грудной клетки и анализа газового состава крови, а также у детей, состояние которых не полностью соответствует критериям ОРДС, но вероятнее всего, что они его переносят. Важным изменением стало упрощение стратификации по тяжести до бинарной: легкая/умеренная и тяжелая у детей [14].

Все вышеизложенное свидетельствует о несомненной актуальности и клинической значимости проблемы ОРДС у детей, необходимости анализа современных особенностей эпидемиологии, факторов риска и исходов дыхательной недостаточности в педиатрической практике, что послужило основанием для настоящего исследования.

*Цель исследования* — проанализировать современные особенности эпидемиологии, факторов риска и исходов ОРДС у детей старше одного месяца жизни по данным литературы.

В анализ включено 100 публикаций, входящих в реферативную базу данных РИНЦ и PubMed. Поиск осуществляли с использованием ключевых слов: «острый респираторный дистресс-синдром», «дети», «эпидемиология», «acute respiratory distress syndrome», «pediatric», «control mechanical ventilation». После первичного изучения абстрактов из обзора были исключены 64 статьи, содержащие уже ранее опубликованные сведения. В качестве основного источника взяты рекомендации Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference, которые были опубликованы в апреле 2023 г.

## ЭПИДЕМИОЛОГИЯ И ПАТОГЕНЕЗ ОРДС У ДЕТЕЙ

Согласно многочисленным исследованиям, частота остро респираторного дистресс-синдрома у детей в США, Европе, Австралии и Новой Зеландии составляет 2,0–12,8 на 100 тыс. детей в год. Несмотря на то что встречаемость ОРДС в детской популяции сравнительно ниже по сравнению со взрослыми, летальность при развитии ОРДС у детей также крайне высока и составляет 18–27 %, а в ряде стран даже достигает показателей взрослых — 35 %. Чаще всего летальные исходы наступают у детей с тяжелыми сопутствующими заболеваниями [15–18].

L.R. Schouten и соавт. [19] полагают, что частота встречаемости и летальность при ОРДС не изменились за последние 20 лет, при этом летальность зависит от географических особенностей страны, где проводилось исследование. Наиболее часто ОРДС, как у взрослых, так и у детей, развивается у пациентов мужского пола, однако различия в летальности в зависимости от гендерной принадлежности отсутствуют [20]. Летальные исходы, обусловленные прогрессированием ОРДС, составляют около 38,5 % летальности стационара, причем показатели увеличиваются с возрастом. Основным фактором развития ОРДС как у взрослых, так и у детей — сепсис, который наблюдается в 79 % случаев [21, 22].

По данным R.G. Khemani и соавт. [23], ОРДС развивается у 3 % пациентов педиатрических отделений реанимации и интенсивной терапии, при этом наличие рефрактерной гипоксемии ассоциируется с высокими показателями летальности, которая может достигать 30 %. Факторами риска являются наличие тяжелых сопутствующих заболеваний, характер и особенности течения основного патологического процесса, ставшего причиной развития ОРДС. Ключевым пусковым механизмом ОРДС у детей можно считать неспецифическое поражение легких, что свидетельствует о гетерогенной природе синдрома. Клинически значимым фактором, влияющим на течение заболевания, вероятно, является возраст пациента [23].

## ДИАГНОСТИКА ОРДС У ДЕТЕЙ

У всех детей до 18 лет без перинатального заболевания легких (респираторный дистресс-синдром новорожденных, аспирация мекония) ОРДС должен быть диагностирован на основании критериев PALICC-2 [14].

Диагноз ОРДС у детей базируется на наличии симптомов гипоксемии и изменений на рентгенограмме грудной клетки, возникающих в первые 7 дней от момента воздействия повреждающего фактора, к которым относятся новые зоны гиповентиляции, соответствующих острому поражению паренхимы легкого и не являющихся ателектазом или выпотом [14]. Консенсусом установлено, что предложенный в 2015 г. критерий «новое затенение», независимо от того, было ли оно изолированным или тотальным, является достаточным для диагностики после оценки степени тяжести гипоксемии и способствует более раннему и эффективному выявлению ОРДС у детей [14].

У детей, нуждающихся в инвазивной искусственной вентиляции легких (ИВЛ), базовым показателем, определяющим тяжесть поражения легких, являются индекс оксигенации или сатурационный индекс оксигенации (табл. 1), а не отношение  $PaO_2/FiO_2$  или  $SpO_2/FiO_2$ .

При использовании неинвазивной респираторной поддержки (высопоточные назальные канюли для оксигенотерапии, неинвазивная искусственная вентиляция легких) для диагностики ОРДС или оценки его вероятности следует применять отношения  $PaO_2/FiO_2$  или  $SpO_2/FiO_2$ . При оценке  $SpO_2/FiO_2$  для диагностики ОРДС необходимо использовать фракцию кислорода во вдыхаемой кислородо-воздушной смеси для поддержания  $SpO_2$  в диапазоне 88–97 %.

При использовании давления в конце выдоха более 5 см вод. ст., независимо от типа ИВЛ (инвазивная, неинвазивная ИВЛ с использованием лицевых масок «total face»), и наличии всех других диагностических критериев (время возникновения от момента воздействия флогогена, наличие гипоксемии, изменения на рентгенограмме) также следует диагностировать ОРДС.

Важным изменением в рекомендациях PALICC-2 является то, что оценку степени тяжести ОРДС рекомендуют проводить не ранее, чем через 4 ч после первичной диагностики. Выбор такого временного интервала обусловлен

методическими ограничениями оценки и служит компромиссом между результатами исследований, использовавшихся интервалы через 2 и 6 ч [14].

При оценке прогностической значимости легкой и умеренной степеней тяжести ОРДС выявлено отсутствие статистически значимых различий в показателях летальности, что позволило предложить бинарную классификацию тяжести течения ОРДС: легкая/умеренная и тяжелая степень. Эта классификация может использоваться независимо от типа ИВЛ [14].

### Диагностика ОРДС у детей с хроническими заболеваниями кардиореспираторной системы

У детей с врожденным пороком сердца (ВПС) синего типа диагностика ОРДС осуществляется на основании общепринятых критериев при условии внезапного ухудшения оксигенации относительно исходного уровня, которое не ассоциировано с течением или осложнением имеющегося порока сердца.

У детей с дисфункцией левого желудочка при наличии стандартных критериев диагностики диагноз ОРДС правомочен при наличии острой гипоксемии и изменениях в легких, которые не могут быть объяснены только левожелудочковой недостаточностью или перегрузкой объемом. Целесообразны эхокардиография и/или измерение давления в левом предсердии для выявления гидростатического отека легких.

Дети с хроническими заболеваниями легких, нуждающиеся в дополнительной дотации кислорода, неинвазивной или инвазивной ИВЛ через трахеостому, считаются переносящими перинатальный ОРДС, если у них имеется резкое ухудшение показателей оксигенации по сравнению с исходным уровнем при наличии критериев ОРДС. Для этих пациентов характерна низкая специфичность показателей гипоксемии, поэтому при проведении неинвазивной респираторной поддержки стратификация ОРДС по степени тяжести у них не проводится. При использовании инвазивной ИВЛ у детей с ВПС синего типа и хроническими заболеваниями сердца для оценки степени тяжести используются стандартные критерии (табл. 2).

Таблица 1. Индексы для оценки эффективности оксигенации

Table 1. Oxygenation performance indices

Индекс	Формула для расчета
Индекс оксигенации	$(MAP \times FiO_2 \times 100 \%) / PaO_2$
Сатурационный индекс оксигенации	$[FiO_2 \times MAP] / SpO_2$

Примечание.  $PaO_2$  — напряжение кислорода в артериальной крови;  $FiO_2$  — фракция кислорода в дыхательной смеси;  $SpO_2$  — сатурация гемоглобина кислородом пульсирующей крови; MAP — среднее давление в дыхательных путях.

Note.  $PaO_2$  — partial pressure of oxygen in arterial blood;  $FiO_2$  — fraction of inspired oxygen;  $SpO_2$  — pulse oximeter oxygen saturation; MAP — mean airway pressure.

Таблица 2. Критерии диагностики острого респираторного дистресс-синдрома у детей

Table 2. Diagnosis of pediatric acute respiratory distress syndrome

Признак	Описание			
Возраст	Исключаются пациенты с перинатальным поражением легких			
Время развития	В течение 7 дней от момента начала заболевания			
Причина отека легких	Респираторные нарушения, которые не могут быть полностью объяснены сердечной недостаточностью или перегрузкой объемом			
Рентгенологические изменения	Инфильтративные изменения, связанные с острым поражением легочной паренхимы			
Оксигенация	Неинвазивная искусственная вентиляция легких		Инвазивная искусственная вентиляция легких	
	PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> ≤ 300 или SpO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> ≤ 250		OI ≥ 4 или OSI ≥ 5	
Оценка степени тяжести*	Легкий/средней степени тяжести	Тяжелый	Легкий/средней степени тяжести	Тяжелый
	PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> ≥ 100 или SpO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> ≥ 150	PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> ≤ 100 или SpO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> ≤ 150	OI ≤ 16 или OSI ≤ 12	OI ≥ 16 или OSI ≥ 12
Врожденные пороки сердца, сопровождающиеся цианозом	Ухудшения оксигенации не связаны с врожденным пороком сердца синего типа			
Хронические заболевания легких	Ухудшение оксигенации по сравнению с исходными показателями			

*Примечание.* PaO<sub>2</sub> — напряжение кислорода в артериальной крови; FiO<sub>2</sub> — фракция кислорода в дыхательной смеси; PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> — индекс Горовица; SpO<sub>2</sub> — сатурация гемоглобина кислородом пульсирующей крови; OI — индекс оксигенации; OSI — сатурационный индекс. \*Осуществляют спустя 4 ч после первичной диагностики острого респираторного дистресс-синдрома.

*Note.* PaO<sub>2</sub> — partial pressure of oxygen in arterial blood; FiO<sub>2</sub> — fraction of inspired oxygen; PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> — Horowitz index; SpO<sub>2</sub> — pulse oximeter oxygen saturation; OI — oxygenation index; OSI — oxygenation saturation index. \*Patients with PARDS should be stratified into severity categories after at least 4 h.

## ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ ОРДС

У пациентов, нуждающихся в неинвазивной ИВЛ с использованием назального CPAP, ViPAP или высокопоточных назальных канюль для оксигенотерапии со скоростью потока более 1,5 л/(кг × мин) или превышающим

30 л/мин при наличии стандартных критериев диагностики, можно говорить о «вероятном» ОРДС. Факторы риска развития «вероятного» ОРДС представлены в табл. 3.

Таблица 3. Критерии риска развития «вероятного» острого респираторного дистресс-синдрома у детей

Table 3. Diagnosis of possible pediatric acute respiratory distress syndrome and patients at risk for pediatric acute respiratory distress syndrome

Признак	Описание	
Возраст	Исключаются пациенты с перинатальным поражением легких	
Время развития	В течение 7 дней от момента начала заболевания	
Причина отека легких	Респираторные нарушения, не связанные с сердечной недостаточностью и перегрузкой объемом	
Рентгенологические изменения	Инфильтративные изменения, связанные с острым поражением легочной паренхимы	
Оксигенация	Неинвазивная респираторная поддержка с помощью назальных канюль [пCPAP или pViPAP, канюли высокого потока: ≥ 1,5 л/(кг × мин) или ≥ 30 л/мин]	Любой способ доставки кислородно-воздушной смеси
	PaO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> ≤ 300 или SpO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> ≤ 250	Необходима дотация кислорода для поддержания SpO <sub>2</sub> > 88 % при отсутствии указанных выше критериев острого респираторного дистресс-синдрома
Врожденные пороки сердца, сопровождающиеся цианозом	Ухудшения оксигенации не связаны с врожденными пороками сердца синего типа	
Хронические заболевания легких	Ухудшение оксигенации по сравнению с исходными показателями	

## ИНТЕНСИВНАЯ ТЕРАПИЯ ОРДС

### Инвазивная вентиляция легких

У детей с ОРДС инвазивная ИВЛ является жизненно важной терапевтической стратегией. Независимо от возраста следует использовать эндотрахеальные трубки только с манжетой, поскольку это способствует поддержанию целевого уровня положительного давления в конце выдоха (ПДКВ), обеспечивает адекватное измерение давления в дыхательных путях и легочных объемах.

Четких рекомендаций по выбору режима ИВЛ при ОРДС у детей не существует, что связано с отсутствием убедительных доказательств эффективности и безопасности того или иного паттерна ИВЛ, в то же время следует отметить, что имеются данные о связи вентиляции со сбросом давления в дыхательных путях (Airway pressure release ventilation, APRV) с увеличением летальности [24].

При проведении ИВЛ эксперты предлагают придерживаться физиологических значений дыхательного объема в диапазоне 6–8 мл/кг. Дыхательный объем менее 6 мл/кг может быть оправдан, если необходимо поддерживать допустимые значения давления плато (P<sub>plat</sub>, plateau pressure) и движущего давления (DP, driving pressure) [25]. Одним из существенных отличий рекомендаций PALICC-2 является то, что авторы предлагают с осторожностью использовать дыхательный объем менее 4 мл/кг, в то время как в предыдущей версии при значительном поражении паренхимы допускалось снижение объема вдоха до 3 мл/кг, что ассоциируется с высокой вероятностью ателектотравмы.

Указывается, что, если при проведении ИВЛ нет возможности оценки транспульмонального давления, допустимыми пределами давления плато можно считать значения не более 28 см вод. ст., однако у детей со сниженным комплаенсом грудной клетки давление плато вдоха может быть выше и достигать значений 29–32 см вод. ст.

Ограничительная стратегия в отношении давления плато вдоха может приводить к заметным преимуществам в снижении риска летальности. Однако ограничительные стратегии имеют и потенциальные риски,

ассоциированные с неадекватным газообменом, более частым использованием средств для седации и миорелаксантов для поддержания целевых пределов давления плато вдоха или недостаточным ПДКВ, если его снижение необходимо для поддержания целевых показателей давления плато.

Одно из наиболее значимых показателей, отражающих эффективность вентиляции, движущее давление (driving pressure, минимальное давление вдоха), которое представляет собой разницу между давлением плато (P<sub>plat</sub>) и РЕЕР и отражает комплаенс респираторной системы [26]. Хотя и остается неясным, приводит ли ограничение движущего давления к улучшению исходов ОРДС у детей, все же предлагается его ограничивать 15 см вод. ст.

Величину ПДКВ следует подбирать, опираясь на показатели оксигенации, гемодинамического статуса и комплаенса дыхательной системы. Высокую эффективность при подборе уровня ПДКВ продемонстрировала зависимость FiO<sub>2</sub>/PEEP (табл. 4), поскольку ее использование способствовало снижению летальности, что было продемонстрировано в клиническом исследовании ARDSNet [27]. Следует отметить, что при подборе оптимального значения ПДКВ необходимо использовать индивидуальный и многокомпонентный подход.

Параметры инвазивной ИВЛ, направленные на предотвращение дальнейшего повреждения легких, представлены в табл. 5.

### Маневр рекрутмента

В настоящий момент нет достоверных данных, подтверждающих эффективность и безопасность применения маневра рекрутмента. Для улучшения оксигенации могут быть использованы стратегии последовательного увеличения и снижения ПДКВ.

Использование данной методики может предотвратить коллапс альвеол, способствует улучшению оксигенации и снижает вероятность повреждения легких. Исследования у детей показали, что у пациентов, где применяли маневр рекрутмента, не отмечалось выраженных гемодинамических нарушений, баротравм, гипоксемии и аритмии, однако сообщалось о развитии респираторного

**Таблица 4.** Оптимизация уровня положительного давления в конце выдоха в зависимости от фракции кислорода во вдыхаемой смеси

**Table 4.** Optimization of the positive pressure level at the end of expiration depending on the fraction of inspired oxygen

Показатель оксигенации	Зависимость FiO <sub>2</sub> /PEEP								
	«Большее РЕЕР и меньшее FiO <sub>2</sub> »								
FiO <sub>2</sub>	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
РЕЕР	5–8	14–16	16–18	20	20	20	22	24	
	«Меньшее РЕЕР и большее FiO <sub>2</sub> »								
FiO <sub>2</sub>	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	
РЕЕР	5	5–8	8–10	10	10–14	14	14–18	20–24	

**Таблица 5.** Протективная искусственная вентиляция легких**Table 5.** Protective control mechanical ventilation

Параметр	Значение
Дыхательный объем	6–8 мл/кг. Допустимо снижение до 4–6 мл/кг при необходимости достижения целевых значений давления плато и движущего давления
Давление плато	Менее 28 см вод. ст. При снижении комплаенса грудной клетки допустимо увеличение до 32 см вод. ст.
Положительное давление в конце выдоха	Подбирается в зависимости от фракции кислорода во вдыхаемой смеси, показателей гемодинамики, комплаенса дыхательной системы, величины давления плато и движущего давления

ацидоза и транзиторной гиперкапнии. От проведения агрессивных методик маневра рекрутмента следует отказаться, учитывая результаты исследований у взрослых.

### Высокочастотная вентиляция легких

Авторы консенсуса не дают однозначных рекомендаций по применению высокочастотной осцилляторной вентиляции (high frequency oscillatory ventilation, HFOV), однако она может быть оправдана при отсутствии возможности обеспечить адекватный газообмен при использовании протективной конвекциональной ИВЛ.

### Целевые показатели pH и газового состава крови

В рекомендациях 2023 г. эксперты утверждают, что у детей с тяжелым течением ОРДС возможно применение концепции пермиссивной гиперкапнии, при этом допустимый предел снижения pH составляет 7,2 с целью обеспечения возможности применения протективных стратегий ИВЛ. Мы полагаем, что имеющиеся рекомендации носят более прикладной и цель-ориентированный характер, поскольку в предыдущей версии допустимые значения pH находились в диапазоне 7,15–7,3.

При легкой/умеренной форме ОРДС следует поддерживать SpO<sub>2</sub> в диапазоне 92–97 %, при тяжелой — после подбора оптимальных значений ПДКВ допустимое снижение SpO<sub>2</sub> находится в диапазоне 90–92 %, для устранения токсических эффектов гипероксемии. Следует избегать показателей SpO<sub>2</sub> более 97 %. При SpO<sub>2</sub> менее 92 % целесообразна оценка сатурации кислородом в венозной крови, расчет индексов доставки и потребления кислорода.

### Ингаляция оксида азота и экзогенный сурфактант

Авторы консенсуса предлагают отказаться от рутинного использования ингаляций оксида азота (II), однако оно может быть оправдано у пациентов с инструментально подтвержденной легочной гипертензией или тяжелой правожелудочковой дисфункцией. Кроме того, ингаляции можно использовать у пациентов с тяжелым течением

ОРДС непосредственно перед принятием решения об использовании экстракорпоральной мембранной оксигенации. Оценку эффективности необходимо проводить в течение первых 4 ч и далее осуществлять регулярно, чтобы свести к минимуму токсичность и длительное использование при отсутствии клинического эффекта. Терапия экзогенным сурфактантом при ОРДС не рекомендуется.

### Позиционная терапия

Убедительные доказательства, свидетельствующие об эффективности и безопасности применения prone-позиции, сегодня отсутствуют, хотя данная методика может применяться при рефрактерной гипоксемии, когда нет эффекта от других вариантов лечения. Оптимальная длительность позиционной терапии также пока не установлена, хотя многие полагают, что в оптимальном варианте она должна составлять 8–12 ч [28].

### Санация трахеобронхиального секрета и применение муколитиков

При проведении инвазивной ИВЛ необходимо поддерживать адекватную проходимость дыхательных путей, однако рутинную инстилляцию изотонического раствора перед санацией трахеобронхиального дерева применять у детей с ОРДС не рекомендуется, ее можно использовать только для эвакуации вязкого секрета. Следует помнить, что санация трахеобронхиального дерева может свести на нет результаты рекрутирования альвеол. Убедительные данные, подтверждающие целесообразность применения физической реабилитационной терапии и муколитических средств, на данном этапе отсутствуют.

### Терапия системными кортикостероидами

Рутинное применение системных кортикостероидов в клинической практике не оправдано, однако у отдельных групп пациентов (например, при лечении ОРДС, ассоциированном с COVID-19) их использование может быть целесообразно.

### Седация, профилактика делирия и миоплегия

Основная цель седации у пациентов с ОРДС заключается в оптимизации доставки и потребления кислорода,

предотвращения дальнейшего прогрессирования явлений дыхательной недостаточности. Следует использовать высокоэффективные препараты для седации, при этом назначать их в минимальных дозах на фоне оценки эффекта с помощью надежных шкал.

Частота развития делирия у детей в критическом состоянии достигает 17 % среди пациентов отделения реанимации и интенсивной терапии и ассоциирована с увеличением длительности ИВЛ и смертности, поэтому необходима тщательная диагностика данного осложнения, которая должна проводиться как минимум дважды в день.

Если целевые параметры протективной ИВЛ не могут быть достигнуты только путем седации, ее целесообразно дополнить минимальной, но эффективной нервно-мышечной блокадой.

### **Инфузионная терапия, гемотрансфузия и питание**

Дети с ОРДС должны получать объем жидкости, соответствующий возрастным потребностям для поддержания оптимальной доставки кислорода и сохранения функции органов-мишеней, при этом перегрузки жидкостью следует избегать, поскольку она может приводить к увеличению длительности ИВЛ и смертности.

У детей с ОРДС показано раннее начало энтерального питания (в течение первых 72 ч от момента начала лечения), когда это возможно, или отсроченное энтеральное питание вместо назначения парентерального питания. Ежедневная дотация белка — не менее 1,5 г/кг.

Абсолютным показанием к трансфузии эритроцитов у детей с дыхательной недостаточностью тяжелой степени считается концентрация гемоглобина менее 50 г/л. Трансфузия эритроцит-содержащих препаратов крови не оправдана, если концентрация гемоглобина превышает 70 г/л при отсутствии гемодинамических нарушений, хронической гипоксемии, ОРДС тяжелой степени и гемолитической анемии. Четкие рекомендации по концентрации гемоглобина, которая является показанием к трансфузии донорских эритроцитов у пациентов с ОРДС и гемодинамическими расстройствами или тяжелой гипоксемией, сегодня отсутствуют.

### **Экстракорпоральная мембранная оксигенация**

При тяжелом течении ОРДС и рефрактерной гипоксемии обосновано применение экстракорпоральной мембранной оксигенации (ЭКМО), при этом решение о необходимости использования данного метода применяется на основании осмотра и оценки тяжести состояния пациента в динамике мультидисциплинарная команда специалистов.

При рефрактерной гипоксемии и отсутствии кардиальной дисфункции вариантом выбора становится вено-венозная схема ЭКМО. Оправдано медленное снижение

уровня  $pCO_2$ , особенно при наличии респираторного ацидоза.

На фоне ЭКМО должны применяться минимально необходимые протективные параметры ИВЛ, обеспечивающие восстановление поврежденной паренхимы легких и предотвращение ателектотравмы.

## **МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ У ДЕТЕЙ С ОРДС**

### **Мониторинг эффективности внешнего дыхания и газообмена**

Оценку функции внешнего дыхания (дыхательный объем и комплаенс дыхательной системы) следует проводить с учетом веса пациента, при этом особое внимание уделять мониторингу пикового давления на вдохе, давления плато и движущего давления (минимального давления вдоха). Измерение давления плато проводится в статических условиях.

Кривые «поток – время», «давление – время» и величина ауто-ПДКВ оценивают для выявления ограничения потока выдоха, оптимизации времени вдоха и выдоха, устранения десинхронизации пациента с аппаратом ИВЛ.

Непрерывную капнометрию можно использовать у пациентов с ОРДС, нуждающихся в инвазивной конвекциональной ИВЛ, в то время как при использовании высокочастотной осцилляторной ИВЛ методом выбора становится транскутанное измерение напряжения углекислого газа.

Одним из наиболее достоверных критериев тяжести течения ОРДС, эффективности терапии, готовности пациента к экстубации и прогнозирования исхода ОРДС у детей является величина физиологического мертвого пространства [28]. В ряде работ продемонстрировано, что увеличение фракции мертвого пространства к объему выдоха ассоциируется с увеличением летальности [30–32].

### **Оценка готовности к экстубации**

Следует проводить ежедневную оценку готовности пациента к экстубации, чтобы избежать неоправданно длительной ИВЛ. Это особенно справедливо, если учесть, что более 50 % детей, у которых имела место случайная экстубация, не нуждались в повторной интубации трахеи [33]. У пациентов, отвечающих критериям готовности к экстубации, требуется провести тесты на восстановление эффективного спонтанного дыхания для оценки их готовности к отлучению от аппарата ИВЛ. Тесты включают в себя оценку рефлексов дыхательных путей, тест на герметичность, силу инспираторных мышц и пробу на спонтанное дыхание [34, 35].

### **Мониторинг гемодинамики**

У всех детей с ОРДС необходимо проводить мониторинг гемодинамики для оценки влияния вентиляции

и течения заболевания на функцию сердца, а также для оценки доставки кислорода. Обязательно следует контролировать баланс жидкости. При наличии сердечной недостаточности или тяжелого течения ОРДС показана эхокардиография. Артериальный катетер следует использовать у пациентов с тяжелым течением ОРДС для постоянного мониторинга АД и анализа газового состава артериальной крови [36].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Международные рекомендации по лечению пациентов ОРДС, опубликованные в 2023 г. PALICC-2, позволяют более точно стратифицировать тяжесть течения патологического процесса, выявить пациентов группы риска с высокой вероятностью развития и неблагоприятного исхода ОРДС и начать своевременную проактивную респираторную поддержку, направленную на восстановление функционального состояния легких, оптимизацию доставки и потребления кислорода.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Личный вклад каждого автора:

Ю.С. Александрович — разработка дизайна и редактирование статьи; К.В. Пшениснов — анализ источников литературы, редактирование статьи; В.И. Колодяжная — первичный сбор и анализ источников литературы, написание статьи.

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

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

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors' contribution.** 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. Personal contribution of each author: Yu.S. Aleksandrovich — planning, design and organization of the study, editing the manuscript; K.V. Pshenisnov — research planning, editing and preparation of the manuscript; V.I. Kolodyazhnaya — primary collection and analysis of literature sources, writing of the article.

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

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. Острый респираторный дистресс-синдром в педиатрической практике // Вестник интенсивной терапии. 2014. № 3. С. 23–29. EDN: TESWRJ
2. Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. Острый респираторный дистресс-синдром в педиатрической практике // Вестник интенсивной терапии. 2014. № 4. С. 22–29. EDN: TFDERV
3. Ashbaugh D.G., Bigelow D.B., Petty T.L., Levine B.E. Acute respiratory distress in adults // *Lancet*. 1967. Vol. 2, N. 7511. P. 319–323. doi: 10.1016/s0140-6736(67)90168-7
4. Bernard G.R., Artigas A., Brigham K.L., et al. The American-European consensus conference on ARDS. Definitions, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination // *Am J Respir Crit Care Med*. 1994. Vol. 149, N. 3. P. 818–824. doi: 10.1164/ajrccm.149.3.7509706
5. ARDS Definition Task Force; Ranieri V.M., Rubenfeld G.D., et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition // *JAMA*. 2012. Vol. 307, N. 23. P. 2526–2533. doi: 10.1001/jama.2012.5669
6. Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference Group. Pediatric acute respiratory distress syndrome: consensus recommendations from the Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference // *Pediatr Crit Care Med*. 2015. Vol. 16, N. 5. P. 428–439. doi: 10.1097/PCC.0000000000000350
7. Amato M.B.P., Meade M.O., Slutsky A.S., et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome // *N Engl J Med*. 2015. Vol. 372, N. 8. P. 747–755. doi: 10.1056/nejmsa1410639
8. Brochard L., Slutsky A., Pesenti A. Mechanical ventilation to minimize progression of lung injury in acute respiratory failure // *Am J Respir Crit Care Med*. 2017. Vol. 195, N. 4. P. 438–442. doi: 10.1164/rccm.201605-1081CP
9. Lee J.H., Rehder K.J., Williford L., et al. Use of high flow nasal cannula in critically ill infants, children, and adults: a critical review of the literature // *Intensive Care Med*. 2013. Vol. 39, N. 2. P. 247–257. doi: 10.1007/s00134-012-2743-5
10. Khemani R.G., Parvathaneni K., Yehya N., et al. Positive end-expiratory pressure lower than the ards network protocol is associated with higher pediatric acute respiratory distress syndrome mortality // *Am J Respir Crit Care Med*. 2018. Vol. 198, N. 1. P. 77–89. doi: 10.1164/rccm.201707-1404OC
11. Bhalla A.K., Klein M.J., Emeriaud G., et al. Adherence to lung-protective ventilation principles in pediatric acute respiratory distress syndrome: A pediatric acute respiratory distress syndrome incidence and epidemiology study // *Crit Care Med*. 2021. Vol. 49, N. 10. P. 1779–1789. doi: 10.1097/CCM.0000000000005060
12. Emeriaud G., López-Fernández Y.M., Iyer N.P., et al. Executive summary of the second international guidelines for the diagnosis and management of pediatric acute respiratory distress syndrome (PALICC-2) // *Pediatr Crit Care Med*. 2023. Vol. 24, N. 2. P. 143–168. doi: 10.1097/PCC.0000000000003147
13. De Luca D., van Kaam A.H., Tingay D.G., et al. The Montreux definition of neonatal ARDS: biological and clinical background behind

the description of a new entity // *Lancet Respir Med*. 2017. Vol. 5, N. 8. P. 657–666. doi: 10.1016/S2213-2600(17)30214-X

14. Yehya N., Smith L., Thomas N.J., et al. Definition, incidence, and epidemiology of pediatric acute respiratory distress syndrome: From the Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference // *Pediatr Crit Care Med*. 2023. Vol. 24, N. 12S2. P. S87–S98. doi: 10.1097/PCC.0000000000003161

15. López-Fernández Y., Azagra A.M., de la Oliva P., et al. Pediatric acute lung injury epidemiology and natural history study: Incidence and outcome of the acute respiratory distress syndrome in children // *Crit Care Med*. 2012. Vol. 40, N. 12. P. 3238–3245. doi: 10.1097/CCM.0b013e318260caa3

16. López-Fernández Y.M., Smith L.S., Kohne J.G., et al. Prognostic relevance and inter-observer reliability of chest-imaging in pediatric ARDS: A pediatric acute respiratory distress incidence and epidemiology (PARDIE) study // *Intensive Care Med*. 2020. Vol. 46, N. 7. P. 1382–1393. doi: 10.1007/s00134-020-06074-7

17. Schneider N., Johnson M. Management of paediatric acute respiratory distress syndrome // *BJA Educ*. 2022. Vol. 22, N. 9. P. 364–370. doi: 10.1016/j.bjae.2022.04.004

18. Pujari C.G., Lalitha A.V., Raj J.M., Kavilapurapu A. Epidemiology of acute respiratory distress syndrome in pediatric intensive care unit: Single-center experience // *Indian J Crit Care Med*. 2022. Vol. 26, N. 8. P. 949–955. doi: 10.5005/jp-journals-10071-24285

19. Schouten L.R.A., Veltkamp F., Bos A.P., et al. Incidence and mortality of acute respiratory distress syndrome in children: a systematic review and meta-analysis // *Crit Care Med*. 2016. Vol. 44, N. 4. P. 819–829. doi: 10.1097/CCM.0000000000001388

20. Zimmerman J.J., Akhtar S.R., Caldwell E., Rubenfeld G.D. Incidence and outcomes of pediatric acute lung injury // *Pediatrics*. 2009. Vol. 124, N. 1. P. 87–95. doi: 10.1542/peds.2007-2462

21. Rubenfeld G.D., Caldwell E., Peabody E., et al. Incidence and outcomes of acute lung injury // *N Engl J Med*. 2005. Vol. 353, N. 16. P. 1685–1693. doi: 10.1056/NEJMoa050333

22. Prasertsan P., Anantasit N., Walanchapruk S., et al. Sepsis-related pediatric acute respiratory distress syndrome: A multicenter prospective cohort study // *Turk J Emerg Med*. 2023. Vol. 23, N. 2. P. 96–103. doi: 10.4103/tjem.tjem\_237\_22

23. Khemani R.G., Smith L., Lopez-Fernandez Y.M., et al. Paediatric acute respiratory distress syndrome incidence and epidemiology (PARDIE): an international, observational study // *Lancet Respir Med*. 2019. Vol. 7, N. 2. P. 115–128. doi: 10.1016/S2213-2600(18)30344-8

24. Lalgudi Ganesan S., Jayashree M., Chandra Singhi S., Bansal A. Airway pressure release ventilation in pediatric acute respiratory distress syndrome. A randomized controlled trial // *Am J Respir Crit Care Med*. 2018. Vol. 198, N. 9. P. 1199–1207. doi: 10.1164/rccm.201705-0989OC

25. Fernández A., Modesto V., Rimensberger P.C., et al. Invasive ventilatory support in patients with pediatric acute respiratory distress syndrome: From the Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference // *Pediatr Crit Care Med*. 2023. Vol. 24, N. 12S2. P. S61–S75. doi: 10.1097/PCC.0000000000003159

26. Трёмбач Н.В., Заболотских И.Б., Стаканов А.В., Ярошецкий А.И. Протективная вентиляция легких в абдоминальной хирургии // *Анестезиология и реаниматология*. 2018. № 3. С. 25–32. EDN: YTNPPV doi: 10.17116/anaesthesiology201803125

27. Brower R.G., Lanken P.N., MacIntyre N., et al. Higher versus lower positive end-expiratory pressures in patients with the acute respiratory distress syndrome // *N Engl J Med*. 2004. Vol. 351, N. 4. P. 327–336. doi: 10.1056/NEJMoa032193

28. Lupton-Smith A., Argent A., Rimensberger P., et al. Prone positioning improves ventilation homogeneity in children with acute respiratory distress syndrome // *Pediatr Crit Care Med*. 2017. Vol. 18, N. 5. P. e229–e234. doi: 10.1097/PCC.0000000000001145

29. Александрович Ю.С., Пшениснов К.В. Респираторная поддержка при критических состояниях в педиатрии и неонатологии. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2020. 272 с.

30. Bhalla A.K., Belani S., Leung D., et al. Higher dead space is associated with increased mortality in critically ill children // *Crit Care Med*. 2015. Vol. 43, N. 11. P. 2439–2445. doi: 10.1097/CCM.0000000000001199

31. Oh S.B., Aguilan A., Tan H.L., et al. The Association between alveolar dead space fraction and mortality in Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome: A prospective cohort study // *Front Pediatr*. 2022. Vol. 10. ID 814484. doi: 10.3389/fped.2022.814484

32. Yehya N., Bhalla A.K., Thomas N.J., Khemani R.G. Alveolar dead space fraction discriminates mortality in pediatric acute respiratory distress syndrome // *Pediatr Crit Care Med*. 2016. Vol. 17, N. 2. P. 101–109. doi: 10.1097/PCC.0000000000000613

33. Little L.A., Koenig J.C. Jr, Newth C.J.L. Factors affecting accidental extubations in neonatal and pediatric intensive care patients // *Crit Care Med*. 1990. Vol. 18, N. 2. P. 163–165. doi: 10.1097/00003246-199002000-00007

34. Newth C.J.L., Hotz J.C., Khemani R.G. Ventilator liberation in the pediatric ICU // *Respir Care*. 2020. Vol. 65, N. 10. P. 1601–1610. doi: 10.4187/respcare.07810

35. Newth C.J.L., Venkataraman S., Willson D.F., et al. Weaning and extubation readiness in pediatric patients // *Pediatr Crit Care Med*. 2009. Vol. 10, N. 1. P. 1–11. doi: 10.1097/PCC.0b013e318193724d

36. Bhalla A., Baudin F., Takeuchi M., et al. Monitoring in pediatric acute respiratory distress syndrome: From the Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference // *Pediatr Crit Care Med*. 2023. Vol. 24, N. 12S2. P. S112–S123. doi: 10.1097/PCC.0000000000003163

## REFERENCES

1. Aleksandrovich YuS, Pshenisnov KV. Acute respiratory distress syndrome in pediatric practice. *Annals of Critical Care*. 2014;(3):23–29. (In Russ.) EDN: TESWRJ

2. Aleksandrovich YuS, Pshenisnov KV. Acute respiratory distress syndrome in pediatric practice. *Annals of Critical Care*. 2014;(4):22–29. (In Russ.) EDN: TFDERV

3. Ashbaugh DG, Bigelow DB, Petty TL, Levine BE. Acute respiratory distress in adults. *Lancet*. 1967;2(7511):319–323. doi: 10.1016/s0140-6736(67)90168-7

4. Bernard GR, Artigas A, Brigham KL, et al. The American-European consensus conference on ARDS. definitions, mechanisms, relevant outcomes, and clinical trial coordination. *Am J Respir Crit Care Med*. 1994;149(3):818–824. doi: 10.1164/ajrccm.149.3.7509706

5. ARDS Definition Task Force, Ranieri VM, Rubenfeld GD, et al. Acute respiratory distress syndrome: the Berlin Definition. *JAMA*. 2012;307(23):2526–2533. doi: 10.1001/jama.2012.5669

6. Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference Group. Pediatric acute respiratory distress syndrome: consensus

- recommendations from the Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference. *Pediatr Crit Care Med.* 2015;16(5):428–439. doi: 10.1097/PCC.0000000000000350
7. Amato MBP, Meade MO, Slutsky AS, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2015;372(8):747–755. doi: 10.1056/nejmsa1410639
8. Brochard L, Slutsky A, Pesenti A. Mechanical ventilation to minimize progression of lung injury in acute respiratory failure. *Am J Respir Crit Care Med.* 2017;195(4):438–442. doi: 10.1164/rccm.201605-1081CP
9. Lee JH, Rehder KJ, Williford L, et al. Use of high flow nasal cannula in critically ill infants, children, and adults: a critical review of the literature. *Intensive Care Med.* 2013;39(2):247–257. doi: 10.1007/s00134-012-2743-5
10. Khemani RG, Parvathaneni K, Yehya N, et al. Positive end-expiratory pressure lower than the ards network protocol is associated with higher pediatric acute respiratory distress syndrome mortality. *Am J Respir Crit Care Med.* 2018;198(1):77–89. doi: 10.1164/rccm.201707-1404OC
11. Bhalla AK, Klein MJ, Emeriaud G, et al. Adherence to lung-protective ventilation principles in pediatric acute respiratory distress syndrome: A pediatric acute respiratory distress syndrome incidence and epidemiology study. *Crit Care Med.* 2021;49(10):1779–1789. doi: 10.1097/CCM.0000000000005060
12. Emeriaud G, López-Fernández YM, Iyer NP, et al. Executive summary of the second international guidelines for the diagnosis and management of pediatric acute respiratory distress syndrome (PALICC-2). *Pediatr Crit Care Med.* 2023;24(2):143–168. doi: 10.1097/PCC.0000000000003147
13. De Luca D, van Kaam AH, Tingay DG, et al. The Montreux definition of neonatal ARDS: biological and clinical background behind the description of a new entity. *Lancet Respir Med.* 2017;5(8):657–666. doi: 10.1016/S2213-2600(17)30214-X
14. Yehya N, Smith L, Thomas NJ, et al. Definition, incidence, and epidemiology of pediatric acute respiratory distress syndrome: From the Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference. *Pediatr Crit Care Med.* 2023;24(12S2):S87–S98. doi: 10.1097/PCC.0000000000003161
15. López-Fernández Y, Azagra AM, de la Oliva P, et al. Pediatric acute lung injury epidemiology and natural history study: Incidence and outcome of the acute respiratory distress syndrome in children. *Crit Care Med.* 2012;40(12):3238–3245. doi: 10.1097/CCM.0b013e318260caa3
16. López-Fernández YM, Smith LS, Kohne JG, et al. Prognostic relevance and inter-observer reliability of chest-imaging in pediatric ARDS: A pediatric acute respiratory distress incidence and epidemiology (PARDIE) study. *Intensive Care Med.* 2020;46(7):1382–1393. doi: 10.1007/s00134-020-06074-7
17. Schneider N, Johnson M. Management of paediatric acute respiratory distress syndrome. *BJA Educ.* 2022;22(9):364–370. doi: 10.1016/j.bjae.2022.04.004
18. Pujari CG, Lalitha AV, Raj JM, Kavilapurapu A. Epidemiology of acute respiratory distress syndrome in pediatric intensive care unit: Single-center experience. *Indian J Crit Care Med.* 2022;26(8):949–955. doi: 10.5005/jp-journals-10071-24285
19. Schouten LRA, Veltkamp F, Bos AP, et al. Incidence and mortality of acute respiratory distress syndrome in children: a systematic review and meta-analysis. *Crit Care Med.* 2016;44(4):819–829. doi: 10.1097/CCM.0000000000001388
20. Zimmerman JJ, Akhtar SR, Caldwell E, Rubenfeld GD. Incidence and outcomes of pediatric acute lung injury. *Pediatrics.* 2009;124(1):87–95. doi: 10.1542/peds.2007-2462
21. Rubenfeld GD, Caldwell E, Peabody E, et al. Incidence and outcomes of acute lung injury. *N Engl J Med.* 2005;353(16):1685–1693. doi: 10.1056/NEJMoa050333
22. Prasertsan P, Anantasi N, Walanchapruk S, et al. Sepsis-related pediatric acute respiratory distress syndrome: A multicenter prospective cohort study. *Turk J Emerg Med.* 2023;23(2):96–103. doi: 10.4103/tjem.tjem\_237\_22
23. Khemani RG, Smith L, Lopez-Fernandez YM, et al. Paediatric acute respiratory distress syndrome incidence and epidemiology (PARDIE): an international, observational study. *Lancet Respir Med.* 2019;7(2):115–128. doi: 10.1016/S2213-2600(18)30344-8
24. Lalgudi Ganesan S, Jayashree M, Chandra Singhi S, Bansal A. Airway pressure release ventilation in pediatric acute respiratory distress syndrome. A randomized controlled trial. *Am J Respir Crit Care Med.* 2018;198(9):1199–1207. doi: 10.1164/rccm.201705-0989OC
25. Fernández A, Modesto V, Rimensberger PC, et al. Invasive ventilatory support in patients with pediatric acute respiratory distress syndrome: From the Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference. *Pediatr Crit Care Med.* 2023;24(12S2):S61–S75. doi: 10.1097/PCC.0000000000003159
26. Trembach NV, Zabolotskikh IB, Stakanov AV, Yuaroshetskiy AI. Protective ventilation in abdominal surgery. *Russian journal of anesthesiology and reanimatology.* 2018;(3):25–32. EDN: YTNPPV doi: 10.17116/anaesthesiology201803125
27. Brower RG, Lanken PN, MacIntyre N, et al. Higher versus lower positive end-expiratory pressures in patients with the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med.* 2004;351(4):327–336. doi: 10.1056/NEJMoa032193
28. Lupton-Smith A, Argent A, Rimensberger P, et al. Pone positioning improves ventilation homogeneity in children with acute respiratory distress syndrome. *Pediatr Crit Care Med.* 2017;18(5):e229–e234. doi: 10.1097/PCC.0000000000001145
29. Aleksandrovich YuS, Pshenisnov KV. *Respiratory support for critical conditions in pediatrics and neonatology.* Moscow: GEOTAR-Media, 2020. 272 p. (In Russ.)
30. Bhalla AK, Belani S, Leung D, et al. Higher dead space is associated with increased mortality in critically ill children. *Crit Care Med.* 2015;43(11):2439–2445. doi: 10.1097/CCM.0000000000001199
31. Oh SB, Aguilan A, Tan HL, et al. The Association between alveolar dead space fraction and mortality in Pediatric Acute Respiratory Distress Syndrome: A prospective cohort study. *Front Pediatr.* 2022;10:814484. doi: 10.3389/fped.2022.814484
32. Yehya N, Bhalla AK, Thomas NJ, Khemani RG. Alveolar dead space fraction discriminates mortality in pediatric acute respiratory distress syndrome. *Pediatr Crit Care Med.* 2016;17(2):101–109. doi: 10.1097/PCC.0000000000000613
33. Little LA, Koenig JC Jr, Newth CJL. Factors affecting accidental extubations in neonatal and pediatric intensive care patients. *Crit Care Med.* 1990;18(2):163–165. doi: 10.1097/00003246-199002000-00007
34. Newth CJL, Hotz JC, Khemani RG. Ventilator liberation in the pediatric ICU. *Respir Care.* 2020;65(10):1601–1610. doi: 10.4187/respcare.07810

**35.** Newth CJL, Venkataraman S, Willson DF, et al. Weaning and extubation readiness in pediatric patients. *Pediatr Crit Care Med.* 2009;10(1):1–11. doi: 10.1097/PCC.0b013e318193724d

**36.** Bhalla A, Baudin F, Takeuchi M, et al. Monitoring in pediatric acute respiratory distress syndrome: From the Second Pediatric Acute Lung Injury Consensus Conference. *Pediatr Crit Care Med.* 2023;24(12S2):S112–S123. doi: 10.1097/PCC.0000000000003163

## ОБ АВТОРАХ

**Юрий Станиславович Александрович**, д-р мед. наук, профессор; ORCID: 0000-0002-2131-4813; eLibrary SPIN: 2225-1630; e-mail: jalex1963@mail.ru

**\*Константин Викторович Пшениснов**, д-р мед. наук, доцент; адрес: Россия, 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2; ORCID: 0000-0003-1113-5296; eLibrary SPIN: 8423-4294; e-mail: Psh\_K@mail.ru

**Виктория Игоревна Колодяжная**;  
ORCID: 0000-0002-2451-1214; eLibrary SPIN: 7176-8584;  
e-mail: vi.kolodyazhnaya@gmail.com

## AUTHORS INFO

**Yurii S. Aleksandrovich**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; ORCID: 0000-0002-2131-4813; eLibrary SPIN: 2225-1630; e-mail: jalex1963@mail.ru

**\*Konstantin V. Pshenisnov**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Assistant Professor; address: 2 Litovskaya st., Saint Petersburg, 194100, Russia; ORCID: 0000-0003-1113-5296; eLibrary SPIN: 8423-4294; e-mail: Psh\_K@mail.ru

**Viktoriya I. Kolodyazhnaya**;  
ORCID: 0000-0002-2451-1214; eLibrary SPIN: 7176-8584;  
e-mail: vi.kolodyazhnaya@gmail.com

---

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1780>

# Болезнь Крона у пациентов с болезнью Гиршпрунга и Гиршпрунг-ассоциированным энтероколитом. Обзор литературы

В.А. Глушкова, А.В. Подкаменев, Т.В. Габруская

Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет, Санкт-Петербург, Россия

## АННОТАЦИЯ

В последнее десятилетие отмечен неуклонный рост воспалительных заболеваний кишечника у детей. Появились данные о развитии болезни Крона после хирургического лечения болезни Гиршпрунга и перенесенного Гиршпрунг-ассоциированного энтероколита. Высказаны предположения о возможных причинах развития Крон-подобных изменений у детей после резекций кишечника в раннем возрасте. Цель исследования — обобщить информацию и провести анализ литературы, посвященной развитию болезни Крона и Крон-подобных изменений у детей с болезнью Гиршпрунга. Поиск осуществляли в научных базах eLibrary, PubMed, SinceDirect, Google Scholar по ключевым словам: «болезнь Крона», «болезнь Гиршпрунга», «Гиршпрунг-ассоциированный энтероколит», «Hirschsprung-associated inflammatory bowel disease», «Crohn's disease», «Hirschsprung's disease». Временной интервал поиска 2000–2023 гг. Выявлено 14 статей, посвященных Гиршпрунг-ассоциированным заболеваниям кишечника. В отечественной литературе данная патология не описана. При воспалительных заболеваниях кишечника и Гиршпрунг-ассоциированном энтероколите можно выделить общие факторы патогенеза, такие как нарушение микробиоты и хроническое воспаление. Среди предпосылок к реализации патологического иммунного ответа на дисбиоз и атаки энтероколита можно выделить: дисфункцию энтеральной нервной системы и нейроиммунных регуляторных механизмов, общие нарушения иммунного статуса, снижение или «незрелость» барьерной функции кишечной слизистой оболочки. Возможно, что у пациентов с болезнью Гиршпрунга и рецидивирующими атаками энтероколита развивается не «классическая форма» болезни Крона, а Крон-подобные воспалительные изменения. Сохраняющаяся функциональная или органическая обструкция после оперативного лечения болезни Гиршпрунга усугубляет негативное влияние предрасполагающих факторов, приводящих к хроническому воспалению слизистой оболочки кишки. При повторных эпизодах Гиршпрунг-ассоциированного энтероколита или плохом ответе на его стандартную терапию, рекомендуется проведение углубленного обследования для исключения болезни Крона или хронических воспалительных изменений в области анастомоза с целью подбора лечебной тактики.

**Ключевые слова:** болезнь Крона; болезнь Гиршпрунга; Гиршпрунг-ассоциированный энтероколит; Гиршпрунг-ассоциированная болезнь Крона; дети.

## Как цитировать

Глушкова В.А., Подкаменев А.В., Габруская Т.В. Болезнь Крона у пациентов с болезнью Гиршпрунга и Гиршпрунг-ассоциированным энтероколитом. Обзор литературы // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 97–106. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1780>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1780>

# Crohn's disease in patients with Hirschsprung disease and Hirschsprung-associated enterocolitis: A review

Victoria A. Glushkova, Aleksey V. Podkamenev, Tatyana V. Gabrusskaya

Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

## ABSTRACT

In the last decade, the incidence of inflammatory bowel disease in children has been increasing. Some studies have reported the development of Crohn's disease in patients with Hirschsprung disease and Hirschsprung-associated enterocolitis. Suggestions have been made about the possible causes of the development of Crohn's-like lesions after intestinal resection in early childhood. This study aimed to summarize information about Hirschsprung-associated Crohn's disease and Crohn's-like lesions after surgical treatment of Hirschsprung disease. The search was carried out in scientific databases of eLibrary, PubMed, ScienceDirect, and Google Scholar. The search time interval was 2000–2023. Fourteen articles dedicated to Hirschsprung-associated Crohn's disease were identified. Common pathogenesis factors in inflammatory bowel diseases and Hirschsprung-associated enterocolitis were identified, such as microbiota disturbance and chronic inflammation. Predisposing factors for pathological immune response to dysbiosis and incidence of enterocolitis included enteric nervous system dysfunction, impaired neuroimmune regulatory mechanisms, general immunological disturbance, and "immaturity" and abnormality of the barrier function of the intestinal mucosa. The "classic form" of Crohn's disease may not develop in patients with Hirschsprung disease and recurrent attacks of enterocolitis but Crohn's-like lesions. Persistent functional or organic obstruction after surgical treatment of Hirschsprung disease enhances the negative effect of predisposing factors, leading to chronic inflammation of the intestinal mucosa. Delayed occurrence of Hirschsprung-associated enterocolitis is a predisposing factor for the development of chronic inflammation. When Hirschsprung-associated enterocolitis occurs repeatedly, endoscopic assessment should be performed for the exclusion of Crohn's disease and chronic inflammatory changes in the anastomosis area for treatment selection.

**Keywords:** Crohn's disease; Hirschsprung disease; Hirschsprung-associated enterocolitis; Hirschsprung-associated Crohn's disease.

## To cite this article

Glushkova VA, Podkamenev AV, Gabrusskaya TV. Crohn's disease in patients with Hirschsprung disease and Hirschsprung-associated enterocolitis: A review. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):97–106. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1780>

Received: 24.01.2024

Accepted: 22.02.2024

Published: 28.03.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1780>

# 先天性巨结肠症和先天性巨结肠相关性小肠结肠炎患者的克罗恩病。文献综述

Victoria A. Glushkova, Aleksey V. Podkamenev, Tatyana V. Gabrusskaya

Saint Petersburg State Pediatric Medical University, Saint Petersburg, Russia

## 摘要

近十年来,儿童炎症性肠病的发病率持续上升。根据数据显示,在对先天性巨结肠症和先天性巨结肠相关性小肠结肠炎进行手术治疗后,出现了克罗恩病。人们对早期肠道切除后儿童出现克罗恩病样变化的可能原因提出了建议。本研究的目的是总结信息,并分析有关先天性巨结肠儿童克罗恩病发展和克罗恩样改变的文献。在科学数据库 eLibrary、PubMed、SinceDirect、GoogI Scholar 中以“克罗恩病”、“先天性巨结肠病”、“先天性巨结肠相关小肠结肠炎”、“先天性巨结肠相关性炎症性肠病”、“克罗恩病”,“先天性巨结肠症”为关键词进行了检索。检索时间跨度为 2000 年至 2023 年。共发现 14 篇关于先天性巨结肠相关肠道疾病的文章。这种病理现象在国内文献中尚未见描述。在炎症性肠病和先天性巨结肠相关性肠炎中,可以发现共同的发病因素,如微生物群紊乱和慢性炎症。在对菌群失调和小肠结肠炎发作做出病理免疫反应的先决条件中,可以确定:肠道神经系统和神经免疫调节机制功能失调、免疫状态普遍失调、肠道粘膜屏障功能下降或“不成熟”。患有先天性巨结肠病并反复发作肠结肠炎的患者有可能并没有发展成“典型形式”的克罗恩病,而是出现了类似克罗恩病的炎症变化。在对先天性巨结肠病进行手术治疗后,持续存在的功能性或器质性梗阻会加剧易感因素的负面影响,导致肠粘膜慢性炎症。如果先天性巨结肠相关性肠炎反复发作或对标准疗法反应不佳,建议进行深入检查以排除克罗恩病或吻合口区域的慢性炎症病变,从而选择治疗策略。

**关键词:** 克罗恩病; 先天性巨结肠病; 先天性巨结肠相关性小肠结肠炎; 先天性巨结肠相关性克罗恩病, 儿童。

## 引用本文

Glushkova VA, Podkamenev AV, Gabrusskaya TV. 先天性巨结肠症和先天性巨结肠相关性小肠结肠炎患者的克罗恩病。文献综述. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):97–106. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1780>

收到: 24.01.2024

接受: 22.02.2024

发布日期: 28.03.2024

## ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие отмечен неуклонный рост воспалительных заболеваний кишечника у детей (ВЗК). В мировой литературе появились публикации о сочетании болезни Гиршпрунга (БГ) и ВЗК, с преобладанием фенотипа болезни Крона (БК) [1–12]. Высказаны предположения о возможных причинах развития Крон-подобных изменений у детей после резекций кишечника в раннем возрасте [11–14].

*Цель исследования* — обобщить информацию и провести анализ литературы, посвященной развитию болезни Крона и Крон-подобных изменений у детей с болезнью Гиршпрунга.

Поиск осуществляли в научных базах eLibrary, PubMed, SinceDirect, Google Scholar по ключевым словам: «болезнь Крона», «болезнь Гиршпрунга», «Гиршпрунг-ассоциированный энтероколит», «Hirschsprung-associated inflammatory bowel disease», «Crohn's disease», «Hirschsprung's disease». Временной интервал поиска 2000–2023 гг. Выявлено 14 статей, посвященных Гиршпрунг-ассоциированным ВЗК. В отечественной литературе данная патология не описана.

## БОЛЕЗНЬ КРОНА И БОЛЕЗНЬ ГИРШПРУНГА

Болезнь Крона — хроническое рецидивирующее иммунопатологическое заболевание желудочно-кишечного тракта с развитием трансмурального, гранулематозного, сегментарного воспаления [15].

Болезнь Гиршпрунга — врожденный порок развития, обусловленный неполной миграцией, пролиферацией и дифференцировкой нервных клеток в стенке кишки. Одним из осложнений БГ является Гиршпрунг-ассоциированный энтероколит (ГАЗК).

ГАЗК — это жизнеугрожающее состояние, которое характеризуется профузной диареей, вздутием, болями в животе, интоксикационным синдромом с быстрым развитием синдрома системной воспалительной реакции [16, 17]. Рецидивирующими ГАЗК страдают 2–33 % пациентов, но его риск возникновения уменьшается с каждым годом после радикального хирургического лечения и почти не встречается после 7 лет [17].

Сочетание БГ и БК является редкой патологией (в настоящее время описано около 150 случаев). В исследовании из Швеции было показано, что риск развития ВЗК у пациентов после хирургического лечения БГ в 5 раз выше, чем в общей популяции [18]. По данным авторов из Канады, у 2 % пациентов после хирургического лечения БГ отмечено развитие ВЗК с преобладанием БК. Сочетание БК и БГ в данной когорте пациентов в 3 раза чаще определялось у лиц мужского пола, а средний возраст манифестации БК составил 7,7 года [2].

## ВОЗМОЖНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ

Точный механизм развития ВЗК после БГ остается неясным, однако ряд авторов связующим звеном между этими патологиями выделили рецидивирующий ГАЗК [1, 4, 5, 7, 9]. При БК и ГАЗК можно выделить ряд схожих факторов патогенеза [19]. Так, БК и ГАЗК характеризуются нарушением микробиома, барьерной функции кишечной слизистой оболочки, извращенным иммунным ответом при взаимодействии с антигеном и развивающимся воспалением в стенке кишки [10, 20–22]. Р.К. Фрукман и соавт. [22] отмечают, что у пациентов, перенесших ГАЗК, повышены такие серологические маркеры БК, как: антитела к *Saccharomyces cerevisiae* (ASCA), антитела к мембранному белку-порину (Ompc). Авторы сделали вывод, что при ГАЗК реализуется схожий с БК патологический иммунный ответ на кишечные микробные антигены. По мнению Н. Ji и соавт. [19] в патогенезе ГАЗК и БК вероятен общий нейроиммунный механизм.

### Нарушение микробиома

По мнению Н.М. Степановой и соавт. [23], аганглиоз может приводить к патологическому распространению микробиоты в виду нарушения оси «микробиота – кишечник – мозг». Дисбиоз и повреждение слизистого барьера являются ключевыми факторами в развитии ГАЗК [16, 24]. У пациентов с БК определяется снижение микробного разнообразия в кишечном пейзаже, в частности, снижен уровень *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Clostridia*, *Bifidobacterium*, *Lactobacillus*, но определяется избыточный рост *Proteobacteria*. В ряде клинических и экспериментальных исследований при ГАЗК и БГ также был выявлен дисбаланс бактериоидов, клостридиальной и грибковой флоры с преобладанием *Candida albicans* и *Proteobacteria* [25–28]. Смещение микробиома может вызывать активацию Toll-подобных рецепторов, вызывая продукцию цитокинов, воспаление и повреждение слизистого барьера [14].

### Нарушение слизистого барьера

Слизистый барьер условно можно разделить на химический, обеспечиваемый пептидами, и физический, обеспечиваемый бокаловидными клетками, продуцирующими муцин. У пациентов с БГ в зоне аганглиоза и в нормоганглионарных сегментах выявлено снижение популяции бокаловидных клеток [29]. L.L. Pogoquokka и соавт. [30] в своей работе показали, что развитие ГАЗК ассоциировано с дисфункцией бокаловидных клеток. На начальных этапах развития ГАЗК происходит смещение кислой среды муцина на нейтральную, его гиперпродукция, а затем дилатация крипт, нарушение слизистого барьера, прогрессирующее повреждение эпителия, инфильтрация лейкоцитами, изъязвление. В финальной стадии происходит адгезия бактерий к энтероцитам, их инвазия, трансмуральный некроз и перфорация кишечной стенки [30].

## Дисфункция работы энтеральной нервной сети и нейроиммунных регуляторных механизмов

Энтеральная нервная сеть — часть периферической нервной системы, содержащая два типа клеток: нейроны и кишечные клетки глии. Кишечные нейроны путем секреции нейротрансмиттеров и нейропептидов участвуют в поддержании кишечного гомеостаза. Подслизистое и межмышечное нервные сплетения также участвуют в иммунном ответе, повреждая и элиминируя патогены, и в восстановлении слизистого барьера при колитах [19]. Энтеральная нервная сеть при БГ может приводить к дисбиозу через нарушение моторики и стаз кишечного содержимого [21, 31].

S. Kesk и соавт. (2021) обнаружили, что низкий уровень ацетилхолин-позитивных волокон в слизистой оболочке приводит к повышению воспалительного статуса иммунных клеток, нарушает микробный метаболизм и повышает частоту послеоперационного развития ГАЗК [32].

Нейронные нарушения при БГ затрагивают не только зону аганглиоза, что возможно, создает предпосылки к развитию извращенного иммунного ответа слизистой оболочки кишки [33]. Y. Venibol и соавт. [34] в своей работе исследовали воспалительный ответ в стенке кишки после хирургического лечения БГ. Было выявлено, что в группе пациентов с ГАЗК в нормоганглионарном сегменте кишки определялись более высокие концентрации TNF- $\alpha$  и других провоспалительных цитокинов, таких как интерлейкин 1b (IL1b), интерлейкин 6 (IL6), также играющих роль в развитии хронического воспаления в стенке кишки [34].

Не исключено, что определенный вклад в реализацию иммунопатологического процесса вносят генетические факторы, но четкой взаимосвязи между БГ и БК в настоящее время не выявлено. Так, у части пациентов с БГ и БК определяют NOD2-мутацию, которая вызывает нарушение воспалительного ответа на бактериальные возбудители и является независимым фактором риска развития БК [16]. Однако M. Lacher и соавт. [35] не нашли взаимосвязи между NOD2-мутацией и развитием ГАЗК.

При БГ наиболее изученными являются RET-мутации и *EdnrB*. RET-мутации чаще встречаются при тотальных формах БГ [36]. Пломка *EdnrB* при БГ вызывает снижение уровня пристеночной секреторной фосфолипазы A2 (sPLA2), что приводит к нарушению слизистого барьера, вызывает патологический иммунный ответ на нормальную микрофлору кишки [37]. По данным S.W. Moog и соавт. [38], у 66 % пациентов с БГ и у 59 % с ГАЗК выявляют мутации гена *ITGB2*. Мутации гена *ITGB2* нарушают синтез мембранного белка — интегрина — и приводят к нарушению функциональной адгезии лейкоцитов. Пломки в этом гене ассоциируют с развитием хронического воспалительного процесса в толстой кишке [38]. У пациентов с трисомией 21 и БГ определяются различные формы иммунной недостаточности, повышен риск развития ГАЗК, который протекает в более тяжелой форме [39, 40].

## АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, ПОСВЯЩЕННЫХ СОЧЕТАНИЮ БОЛЕЗНИ ГИРШПРУНГА И ВОСПАЛИТЕЛЬНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ КИШЕЧНИКА

Первое предположение о взаимосвязи между БГ и ВЗК высказано J.O. Sherman и соавт. в 1989 г. [41]. Они провели ретроспективный анализ данных 880 пациентов с БГ после операции Свенсона, в 9 случаях впоследствии выявлено ВЗК [41]. Следующее упоминание о развитии БК у подростка после хирургического лечения ректосигмоидной формы в периоде новорожденности приводят В.Н. Kessler и соавт. [8]. В 6 лет у ребенка отмечен дебют болей в животе, появилась диарея без примеси крови. Симптомы трактовались как явления ГАЗК. В 11 лет на фоне сохраняющихся жалоб на частый жидкий стул и боли в животе, анемию отмечено отставание в росте, снижение веса. При колоноскопии выявлено поражение восходящей, слепой, подвздошной кишки характерное для БК (язвы, криптиты, крипт-абсцессы, гранулемы).

В ряде публикаций прослеживается связь с манифестацией БК после хирургического лечения тотальных и субтотальных форм БГ, а также с рецидивирующим ГАЗК [1, 7, 11–13].

Клинические проявления дебюта БК и рецидивирующего ГАЗК могут носить сходный характер — лихорадка, спастические боли в животе, диарея [1, 31]. Однако по данным D. Roorda и соавт. [17], риск возникновения ГАЗК уменьшается с каждым годом после радикального хирургического лечения и практически не встречается через 7 лет после операции [17].

В 2012 г. D.N. Levin с соавторами проследили катамнез 700 пациентов за 20 лет, оперированных по поводу БГ в двух хирургических центрах (Канада, Финляндия). У 8 пациентов выявлено ВЗК: в 3 случаях диагностирована БК, у 5 пациентов — недифференцированный колит. Рецидивирующие эпизоды ГАЗК после радикальной операции отмечены в 6 случаях. Сочетание с трисомией 21 отмечено у 3 пациентов. Тотальный аганглиоз был у двоих [35].

В 2017 г. H.Y. Kim и T.W. Kim сообщили о развитии БК с внекишечными проявлениями (спондилит, увеит) у пациента 17 лет, который в возрасте 12 мес. был оперирован по поводу тотальной формы БГ с формированием илеоанального анастомоза. С 5 лет ребенок неоднократно госпитализировался по поводу рецидивирующего ГАЗК [7].

В 2018 г. H. Nakamura с соавторами провели мета-анализ 14 публикаций. Общее количество пациентов с сочетанием БГ с ВЗК составило 66, у 46 диагностирована БК. У большинства пациентов (86 %) определялись протяженные зоны аганглиоза, а среди способов оперативного пособия преобладала операция Дюамеля и ее модификации [5].

В 2020 г. S. Wolfson и K.W. Van Buren опубликовали случай «очень раннего развития ВЗК» (VEO-IBD) у ребенка 12 мес. с тотальным аганглиозом в анамнезе. Зона аганглиоза распространялась до тощей кишки. В 3 мес. ребенок перенес резекцию толстой и подвздошной кишки, была сформирована еюностома. Клинические проявления ВЗК заключались в рецидивирующем выделении крови из культи прямой кишки. Ремиссия была достигнута только после начала биологической терапии инфликсимабом в комбинации с метотрексатом [4].

В 2021 г. A. Verde и соавторы сообщили о пациенте 7 лет с манифестацией БК после оперативного лечения ректосигмоидной формы БГ в раннем возрасте (выполнена операция Дюамеля) [3].

В 2023 г. опубликованы данные мультицентрового исследования по Гиршпрунг-ассоциированным ВЗК (США). В исследование вошли 55 пациентов за 21 год, из них 78 % мальчиков, 68 % (36 человек) перенесли ГАЗК, в более 50 % случаев манифестация ВЗК выявлена в возрасте до 5 лет. Протяженные зоны аганглиоза, перенесенный ГАЗК, трисомию 21, авторы выделили как потенциальные факторы риска развития ВЗК. Наиболее эффективным методом лечения у таких пациентов отмечена биологическая терапия [1].

M. Erculiani и соавт. [11] провели обследование 38 пациентов с тотальным аганглиозом, у 14 пациентов (36,8 %) в среднем через 11,5 лет после радикальной операции выявлены Крон-подобные макроскопические изменения с преимущественным поражением подвздошной кишки в области анастомоза и распространяющиеся в каудо-краниальном направлении, что, по мнению авторов, связано с патологической работой сфинктеров, развитием кишечного стаза и дисбиоза. Для раннего выявления ВЗК-подобных изменений авторы рекомендуют проводить скрининговое обследование пациентов с тотальным аганглиозом [11].

В некоторых работах взгляд на проблему представлен как формирование периаанастомотических Крон-подобных воспалительных изменений после резекций кишечника в раннем детском возрасте [12, 13]. В исследование C. Madre и соавт. [13] включен 51 пациент, из них у 11 (22 %) в анамнезе оперативное лечение БГ и рецидивирующий ГАЗК. Авторы отмечают сложность в подборе терапии у этой группы пациентов, с частичным ответом на стандартное лечение БК. В ряде случаев показана эффективность эксклюзивного энтерального питания или анти-ФНО-терапии [13]. При локализованном поражении БК в области анастомоза повторная резекция может помочь достичь ремиссии [12, 13].

## ОБСУЖДЕНИЕ

Нарушение микробиоты и возникающий воспалительный ответ являются факторами, которые объединяют ВЗК и ГАЗК [24, 42]. Возможно, у пациентов с БГ

и рецидивирующим ГАЗК развивается не «классическая форма» БК, а Крон-подобные хронические воспалительные изменения, как итог патологического иммунного ответа на дисбиоз и атаки энтероколита у пациентов с сохраняющейся функциональной (гипертонус внутреннего сфинктера, остаточный аганглионарный сегмент) или органической обструкцией, связанной с особенностью формирования анастомоза, как, например, наличие избыточной «шпоры» после операции Дюамеля. Часть пациентов с аганглиозом могут иметь нарушения иммунного статуса, что также создает неблагоприятный фон для реализации хронического воспаления в слизистой оболочке кишки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При повторных эпизодах ГАЗК, или плохом ответе на его стандартную терапию, рекомендуется проведение углубленного обследования для исключения БК или хронических воспалительных изменений в области анастомоза с целью подбора оптимальной лечебной тактики. Учитывая недостаточную изученность патогенеза ГАЗК и иммунопатологических процессов, приводящих к реализации БК и Крон-подобных изменений после хирургического лечения БГ, требуется проведение дальнейших научных исследований.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Личный вклад каждого автора: В.А. Глушкова — дизайн и концепция статьи, поиск литературы, написание текста; А.В. Подкаменев — анализ литературных источников, редактирование; Т.В. Габрусская — сбор литературных источников, подготовка написания текста статьи.

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

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

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors' contribution.** 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. Personal contribution of each author: V.A. Glushkova — article design and concept, literature search, text writing; A.V. Podkamenev — analysis of literary sources, editing; T.V. Gabrusskaya — collection of literary sources, preparation of writing the text of the article.

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

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sutthatarn P., Lapidus-Krol E., Smith C., et al. Hirschsprung-associated inflammatory bowel disease: A multicenter study from the APSA Hirschsprung disease interest group // *J Pediatr Surg*. 2023. Vol. 58, N. 5. P. 856–861. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2023.01.018
2. Bernstein C.N., Kuenzig M.E., Coward S., et al. Increased incidence of inflammatory bowel disease after Hirschsprung disease: A population-based cohort study // *J Pediatr*. 2021. Vol. 233. P. 98–104.e2. doi: 10.1016/j.jpeds.2021.01.060
3. Verde A., Grammegna A., Petrone E., et al. Crohn-like colitis in a young boy with Hirschsprung disease // *Inflamm Bowel Dis*. 2021. Vol. 27, N. 9. P. e112–e113. doi: 10.1093/ibd/izab101
4. Wolfson S., Whitfield Van Buren K. Very early onset of inflammatory bowel disease in a patient with long-segment Hirschsprung's disease // *ACG Case Rep J*. 2020. Vol. 7, N. 3. ID e00353. doi: 10.14309/crj.0000000000000353
5. Nakamura H., Lim T., Puri P. Inflammatory bowel disease in patients with Hirschsprung's disease: a systematic review and meta-analysis // *Pediatr Surg Int*. 2018. Vol. 34, N. 2. P. 149–154. doi: 10.1007/s00383-017-4182-4
6. Löf Granström A., Amin L., Arnell H., Wester T. Increased risk of inflammatory bowel disease in a population-based cohort study of patients with hirschsprung disease // *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2018. Vol. 66, N. 3. P. 398–401. doi: 10.1097/MPG.0000000000001732
7. Kim H.Y., Kim T.W. Crohn's disease with ankylosing spondylitis in an adolescent patient who had undergone long ileo-colonic anastomosis for Hirschsprung's disease as an infant // *Intest Res*. 2017. Vol. 15, N. 1. P. 133–137. doi: 10.5217/ir.2017.15.1.133
8. Kessler B.H., So H.B., Becker J.M. Crohn's disease mimicking enterocolitis in a patient with an endorectal pull-through for Hirschsprung's disease // *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 1999. Vol. 29, N. 5. P. 601–603. doi: 10.1097/00005176-199911000-00025
9. Levin D.N., Marcon M.A., Rintala R.J., et al. Inflammatory bowel disease manifesting after surgical treatment for hirschsprung disease // *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2012. Vol. 55, N. 3. P. 272–277. doi: 10.1097/MPG.0b013e31824f617a
10. Granström A.L., Wester T. Hirschsprung's disease and inflammatory bowel disease. In: *Hirschsprung's disease and allied disorders* / Puri P., editor. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 421–425. doi: 10.1007/978-3-030-15647-3\_29
11. Erculiani M., Poluzzi F., Mottadelli G., et al. A unicentric cross-sectional observational study on chronic intestinal inflammation in total colonic aganglionosis: beware of an underestimated condition // *Orphanet J Rare Dis*. 2023. Vol. 18, N. 1. ID 339. doi: 10.1186/s13023-023-02958-1
12. Freeman J.J., Rabah R., Hirschl R.B., et al. Anti-TNF- $\alpha$  treatment for post-anastomotic ulcers and inflammatory bowel disease with Crohn's-like pathologic changes following intestinal surgery in pediatric patients // *Pediatr Surg Int*. 2015. Vol. 31, N. 1. P. 77–82. doi: 10.1007/s00383-014-3633-4
13. Madre C., Mašić M., Prlenda-Touilleux D., et al. A European survey on digestive perianastomotic ulcerations, a rare Crohn-like disorder occurring in children and young adults // *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2021. Vol. 73, N. 3. P. 333–337. doi: 10.1097/MPG.0000000000003200
14. Moran-Lev H., Kocoshis S.A., Oliveira S.B., et al. Chronic mucosal inflammation in pediatric intestinal failure patients — a unique phenomenon // *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2023. Vol. 77, N. 2. P. e29–e35. doi: 10.1097/MPG.0000000000003811
15. Корниенко Е.А., Хавкин А.И., Федулова Е.Н., и др. Проект рекомендаций российского общества детских гастроэнтерологов, гепатологов и нутрициологов по диагностике и лечению болезни Крона у детей // *Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология*. 2019. № 11. С. 100–134. EDN: CFTALD doi: 10.31146/1682-8658-ecg-171-11-100-134
16. Морозов Д.А., Пименова Е.С., Королёв Г.А. Гиршпрунг-ассоциированный энтероколит у детей // *Вопросы практической педиатрии*. 2019. Т. 14, № 2. С. 35–42. EDN: UGEOCA doi: 10.20953/1817-7646-2019-2-35-42
17. Roorda D., Oosterlaan J., van Heurn E., Derikx J.P.M. Risk factors for enterocolitis in patients with Hirschsprung disease: A retrospective observational study // *J Pediatr Surg*. 2021. Vol. 56, N. 10. P. 1791–1798. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2021.04.020
18. Granström A.L., Ludvigsson F., Wester T. Clinical characteristics and validation of diagnosis in individuals with Hirschsprung disease and inflammatory bowel disease // *J Pediatr Surg*. 2021. Vol. 56, N. 10. P. 1799–1802. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2020.11.015
19. Ji H., Lai D., Tou J. Neuroimmune regulation in Hirschsprung's disease associated enterocolitis // *Front Immunol*. 2023. Vol. 14. ID 1127375. doi: 10.3389/fimmu.2023.1127375
20. Guan Q. A comprehensive review and update on the pathogenesis of inflammatory bowel disease // *J Immunol Res*. 2019. Vol. 2019. ID e7247238. doi: 10.1155/2019/7247238
21. Li S., Zhang Y., Li K., et al. Update on the pathogenesis of the Hirschsprung-associated enterocolitis // *Int J Mol Sci*. 2023. Vol. 24, N. 5. ID 4602. doi: 10.3390/ijms24054602
22. Frykman P.K., Patel D.C., Kim S., et al. Inflammatory bowel disease serological immune markers anti-*Saccharomyces cerevisiae* Mannan antibodies and outer membrane porin c are potential biomarkers for Hirschsprung-associated enterocolitis // *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2019. Vol. 69, N. 2. P. 176–181. doi: 10.1097/MPG.0000000000002358
23. Степанова Н.М., Новожилов В.А., Пашков А.А., Ширямин С.В. Гиршпрунг-ассоциированный энтероколит (обзор) // *Медицинский альманах*. 2023. № 1. С. 6–13. EDN: FBOEWZ
24. Pini Prato A., Bartow-McKenney C., Hudspeth K., et al. A metagenomics study on Hirschsprung's disease associated enterocolitis: biodiversity and gut microbial homeostasis depend on resection length and patient's clinical history // *Front Pediatr*. 2019. Vol. 7. ID 326. doi: 10.3389/fped.2019.00326
25. Knox N.C., Forbes J.D., Peterson C.L., et al. The gut microbiome in inflammatory bowel disease: lessons learned from other immune-mediated inflammatory diseases // *Am J Gastroenterol*. 2019. Vol. 114, N. 7. P. 1051–1070. doi: 10.14309/ajg.0000000000000305
26. Cheng Z., Zhao L., Dhall D., et al. Bacterial microbiome dynamics in post pull-through Hirschsprung-associated enterocolitis (HAEC): An experimental study employing the endothelin receptor B-Null mouse model // *Front Surg*. 2018. Vol. 5. ID 30. doi: 10.3389/fsurg.2018.00030
27. Frykman P.K., Nordenskjöld A., Kawaguchi A., et al. Characterization of bacterial and fungal microbiome in children with Hirschsprung disease with and without a history of enterocolitis: A multicenter study // *PLOS ONE*. 2015. Vol. 10, N. 4. ID e0124172. doi: 10.1371/journal.pone.0124172

- 28.** Neuvonen M.I., Korpela K., Kyrklund K., et al. Intestinal microbiota in Hirschsprung disease // *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2018. Vol. 67, N. 5. P. 594–600. doi: 10.1097/MPG.0000000000001999
- 29.** Nakamura H., Tomuschat C., Coyle D., et al. Altered goblet cell function in Hirschsprung's disease // *Pediatr Surg Int.* 2018. Vol. 34, N. 2. P. 121–128. doi: 10.1007/s00383-017-4178-0
- 30.** Porokuokka L.L., Virtanen H.T., Lindén J., et al. Gfra1 underexpression causes Hirschsprung's disease and associated enterocolitis in mice // *Cell Mol Gastroenterol Hepatol.* 2019. Vol. 7, N. 3. P. 655–678. doi: 10.1016/j.jcmgh.2018.12.007
- 31.** Lewit R.A., Kuruville K.P., Fu M., Gosain A. Current understanding of Hirschsprung-associated enterocolitis: Pathogenesis, diagnosis and treatment // *Semin Pediatr Surg.* 2022. Vol. 31, N. 2. ID 151162. doi: 10.1016/j.sempedsurg.2022.151162
- 32.** Keck S., Galati-Fournier V., Kym U., et al. Lack of mucosal cholinergic innervation is associated with increased risk of enterocolitis in Hirschsprung's disease // *Cell Mol Gastroenterol Hepatol.* 2021. Vol. 12, N. 2. P. 507–545. doi: 10.1016/j.jcmgh.2021.03.004
- 33.** Edwards B.S., Stiglitz E.S., Davis B.M., Smith-Edwards K.M. Abnormal enteric nervous system and motor activity in the ganglionic proximal bowel of Hirschsprung's disease // *bioRxiv.* 2023. ID 531750. doi: 10.1101/2023.03.08.531750
- 34.** Benibol Y., Onenerk M., Hakalmaz A.E., et al. The effect of the ganglionic segment inflammatory response to postoperative enterocolitis in Hirschsprung disease // *Res Square.* 2023. In print. doi: 10.21203/rs.3.rs-2666915/v1
- 35.** Lacher M., Fitze G., Helmbrecht J., et al. Hirschsprung-associated enterocolitis develops independently of NOD2

- variants // *J Pediatr Surg.* 2010. Vol. 45, N. 9. P. 1826–1831. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2010.02.039
- 36.** Heuckeroth R.O. Hirschsprung disease — integrating basic science and clinical medicine to improve outcomes // *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2018. Vol. 15, N. 3. P. 152–167. doi: 10.1038/nrgastro.2017.149
- 37.** Pierre J.F., Barlow-Anacker A.J., Erickson C.S., et al. Intestinal dysbiosis and bacterial enteroinvasion in a murine model of Hirschsprung's disease // *J Pediatr Surg.* 2014. Vol. 49, N. 8. P. 1242–1251. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2014.01.060
- 38.** Moore S.W., Sidler D., Zaahl M.G. The ITGB2 immunomodulatory gene (CD18), enterocolitis, and Hirschsprung's disease // *J Pediatr Surg.* 2008. Vol. 43, N. 8. P. 1439–1444. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2007.12.057
- 39.** Halleran D.R., Ahmad H., Maloof E., et al. Does Hirschsprung-associated enterocolitis differ in children with and without Down syndrome? // *J Surg Res.* 2020. Vol. 245. P. 564–568. doi: 10.1016/j.jss.2019.06.086
- 40.** Sakurai T., Tanaka H., Endo N. Predictive factors for the development of postoperative Hirschsprung-associated enterocolitis in children operated during infancy // *Pediatr Surg Int.* 2021. Vol. 37, N. 2. P. 275–280. doi: 10.1007/s00383-020-04784-z
- 41.** Sherman J.O., Snyder M.E., Weitzman J.J., et al. A 40-year multinational retrospective study of 880 swenson procedures // *J Pediatr Surg.* 1989. Vol. 24, N. 8. P. 833–838. doi: 10.1016/S0022-3468(89)80548-2
- 42.** Glassner K.L., Abraham B.P., Quigley E.M.M. The microbiome and inflammatory bowel disease // *J Allergy Clin Immunol.* 2020. Vol. 145, N. 1. P. 16–27. doi: 10.1016/j.jaci.2019.11.003

## REFERENCES

- 1.** Sutthatar P, Lapidus-Krol E, Smith C, et al. Hirschsprung-associated inflammatory bowel disease: A multicenter study from the APSA Hirschsprung disease interest group. *J Pediatr Surg.* 2023;58(5):856–861. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2023.01.018
- 2.** Bernstein CN, Kuenzig ME, Coward S, et al. Increased incidence of inflammatory bowel disease after Hirschsprung disease: A population-based cohort study. *J Pediatr.* 2021;233:98–104.e2. doi: 10.1016/j.jpeds.2021.01.060
- 3.** Verde A, Grammegna A, Petrone E, et al. Crohn-like colitis in a young boy with Hirschsprung disease. *Inflamm Bowel Dis.* 2021;27(9):e112–e113. doi: 10.1093/ibd/izab101
- 4.** Wolfson S, Whitfield Van Buren K. Very early onset of inflammatory bowel disease in a patient with long-segment Hirschsprung's disease. *ACG Case Rep J.* 2020;7(3):e00353. doi: 10.14309/crj.0000000000000353
- 5.** Nakamura H, Lim T, Puri P. Inflammatory bowel disease in patients with Hirschsprung's disease: a systematic review and meta-analysis. *Pediatr Surg Int.* 2018;34(2):149–154. doi: 10.1007/s00383-017-4182-4
- 6.** Löf Granström A, Amin L, Arnell H, Wester T. Increased risk of inflammatory bowel disease in a population-based cohort study of patients with hirschsprung disease. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2018;66(3):398–401. doi: 10.1097/MPG.0000000000001732
- 7.** Kim HY, Kim TW. Crohn's disease with ankylosing spondylitis in an adolescent patient who had undergone long ileo-colonic anastomosis for Hirschsprung's disease as an infant. *Intest Res.* 2017;15(1):133–137. doi: 10.5217/ir.2017.15.1.133
- 8.** Kessler BH, So HB, Becker JM. Crohn's disease mimicking enterocolitis in a patient with an endorectal pull-through for Hirschsprung's disease. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 1999;29(5):601–603. doi: 10.1097/00005176-199911000-00025
- 9.** Levin DN, Marcon MA, Rintala RJ, et al. Inflammatory bowel disease manifesting after surgical treatment for hirschsprung disease. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2012;55(3):272–277. doi: 10.1097/MPG.0b013e31824f617a
- 10.** Granström AL, Wester T. Hirschsprung's disease and inflammatory bowel disease. In: P. Puri, editor. *Hirschsprung's disease and allied disorders.* Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 421–425. doi: 10.1007/978-3-030-15647-3\_29
- 11.** Erculiani M, Poluzzi F, Mottadelli G, et al. A unicentric cross-sectional observational study on chronic intestinal inflammation in total colonic aganglionosis: beware of an underestimated condition. *Orphanet J Rare Dis.* 2023;18(1):339. doi: 10.1186/s13023-023-02958-1
- 12.** Freeman JJ, Rabah R, Hirschl RB, et al. Anti-TNF- $\alpha$  treatment for post-anastomotic ulcers and inflammatory bowel disease with Crohn's-like pathologic changes following intestinal surgery in pediatric patients. *Pediatr Surg Int.* 2015;31(1):77–82. doi: 10.1007/s00383-014-3633-4
- 13.** Madre C, Mašić M, Prlenda-Touilleux D, et al. A European survey on digestive perianastomotic ulcerations, a rare Crohn-like disorder occurring in children and young adults. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2021;73(3):333–337. doi: 10.1097/MPG.0000000000003200
- 14.** Moran-Lev H, Kocoshis SA, Oliveira SB, et al. Chronic mucosal inflammation in pediatric intestinal failure patients — a unique

- phenomenon. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2023;77(2):e29–e35. doi: 10.1097/MPG.0000000000003811
15. Kornienko EA, Khavkin AI, Fedulova EN, et al. Draft recommendations of the Russian Society of Pediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition on diagnosis and treatment of Crohn's disease in children. *Experimental and clinical gastroenterology journal.* 2019;(11):100–134. EDN: CFTALD doi: 10.31146/1682-8658-ecg-171-11-100-134
16. Morozov DA, Pimenova ES, Korolev GA. Hirschsprung-associated enterocolitis in children. *Clinical practice in pediatrics.* 2019;14(2):35–42. EDN: UGEOCA doi: 10.20953/1817-7646-2019-2-35-42
17. Roorda D, Oosterlaan J, van Heurn E, Derikx JPM. Risk factors for enterocolitis in patients with Hirschsprung disease: A retrospective observational study. *J Pediatr Surg.* 2021;56(10):1791–1798. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2021.04.020
18. Granström AL, Ludvigsson JF, Wester T. Clinical characteristics and validation of diagnosis in individuals with Hirschsprung disease and inflammatory bowel disease. *J Pediatr Surg.* 2021;56(10):1799–1802. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2020.11.015
19. Ji H, Lai D, Tou J. Neuroimmune regulation in Hirschsprung's disease associated enterocolitis. *Front Immunol.* 2023;14:1127375. doi: 10.3389/fimmu.2023.1127375
20. Guan Q. A comprehensive review and update on the pathogenesis of inflammatory bowel disease. *J Immunol Res.* 2019;2019:e7247238. doi: 10.1155/2019/7247238
21. Li S, Zhang Y, Li K, et al. Update on the pathogenesis of the Hirschsprung-associated enterocolitis. *Int J Mol Sci.* 2023;24(5):4602. doi: 10.3390/ijms24054602
22. Frykman PK, Patel DC, Kim S, et al. Inflammatory bowel disease serological immune markers anti-*Saccharomyces cerevisiae* Mannan antibodies and outer membrane porin c are potential biomarkers for Hirschsprung-associated enterocolitis. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2019;69(2):176–181. doi: 10.1097/MPG.0000000000002358
23. Stepanova NM, Novozhilov VA, Pashkov AA, Shiryamin SV. Hirschsprung-associated enterocolitis (review). *Medical Almanac.* 2023;(1):6–13. EDN: FBOEWZ
24. Pini Prato A, Bartow-McKenney C, Hudspeth K, et al. A metagenomics study on Hirschsprung's disease associated enterocolitis: biodiversity and gut microbial homeostasis depend on resection length and patient's clinical history. *Front Pediatr.* 2019;7:326. doi: 10.3389/fped.2019.00326
25. Knox NC, Forbes JD, Peterson CL, et al. The gut microbiome in inflammatory bowel disease: lessons learned from other immune-mediated inflammatory diseases. *Am J Gastroenterol.* 2019;114(7):1051–1070. doi: 10.14309/ajg.0000000000000305
26. Cheng Z, Zhao L, Dhall D, et al. Bacterial microbiome dynamics in post pull-through Hirschsprung-associated enterocolitis (HAEC): An experimental study employing the endothelin receptor B-Null mouse model. *Front Surg.* 2018;5:30. doi: 10.3389/fsurg.2018.00030
27. Frykman PK, Nordenskjöld A, Kawaguchi A, et al. Characterization of bacterial and fungal microbiome in children with Hirschsprung disease with and without a history of enterocolitis: A multicenter study. *PLOS ONE.* 2015;10(4):e0124172. doi: 10.1371/journal.pone.0124172
28. Neuvonen MI, Korpela K, Kyrklund K, et al. Intestinal microbiota in Hirschsprung disease. *J Pediatr Gastroenterol Nutr.* 2018;67(5):594–600. doi: 10.1097/MPG.0000000000001999
29. Nakamura H, Tomuschat C, Coyle D, et al. Altered goblet cell function in Hirschsprung's disease. *Pediatr Surg Int.* 2018;34(2):121–128. doi: 10.1007/s00383-017-4178-0
30. Porokukka LL, Virtanen HT, Lindén J, et al. Gfra1 underexpression causes Hirschsprung's disease and associated enterocolitis in mice. *Cell Mol Gastroenterol Hepatol.* 2019;7(3):655–678. doi: 10.1016/j.jcmgh.2018.12.007
31. Lewit RA, Kuruvilla KP, Fu M, Gosain A. Current understanding of Hirschsprung-associated enterocolitis: Pathogenesis, diagnosis and treatment. *Semin Pediatr Surg.* 2022;31(2):151162. doi: 10.1016/j.sempedsurg.2022.151162
32. Keck S, Galati-Fournier V, Kym U, et al. Lack of mucosal cholinergic innervation is associated with increased risk of enterocolitis in Hirschsprung's disease. *Cell Mol Gastroenterol Hepatol.* 2021;12(2):507–545. doi: 10.1016/j.jcmgh.2021.03.004
33. Edwards BS, Stiglitz ES, Davis BM, Smith-Edwards KM. Abnormal enteric nervous system and motor activity in the ganglionic proximal bowel of Hirschsprung's disease. *bioRxiv.* 2023;531750. doi: 10.1101/2023.03.08.531750
34. Benibol Y, Onenerk M, Hakalmaz AE, et al. The effect of the ganglionic segment inflammatory response to postoperative enterocolitis in Hirschsprung disease. *Res Square.* 2023:In print. doi: 10.21203/rs.3.rs-2666915/v1
35. Lacher M, Fitze G, Helmbrecht J, et al. Hirschsprung-associated enterocolitis develops independently of NOD2 variants. *J Pediatr Surg.* 2010;45(9):1826–1831. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2010.02.039
36. Heuckeroth RO. Hirschsprung disease — integrating basic science and clinical medicine to improve outcomes. *Nat Rev Gastroenterol Hepatol.* 2018;15(3):152–167. doi: 10.1038/nrgastro.2017.149
37. Pierre JF, Barlow-Anacker AJ, Erickson CS, et al. Intestinal dysbiosis and bacterial enteroinvasion in a murine model of Hirschsprung's disease. *J Pediatr Surg.* 2014;49(8):1242–1251. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2014.01.060
38. Moore SW, Sidler D, Zaahl MG. The ITGB2 immunomodulatory gene (CD18), enterocolitis, and Hirschsprung's disease. *J Pediatr Surg.* 2008;43(8):1439–1444. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2007.12.057
39. Halleran DR, Ahmad H, Maloof E, et al. Does Hirschsprung-associated enterocolitis differ in children with and without Down syndrome? *J Surg Res.* 2020;245:564–568. doi: 10.1016/j.jss.2019.06.086
40. Sakurai T, Tanaka H, Endo N. Predictive factors for the development of postoperative Hirschsprung-associated enterocolitis in children operated during infancy. *Pediatr Surg Int.* 2021;37(2):275–280. doi: 10.1007/s00383-020-04784-z
41. Sherman JO, Snyder ME, Weitzman JJ, et al. A 40-year multinational retrospective study of 880 swenson procedures. *J Pediatr Surg.* 1989;24(8):833–838. doi: 10.1016/S0022-3468(89)80548-2
42. Glassner KL, Abraham BP, Quigley EMM. The microbiome and inflammatory bowel disease. *J Allergy Clin Immunol.* 2020;145(1):16–27. doi: 10.1016/j.jaci.2019.11.003

**ОБ АВТОРАХ****\*Виктория Александровна Глушкова;**

адрес: Россия, 194100, Санкт-Петербург, ул. Литовская, д. 2;  
ORCID: 0009-0002-4768-1539; eLibrary SPIN: 8703-3966;  
e-mail: pedsurgspb@yandex.ru

**Алексей Владимирович Подкаменев**, д-р мед. наук,  
профессор; ORCID: 0000-0003-0885-0563;  
eLibrary SPIN: 7052-0205; e-mail: av.podkamenev@gpmu.org

**Татьяна Викторовна Габрусская**, канд. мед. наук;  
ORCID: 0000-0002-7931-2263; eLibrary SPIN: 2853-5956;  
e-mail: tatyana gabrusskaya@yandex.ru

**AUTHORS INFO****\*Victoria A. Glushkova;**

address: 2 Litovskaya st., Saint Petersburg, 194100, Russia;  
ORCID: 0009-0002-4768-1539; eLibrary SPIN: 8703-3966;  
e-mail: pedsurgspb@yandex.ru

**Aleksey V. Podkamenev**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor;  
ORCID: 0000-0003-0885-0563;  
eLibrary SPIN: 7052-0205; e-mail: av.podkamenev@gpmu.org

**Tatyana V. Gabrusskaya**, MD, Cand. Sci. (Medicine);  
ORCID: 0000-0002-7931-2263; eLibrary SPIN: 2853-5956;  
e-mail: tatyana gabrusskaya@yandex.ru

---

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1766>

# Хирургическая реконструкция мягких тканей дистальных фаланг пальцев кисти у детей. Обзор литературы

А.В. Александров<sup>1</sup>, П.В. Гончарук<sup>1</sup>, Л.Я. Идрис<sup>1,2</sup>, В.В. Рыбчёнок<sup>1,3</sup>,  
А.А. Смирнов<sup>1</sup>, Р.А. Хагуров<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Детская городская клиническая больница им. Н.Ф. Филатова, Москва, Россия;

<sup>2</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия;

<sup>3</sup> Научно-исследовательский институт клинической хирургии, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

Травмы дистальных фаланг пальцев кисти относят к наиболее часто встречающимся видам повреждений кисти у детей. В настоящее время нет единого подхода к лечению детей с дефектами дистальных фаланг пальцев кисти. В отечественной литературе публикации на тему повреждений дистальных фаланг пальцев кисти у детей немногочисленны. На сегодняшний день одним из наиболее лечения детей с дефектами ногтевых фаланг является укорочение пальцев с формированием культей. Систематический поиск проведен в базах данных PubMed, Web of Science, eLibrary, РИНЦ, Cyberleninka. Отобрано 86 публикаций по хирургическому лечению пациентов с дефектами ногтевых фаланг пальцев кисти. В настоящем обзоре литературы описаны варианты консервативного и хирургического лечения пациентов с дефектами мягких тканей ногтевых фаланг. Освещены их основные преимущества и недостатки с точки зрения авторов статьи. Проблема лечения детей с дефектами ногтевых фаланг остается недооцененной среди большинства детских хирургов и травматологов в нашей стране. При травмах ногтевых фаланг необходимо наиболее полное восстановление длины, контура и чувствительности ногтевой фаланги с сохранением максимального объема движений пальца и минимальным донорским дефектом. Данная проблема и пути ее решения требуют более широкого освещения и внедрения в отечественном здравоохранении.

**Ключевые слова:** хирургия кисти; травма кончика пальца; дистальная фаланга; реконструктивная хирургия; дети.

## Как цитировать

Александров А.В., Гончарук П.В., Идрис Л.Я., Рыбчёнок В.В., Смирнов А.А., Хагуров Р.А. Хирургическая реконструкция мягких тканей дистальных фаланг пальцев кисти у детей. Обзор литературы // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 107–120. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1766>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1766>

## Soft tissue surgical reconstruction of distal phalanges in children. Review

Alexander V. Alexandrov<sup>1</sup>, Pavel V. Goncharuk<sup>1</sup>, Lamiya Ya. Idris<sup>1,2</sup>, Vsevolod V. Rybchenok<sup>1,3</sup>, Alexander A. Smirnov<sup>1</sup>, Ruslay A. Khagurov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Filatov Children's Clinical Hospital, Moscow, Russia;

<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup> Research Institute of Clinical Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

### ABSTRACT

Distal phalangeal traumas are among the most common injuries in children. Nowadays, no unified approach has been established for the treatment of children with distal phalangeal defects. Very few domestic publications have devoted to fingertip injuries in children. To date, one of the most common methods of treating children with distal phalangeal defects is the shortening of the finger with stump formation. In cases of distal phalangeal injuries, the most complete restoration of their length, contour, and sensitivity with the preservation of the widest range of motion, and lowest donor site morbidity are necessary. In this literature review, conservative and surgical treatments of patients with distal phalangeal defects are described. The main advantages and disadvantages of different treatment methods are highlighted. The systematic search was performed in databases of PubMed, Web of Science, eLibrary, Russian Science Citation Index, and CyberLeninka, and 86 publications devoted to the surgical treatment of patients with fingertip defects were selected. This problem and its treatment require wider coverage and introduction into domestic healthcare.

**Keywords:** hand surgery; fingertip injury; distal phalanx; reconstruction; flaps.

### To cite this article

Alexandrov AV, Goncharuk PV, Idris LY, Rybchenok VV, Smirnov AA, Khagurov RA. Soft tissue surgical reconstruction of distal phalanges in children. Review. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):107–120. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1766>

Received: 13.01.2023

Accepted: 15.11.2023

Published: 28.03.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1766>

## 儿童手指远端指骨软组织重建手术（文献综述）

Alexander V. Alexandrov<sup>1</sup>, Pavel V. Goncharuk<sup>1</sup>, Lamiya Y. Idris<sup>1,2</sup>, Vsevolod V. Rybchenok<sup>1,3</sup>,  
Alexander A. Smirnov<sup>1</sup>, Ruslay A. Khagurov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Filatov Children's Clinical Hospital, Moscow, Russia;

<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

<sup>3</sup> Research Institute of Clinical Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

### 摘要

手指远端指骨损伤是儿童手部最常见的损伤类型之一。目前,对于儿童手指远端指骨缺损的治疗尚无统一的方法。在俄罗斯文献中,有关儿童手部手指远端指骨损伤的文献很少。迄今为止,治疗儿童指甲指骨缺损最常见的方法之一是缩短手指并形成残端。在 PubMed、Web of Science、eLibrary、RSCI 和 Cyberleninka 数据库中进行系统检索。共计选取了86篇关于手部指甲指骨缺损患者手术治疗的文献。这篇文献综述介绍了指骨软组织缺损患者的保守治疗和手术治疗方案。从作者的角度来看,对这些方法的主要优缺点进行了强调。在我国,大多数小儿外科医生和创伤外科医生仍然低估了治疗儿童甲趾骨缺损的问题。在指甲指骨损伤的情况下,有必要尽可能完整地恢复指甲指骨的长度、轮廓和灵敏度,同时最大限度地保留手指的活动量,并尽量减少供体缺损。这一问题及其解决方法需要在国内医疗保健领域更广泛地推广和实施。

**关键词:** 手外科; 指尖创伤; 远端指骨; 重建手术; 儿童。

### 引用本文

Alexandrov AV, Goncharuk PV, Idris LY, Rybchenok VV, Smirnov AA, Khagurov RA. 儿童手指远端指骨软组织重建手术（文献综述）. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):107–120. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1766>

收到: 18.01.2023

接受: 15.11.2023

发布日期: 28.03.2024

## ВВЕДЕНИЕ

Кисть — это многофункциональный инструмент человека в его повседневной и профессиональной жизни. С точки зрения эволюции, освобождение верхней конечности от опорной функции превратило ее в орган труда [1]. Ногтевые фаланги пальцев называют «вторыми глазами» или «глазами руки» — настолько высоко их значение как органов с высоким сосредоточением рецепторов различных видов чувствительности [2]. Наиболее дистально расположенные ногтевые фаланги пальцев кисти подвержены травмам чаще остальных сегментов кисти. Особенно данное положение применимо к детям, проявляющим необдуманную любознательность. В связи с этим, в зарубежной литературе введено и широко применяется понятие «кончик пальца» — участок ногтевой фаланги дистальнее места прикрепления сухожилия глубокого сгибателя и разгибателя [3] или участок мягких тканей дистальнее средней точки длины ногтевой фаланги [4].

Согласно результатам ряда зарубежных исследований, повреждения кончиков пальцев составляют 21–46 % общего количества повреждений кисти [5–7]. По данным И.И. Гордиенко и Н.А. Цап, травмы кисти у детей составляют примерно 10 % всех повреждений опорно-двигательного аппарата [8]. В одном из последних проспективных эпидемиологических исследований, опубликованном в 2020 г., указано, что большинство травм кисти и предплечья у детей наблюдались в возрасте после 12 лет (57,4 %) и в возрасте до 6 лет (42,3 %). В возрасте после 12 лет наиболее частой причиной повреждений были травмы стеклом (20 %), в возрасте до 6 лет — придавливание дистальных отделов пальцев тяжелыми предметами (26 %) [9].

Учитывая распространенность травм дистальных фаланг пальцев кисти у детей, очевидно, что с данной проблемой сталкиваются специалисты общехирургического и травматологического профиля. Одним из наиболее распространенных методов лечения детей с дефектами ногтевых фаланг является укорочение пальцев с формированием культи. Так, по данным I.N. Mehta и соавт. [10], до 85 % пациентов с отрывами фрагментов ногтевых фаланг выполняется ампутация с формированием культи [10].

В мировой литературе описано множество методик по замещению дефектов мягких тканей ногтевых фаланг пальцев кисти. Выбор в каждом конкретном случае остается за оперирующим хирургом.

С целью более широкого освещения проблемы лечения детей с дефектами мягких тканей ногтевых фаланг пальцев кисти и методов ее решения представим обзор проанализированной отечественной и мировой литературы. Систематический поиск проведен в базах данных PubMed, Web of Science, eLibrary, РИНЦ, Cyberleninka. Анализу подвергнуты 254 источника, просмотрено 148 статей, отобрано 86 публикаций по хирургическому лечению пациентов с дефектами ногтевых фаланг пальцев кисти.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ МЯГКИХ ТКАНЕЙ НОГТЕВЫХ ФАЛАНГ

В результате травматической ампутации, вернее отрыва или отчленения фрагмента ногтевой фаланги, образуется дефект тканей, в большинстве случаев комбинированный (включающий кожу, кость, ногтевой комплекс). Дефекты делятся на группы по направлению и по отношению к оси пальца — поперечные и косые (ладонные, тыльные, боковые), что описано в работе Fassler [11]. Другой принцип классификации дефектов ногтевых фаланг — по уровню отчленения. Он включает в себя ряд разновидностей, предложенных различными авторами. Так, S. Tamai предлагает деление пальца на 5 зон, руководствуясь принципом особенностей кровоснабжения каждой из них. В частности, ногтевая фаланга делится на 2 зоны: 1 — от кончика пальца до «лунулы»; 2 — от «лунулы» до дистального межфалангового сустава [12]. Данная классификация используется, как правило, при выполнении реплантации ногтевых фаланг или их фрагментов. С аналогичной целью разработана классификация G. Foucher и R.W. Norris [13]. Они указывают, что в случае отчленения ногтевой фаланги на уровне дистального межфалангового сустава при реплантации вполне допустимо выполнение его артрореза, что не значительно отразится на функции пальца. А наиболее благоприятные результаты с функциональной точки зрения возможны при реплантациях отчлененных фрагментов ногтевых фаланг на уровне прикрепления сухожилия глубокого сгибателя и дистальнее. Y. Hirase в 1996 г. предложил классификацию отчленений ногтевых фаланг с детальными рекомендациями по восстановлению сосудов, нервов, металлоэосинтеза костных отломков при выполнении реплантации в зависимости от уровня повреждения [14]. J. Arata и соавт. [15] разработали классификацию дефектов ногтевых фаланг пальцев кисти, поделив их на 4 уровня. Схожая с ней классификация M.J. Allen [16]: тип I — уровень дистального края ногтевой пластинки; тип II — уровень края бугристости ногтевой фаланги; тип III — уровень дистального края «лунулы»; тип IV — уровень дистального межфалангового сустава.

D.M. Evans и C. Bernadis представили классификацию повреждений ногтевых фаланг, разделив их на компоненты: травма «мякоти» (пульпы) пальца (P), кости (B), ногтевого комплекса (N) [17]. Авторы продемонстрировали тем самым комплексный подход к проблеме, отмечая степень вовлеченности в травматический процесс каждого из компонентов.

Разделение дефектов пальцев кисти на глубокие и поверхностные предлагают С.В. Винник и соавт. [18]. Глубокие делятся на дефекты основной, средней и дистальной фаланг. Среди повреждений дистальных фаланг пальцев авторы выделяют торцовые, ладонные, боковые и тыльные. Торцовые дефекты делятся на четыре зоны: I зона — дефекты кончика пальца, исключая бугристость ногтевой

фаланги; II зона — дефекты кончика пальца, бугристости, исключая диафиз ногтевой фаланги; III зона — дефекты кончика пальца, бугристости, диафиза, исключая основание ногтевой фаланги; IV зона — дефекты на уровне дистального межфалангового сустава.

Описана лишь часть существующих рабочих классификаций повреждений дистальных фаланг пальцев кисти по данным мировой и отечественной литературы. Единой общепринятой и универсальной классификации к моменту написания данной работы не существует. Вероятно, она послужит предметом дальнейших исследований проблемы, поднятой в настоящей статье.

## МЕТОДЫ ЛЕЧЕНИЯ

По данным мировой литературы, целью хирургической реконструкции считается наиболее полное восстановление длины, контура и чувствительности ногтевой фаланги с сохранением максимального объема движений пальца и минимальным донорским дефектом [19].

### Алгоритмы реконструкции

В литературе существуют варианты алгоритмов реконструкции ногтевых фаланг при их повреждениях. Ряд авторов представляет их в виде сложносоставных блок-схем. D. Mahida в своем руководстве по выкраиванию лоскутов на кисти и предплечье предлагает серию подобных схем для дефектов ногтевых фаланг в целом и для ладонных косых дефектов в частности, в зависимости от их площади и порядкового номера пальца [20]. E. Hwang и соавт. [21] выдвигают упрощенную блок-схему в зависимости лишь от геометрической плоскости дефекта. Коллектив авторов под руководством К.П. Пшениснова представляет подробные схемы по планированию реконструкции ногтевой фаланги, учитывая вовлеченность ногтевого комплекса, «мякоти» (пульпы), костной составляющей, уровень и геометрию дефекта, отдельно для I пальца кисти и для трехфаланговых пальцев [18]. Авторы также разделяют пальцы на функциональные зоны, с учетом степени чувствительности каждой из них. Наиболее важной считается чувствительность на тех поверхностях пальцев, которые участвуют в тонком захвате. Это лучевые поверхности дистальных фаланг II и III пальцев, ладонная поверхность V пальца и ладонная поверхность дистальной фаланги I пальца. На основании предложенной классификации авторы составили алгоритмы замещения дефектов покровных тканей пальцев различной анатомической локализации с энциклопедией лоскутов.

Рассмотрим приведенные в различных мировых и отечественных источниках методы лечения пациентов с травмами дистальных фаланг пальцев кисти, начиная с консервативных. Далее по принципу наличия и применимости отчлененного фрагмента фаланги пальца рассмотрим следующие хирургические методы: реплантация

отчлененного фрагмента, композитный трансплантат, аутодермопластику, местные и регионарные лоскуты.

### Консервативное лечение

Описаны варианты консервативного лечения пациентов с дефектами мягких тканей ногтевых фаланг. Они основываются на заживлении путем вторичного натяжения и предполагают длительное местное применение различных повязок. J. Boudard и соавт. [22] проанализировали работы, посвященные использованию окклюзионных повязок для лечения пациентов с дефектами ногтевых фаланг, начиная с 1977 г. Анализируемые работы представляли собой 8 клинических серий, 6 из которых продемонстрировали хорошие и удовлетворительные результаты. В своем собственном исследовании, включающем 19 пациентов, авторы сообщают о 6 отличных, 12 хороших и 1 неудовлетворительном результате. Среднее время заживления составило 4,3 нед. (4–5 нед.). Несмотря на полученные результаты в отношении регенерации мягких тканей, авторы указывают на невозможность предотвращения крючковидной деформации ногтевой пластинки при консервативном лечении. G. Germann и соавт. [23] рассматривают применение местных лоскутов для замещения дефектов ногтевых фаланг пальцев кисти, а также сообщают об эффективности консервативного лечения с использованием полуокклюзионных повязок. По их данным, полуокклюзионные повязки способствуют поддержанию оптимальной температуры, pH, влажности, а также проникновению кислорода и защите от микроорганизмов. В течение 2–8 нед., в зависимости от размера дефекта, возможно полное заживление с восстановлением контура и чувствительности пальца. Согласно исследованию X. Lou и соавт. [24], применение искусственной кожи для стимуляции заживления дефектов ногтевых фаланг пальцев кисти приводит к хорошим косметическим и функциональным результатам. Однако в случае пролабирования кости и/или сухожилия в зону дефекта авторы рекомендуют его закрытие с помощью местных и регионарных лоскутов. Согласно M.A. Ramirez и соавт. [25], в случаях без обнажения кости и/или сухожилия рекомендуется консервативное лечение путем стимуляции заживления вторичным натяжением. Аналогичную рекомендацию выдвигают E.M. Krauss и соавт. [26] для дефектов размерами не более 2 см. Мнения, что даже обнаженные кость и сухожилия могут стимулировать рост грануляций, а значит, такие дефекты можно вести консервативно, придерживаются R. Simman и M.H.E. Hermans [27]. О применении силиконовых колпачков для травмированных пальцев с целью стимуляции их заживления сообщают J. Schultz и соавт. [28]. Коллектив исследователей под руководством A. Fijan провели сравнение консервативного лечения пациентов с дефектами ногтевых фаланг с помощью местного применения амниотической оболочки и аутодермопластики, показав превосходство первой по степени восстановления чувствительности

и возвращению к работе [29]. В числе других методов консервативного лечения — применение губчатых материалов с факторами роста клеток [30], сочетание полуклюзионных повязок и шинирования пальца [31].

### Реплантация отчлененного фрагмента фаланги

Согласно принципам современной детской микрохирургии, любой отчлененный сегмент конечности должен быть подвергнут попытке реплантации [32]. В связи с этим, лишь 40–60 % попыток реплантаций являются успешными [33–35]. В то же время, исходы успешных случаев реплантации у детей более благоприятны по сравнению со взрослыми, так как скорость восстановления нервов, регенерации покровных тканей в детском организме выше, а формирующиеся рубцы менее грубые [36, 37]. Техническая сложность операции по реплантации сегментов конечностей, в частности, ногтевых фаланг с субмиллиметровым диаметром сосудов, у детей дополняется необходимостью пристального послеоперационного наблюдения, назначения лекарственных препаратов, и что наиболее важно и трудно осуществимо у детей — соблюдения строгого постельного режима. Учитывая описанные L. Jazayeri и соавторами противопоказания к реплантации, а именно длительная тепловая ишемия, высокий анестезиологический риск, психоэмоциональная нестабильность пациента, разможенный и нереплантабельный отчлененный сегмент или его чрезмерное загрязнение, многоуровневые отчленения, данный вид оперативных вмешательств у детей можно считать эксклюзивным [38]. Микрохирургическая пересадка тканей, наряду с реплантацией пальцев, также является сложным методом в детской хирургии. Заслуживает внимания исследование M.K. Hong и соавт. [39], где продемонстрировано успешное применение микрохирургической трансплантации фрагмента пульпы II пальца стопы для закрытия дефекта ногтевой фаланги пальца кисти. Проанализировано применение данной методики у 17 детей раннего возраста и получены хорошие косметические и функциональные результаты в отдаленном послеоперационном периоде.

### Композитный трансплантат

У детей методом выбора при восстановлении целостности ногтевых фаланг является применение композитного трансплантата — фиксации к месту дефекта обработанного отчлененного фрагмента. По данным некоторых исследователей, использование композитного трансплантата приносит хорошие функциональные и эстетические результаты в случае, если уровень отчленения находится между серединой ногтевой пластинки и ногтевым валиком [40]. Данный метод минимизирует потерю длины пальца, позволяет восстановить внешний вид пальца, поскольку предполагает использование собственных тканей без выполнения микрососудистых

анастомозов [41]. T. Kiuchi с соавторами сообщили о 100 % успешных случаев применения композитных трансплантатов у пациентов с отчленениями ногтевых фаланг на уровне зоны I по Ishikawa и 70,6 % в зоне II [42]. В исследовании A.O. Karakas и E. Yuce [43], включавшем 354 ребенка с дефектами ногтевых фаланг, доля успешного лечения с применением композитного трансплантата в зоне Ishikawa I–II составила 81,1 %. Описан вариант использования композитного трансплантата с погружением его в сформированный ладонный подкожный карман с хорошими и удовлетворительными результатами. T. Nakagawa и A. Kato описали редкий случай успешного применения фрагмента дистальной фаланги добавочного I пальца в качестве композитного трансплантата для замещения дефекта ногтевой фаланги пальца кисти у ребенка с преаксиальной полидактилией. Однако некоторые авторы указывают на неэффективность применения композитных трансплантатов у пациентов старших возрастных групп, где их приживаемость составляет менее 50 % [45–47].

### Аутодермопластика

В случае, когда дном дефекта являются хорошо кровоснабжаемые ткани, возможно применение аутодермопластики для его закрытия [48]. Одной из наиболее приемлемых донорских зон считается область гипотенара, кожа которой соответствует по свойствам таковой в дистальной части ногтевой фаланги. В работе W.-I. Sohn и соавт. [48], опубликованной в 2012 г., сообщается о восстановлении целостности ногтевых фаланг пальцев кисти у 16 пациентов, среди которых двое детей, с помощью полнослойного аутодермотрансплантата с медиальной поверхности I пальца стопы. У 13 исследуемых отмечено полное, у трех — частичное приживление, и у одного пациента — потеря лоскута.

### Местные лоскуты

Для замещения дефектов мягких тканей ногтевых фаланг разработано множество местных и регионарных лоскутов. Наиболее распространенные лоскуты упоминаются и описываются в пособии A.Л. Петрушина и С.В. Брагиной [49].

В 1935 г. E. Tranquilli Leali предложил выдвигной треугольный лоскут мягкотканной пульпы для замещения небольших торцовых и тыльно-косых дефектов ногтевых фаланг [50]. В 1970 г. E. Atasoy с соавторами также описали выдвигной лоскут, получивший название V-Y по форме выполняемых при выкраивании и перемещении линий разрезов кожи и швов [51]. В дальнейшем данный метод получил развитие, были разработаны его модификации. Так, например, модификация данного лоскута принадлежит R. Venkataswami и N. Subramanian, которые предложили выкраивать его в виде островкового антеградного гомодигитального лоскута, позволяя перемещать его дистальнее и привносить

тем самым большой объем тканей в реципиентную зону [52]. Преимущества антеградного гомодигитального лоскута в реконструкции мягких тканей ногтевых фаланг пальцев кисти у детей продемонстрированы в работе С.Н. Березуцкого и А.Г. Пинигина [53]. Наиболее распространенные осложнения данной методики из описанных — различные нарушения и извращения чувствительности (парестезии, гипестезии, холодовая непереносимость); о некрозах и инфицировании не сообщается [54]. Одно из часто встречающихся осложнений — крючковидная деформация ногтевой пластинки пальца. Т. Yildirim с соавторами в статье, посвященной островковым лоскутам на сосудисто-нервной ножке в детской практике, представляют обоснованную теорию развития крючковидной деформации пальцев у детей [55]. По мнению авторов, деформация формируется в процессе роста ребенка и, в частности, его пальцев и «отставанием» перемещенного ранее лоскута, который смещается в проксимальном направлении относительно ногтевого комплекса. Е. Atasoy с соавторами предложили «Antenna procedure» (антенна-процедуру) для устранения деформации, которая заключается в мобилизации ногтевого комплекса, перемещения в должную плоскость, восполнения дефицита подлежащих тканей посредством перекрестного лоскута с соседнего пальца, фиксации фаланги металлическими спицами [56]. В современной отечественной литературе представлен метод комбинации «процедуры антенны» и реверсивного островкового гомодигитального лоскута, как усовершенствование надежной операции, предложенной Е. Atasoy [57].

## Регионарные лоскуты

Впервые описанный Gatewood [58], а в дальнейшем пересмотренный А.Е. Flatt [59] метод ладонного, или тенарного, лоскута, получил широкое распространение благодаря тому, что позволил эффективно замещать ладонные косые дефекты ногтевых фаланг. Как правило, его рекомендуют для закрытия дефектов указательного и среднего пальцев, с учетом риска развития сгибательной контрактуры пальца [59, 60]. Одно из наиболее значимых осложнений двухэтапной реконструкции ногтевых фаланг пальцев кисти с помощью ладонного лоскута — это формирование сгибательной контрактуры восстановленного пальца, что описано в обширном исследовании С.Р. Melone Jr. и соавт. [61], включающем 150 пациентов. Однако авторы подчеркивают, что данное осложнение развилось у 6 пациентов (4 %) и все они являются взрослыми людьми. J.S. Barr и соавт. [19] отмечают, что дети менее подвержены развитию постиммобилизационной контрактуры пальцев по сравнению со взрослыми, а также в своей работе демонстрируют хорошие результаты применения тенарного лоскута у детей и называют его идеальным для реконструкции ногтевых фаланг пальцев кисти [19].

Еще один лоскут, принцип которого основан на создании временной питающей ножки, — перекрестный, или кросс-лоскут с соседнего пальца. Впервые описанный М. Gudín и W.J. Pangman в 1950 г. [62], в оригинальном виде он применялся Т.Д. Cronin еще в 1945 г. [63]. В 1967 г. предложен вариант перемещения лоскута со II пальца на I с включением в его состав поверхностной тыльной ветви пальцевого нерва с лучевой стороны [64]. Описан также способ двойной иннервации лоскута, а именно с включением двух поверхностных ветвей лучевого пальцевого нерва, которые сшиваются с нервами реципиентного пальца [65]. В отличие от ладонного, данный лоскут может быть использован для закрытия дефектов на любом уровне пальца, ограничением являются дефекты, превышающие размер средней фаланги [66]. D.H. Kim с соавторами предложили модификацию перекрестного лоскута с выкраиванием и перемещением его на сосудистой ножке пальцевой артерии соседнего пальца с целью закрытия дефектов пальцев после неудачных реплантаций [67].

Ряд авторов, среди которых S. Bunnell (1952) [68], E. Moberg (1955) [69], J.W. Littler (1956) [70] и Tubiana R. и соавт. (1960) [71], предложили принцип выкраивания островковых лоскутов на сосудистой ножке, создав тем самым предпосылки для концепции островкового гомодигитального лоскута. Одними из первых сформулировали четкое и подробное описание метода островкового реверсивного гомодигитального лоскута С.-S. Lai и соавторы в 1989 г. [72]. В своей работе они указывают на три основных преимущества данного метода: незначительный и незаметный, скрытый донорский дефект, минимальный рубцовый процесс в области разреза по нейтральной линии, которую авторы назвали линией Lai, а также возможность включения в состав лоскута пальцевого нерва и его сшивания с концом контрлатерального нерва, что, по их мнению, способствовало улучшению чувствительности в зоне перемещенного лоскута. S. Regmi и соавт. [73] провели систематический обзор литературы, посвященной исходам и осложнениям реконструкции кончиков пальцев с помощью реверсивных островковых лоскутов пальцевой артерии. По данным авторов, приживаемость реверсивных островковых лоскутов составила 98 %, что превосходит таковую у реплантированных кончиков пальцев (86 %) согласно исследованию [74].

Одним из распространенных осложнений реверсивного островкового лоскута считается формирование сгибательной контрактуры [75–77]. S.K. Nap и соавт. [78] не отметили данного осложнения в своих исследованиях и утверждают, что применение прецизионной техники оперирования, использование тонкого нерассасывающегося шовного материала, может способствовать формированию тонких рубцов и минимизировать риск формирования сгибательной контрактуры.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Привес М.Г., Лысенков Н.К., Бушкович В.И. Анатомия человека. Фундаментальные исследования. 12-е изд. Санкт-Петербург: СПбМАПО, 2004. 48 с.
2. Байтингер В.Ф., Голубев И.О. Клиническая анатомия кисти. Часть IV. Томск: Дельтаплан, 2012. 104 с.
3. Borrelli M.R., Dupré S., Mediratta S., et al. Composite grafts for fingertip amputations: A systematic review protocol // *Int J Surg Protoc*. 2018. Vol. 6, N. 6. P. e1843. doi: 10.1097/GOX.0000000000001843
4. Yorlets R.R., Busa K., Eberlin K.R., et al. Fingertip injuries in children: Epidemiology, financial burden, and implications for prevention // *Hand*. 2017. Vol. 12, N. 4. P. 342–347. doi: 10.1177/1558944716670139
5. Doraiswamy N.V., Baig H. Isolated finger injuries in children: incidence and aetiology // *Injury*. 2000. Vol. 31, N. 8. P. 571–573. doi: 10.1016/s0020-1383(00)00052-8
6. Fetter-Zarzeka A., Joseph M.M. Hand and fingertip injuries in children // *Pediatr Emerg Care*. 2002. Vol. 18, N. 5. P. 341–345. doi: 10.1097/00006565-200210000-00003
7. Ljungberg E., Rosberg H.E., Dahlin L.B. Hand injuries in young children // *J Hand Surg Am*. 2003. Vol. 28, N. 4. P. 376–380. doi: 10.1016/s0266-7681(03)00101-3
8. Гордиенко И.И., Цап Н.А. Открытые травмы ногтевых фаланг пальцев кисти у детей // *Вестник Уральского государственного медицинского университета*. 2018. № 2. С. 32–34. EDN: YFOWT
9. Sozbilen M.C., Dastan A.E., Gunay H., Kucuk L. One-year prospective analysis of hand and forearm injuries in children // *J Pediatr Orthop Part B*. 2021. Vol. 30, N. 4. P. 364–370. doi: 10.1097/BPB.0000000000000802
10. Mehtal H., McGraw I.T., Shin H., Wu D. The role of antibiotics in revision amputation: A single institution 10 year experience // *Orthoplastic Surg*. 2022. Vol. 9. P. 34–39. doi: 10.1016/j.orthop.2022.06.002
11. Fassler P.R. Fingertip injuries: Evaluation and treatment // *J Am Acad Orthop Surg*. 1996. Vol. 4, N. 2. P. 84–92. doi: 10.5435/00124635-199603000-00003
12. Tamai S. Twenty years experience of limb replantation. Review of 293 upper extremity replants // *Plast Reconstr Surg*. 1985. Vol. 7, N. 6. P. 549–556. doi: 10.1016/s0363-5023(82)80100-7
13. Foucher G., Norris R.W. Distal and very distal digital replantations // *Br J Plast Surg*. 1992. Vol. 45, N. 3. P. 199–203. doi: 10.1016/0007-1226(92)90076-a
14. Hirase Y. Salvage of fingertip amputated at nail level: New surgical principles and treatments // *Ann Plast Surg*. 1997. Vol. 38, N. 2. P. 151–157. doi: 10.1097/00000637-199702000-00009
15. Arata J., Ishikawa K., Soeda H. Replantation of fingertip amputation by palmar pocket method in children // *Plast Reconstr Surg*. 2011. Vol. 127, N. 3. P. 78e–80e. doi: 10.1097/PRS.0b013e3182063665
16. Allen M.J. Conservative management of finger tip injuries in adults // *Hand*. 1980. Vol. 12, N. 3. P. 257–265. doi: 10.1016/s0072-968x(80)80049-0
17. Evans D.M., Bernadis C. A new classification for fingertip injuries // *J Hand Surg Am*. 2000. Vol. 25, N. 1. P. 58–60. doi: 10.1054/jhsb.1999.0305
18. Винник С.В., Пшениснов К.П., Голубев И.О., Афонина Е.А. Покровные дефекты пальцев и кисти. В кн.: *Курс пластической хирургии / под ред. К.П. Пшениснова*. Рыбинск: Рыбинский дом печати, 2010. С. 1187–1230.
19. Barr J.S., Chu M.W., Thanik V., Sharma S. Pediatric thenar flaps: A modified design, case series and review of the literature // *J Pediatr Surg*. 2014. Vol. 49, N. 9. P. 1433–1438. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2013.11.066
20. Mahida D. Handbook on flaps in crush injuries of the hand. B кн.: *Handbook on flaps in crush injuries of the hand / D. Mahida, editor*. India: Jaypee Brothers Medical Publishers, 2015. P. 5–6. doi: 10.5005/jp/books/12470
21. Hwang E., Park B.H., Song S.Y., et al. Fingertip reconstruction with simultaneous flaps and nail bed grafts following amputation // *J Hand Surg Am*. 2013. Vol. 38, N. 7. P. 1307–1314. doi: 10.1016/j.jhsa.2013.03.032
22. Boudard J., Loisel F., El Rifai S., et al. Fingertip amputations treated with occlusive dressings // *Hand Surg Rehabil*. 2019. Vol. 38, N. 4. P. 257–261. doi: 10.1016/j.hansur.2019.06.002
23. Germann G., Rudolf K.D., Levin S.L., Hrabowski M. Fingertip and thumb tip wounds: changing algorithms for sensation, aesthetics, and function // *J Hand Surg*. 2017. Vol. 42, N. 4. P. 274–284. doi: 10.1016/j.jhsa.2017.01.022
24. Lou X., Zhu H., Xue H., et al. One-stage wound healing of fingertip injuries induced by treatment of artificial dermis // *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 2018. Vol. 50, N. 4. P. 269–275. doi: 10.1055/s-0044-102304
25. Ramirez M.A., Means K.R. Digital soft tissue trauma: a concise primer of soft tissue reconstruction of traumatic hand injuries // *The Iowa Orthop J*. 2011. Vol. 31. P. 110–120.
26. Krauss E.M., Lalonde D.H. Secondary healing of fingertip amputations: a review // *Hand*. 2014. Vol. 9, N. 3. P. 282–288. doi: 10.1007/s11552-014-9663-5
27. Simman R., Hermans M.H.E. Managing wounds with exposed bone and tendon with an esterified hyaluronic acid matrix (eHAM): A literature review and personal experience // *J Am Coll Clin Wound Spec*. 2017. Vol. 9, N. 1-3. P. 1–9. doi: 10.1016/j.jccw.2018.04.002
28. Schultz J., Schröttner P., Leupold S., et al. Conservative treatment of fingertip injuries in children - first experiences with a novel silicone finger cap that enables woundfluid analysis // *GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg*. 2018. Vol. 7. ID 125. doi: 10.3205/iprs000125
29. Fijan A., Hashemi A., Namazi H. A novel use of amniotic membrane for fingertip injuries // *J Wound Care*. 2014. Vol. 23, N. 5. P. 255–258. doi: 10.12968/jowc.2014.23.5.255
30. Matsumine H., Fujimaki H., Takagi M., et al. Full-thickness skin reconstruction with basic fibroblast growth factor-impregnated collagen-gelatin sponge // *Regen Ther*. 2019. Vol. 11. P. 81–87. doi: 10.1016/j.reth.2019.06.001
31. Ng H.J.H., Sim J., Tey V.H.T., et al. Experience with the use of splint caps for the management of fingertip amputation injuries // *J Hand Surg. Asian-Pacific Vol*. 2020. Vol. 25, N. 2. P. 199–205. doi: 10.1142/S242483552050023X
32. Duteille F., Lim A., Dautel G. Free flap coverage of upper and lower limb tissue defects in children: A series of 22 patients // *Ann Plast Surg*. 2003. Vol. 50, N. 4. P. 344–349. doi: 10.1097/01.SAP.0000044143.36516.32
33. Dautel G., Barbary S. Mini replants: Fingertip replant distal to the IP or DIP joint // *J Plast Reconstr Aesthetic Surg*. 2007. Vol. 60, N. 7. P. 811–815. doi: 10.1016/j.bjps.2007.02.020

- 34.** Barbary S., Dap F., Dautel G. Finger replantation: Surgical technique and indications // *Chirurgie de la Main*. 2013. Vol. 32, N. 6. P. 363–372. doi: 10.1016/j.main.2013.04.012
- 35.** Lindfors N., Marttila I. Replantation or revascularisation injuries in children: Incidence, epidemiology, and outcome // *J Plast Surg Hand Surg*. 2012. Vol. 46, N. 5. P. 359–363. doi: 10.3109/2000656X.2012.700012
- 36.** Squitieri L., Reichert H., Kim M.H., et al. Patterns of surgical care and health disparities of treating pediatric finger amputation injuries in the United States // *J Am Coll Surg*. 2011. Vol. 213, N. 4. P. 475–485. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2011.07.017
- 37.** Yeo C.J., Sebastin S.J., Chong A.K.S. Fingertip injuries // *Singapore Med J*. 2010. Vol. 51, N. 1. P. 78–86.
- 38.** Jazayeri L., Klausner J.Q., Chang J. Distal digital replantation // *Plast Reconstr Surg*. 2013. Vol. 132, N. 5. P. 1207–1217. doi: 10.1097/PRS.0b013e3182a3c0e7
- 39.** Hong M.K., Lee D.C., Choi M.S., et al. Partial second toe pulp free flaps in early childhood // *Arch Plast Surg*. 2020. Vol. 47, N. 6. P. 590–596. doi: 10.5999/aps.2020.01137
- 40.** Netscher D.T., Meade R.A. Reconstruction of fingertip amputations with full-thickness perionychial grafts from the retained part and local flaps // *Plast Reconstr Surg*. 1999. Vol. 104, N. 6. P. 1705–1712. doi: 10.1097/00006534-199911000-00014
- 41.** Alper N., Sood A., Granick M.S. Composite graft repair for distal fingertip amputation // *Eplasty*. 2013. Vol. 13. P. ic32.
- 42.** Kiuchi T., Shimizu Y., Nagasao T., et al. Composite grafting for distal digital amputation with respect to injury type and amputation level // *J Plast Surg Hand Surg*. 2015. Vol. 49, N. 4. P. 224–228. doi: 10.3109/2000656X.2015.1020314
- 43.** Karakas A.O., Yuce E. Evaluation of pediatric fingertip injuries by means of etiology, demographics and therapy // *Med Bull Sisli Hosp*. 2018. Vol. 54, N. 3. P. 306–312. doi: 10.14744/SEMB.2018.82788
- 44.** Nakagawa T., Kato A. Fingertip reconstruction using a duplicated thumb by means of the palmar pocket method in a child // *Plast Reconstr Surg*. 2003. Vol. 112, N. 6. P. 1730–1732. doi: 10.1097/01.PRS.0000084561.94439.1D
- 45.** Heistein J.B., Cook P.A. Factors affecting composite graft survival in digital tip amputations // *Ann Plast Surg*. 2003. Vol. 50, N. 3. P. 299–303. doi: 10.1097/01.sap.0000037260.89312.bf
- 46.** Lee P.-K., Ahn S.-T., Lim P. Replantation of fingertip amputation by using the pocket principle in adults // *Plast Reconstr Surg*. 1999. Vol. 103, N. 5. P. 1428–1435. doi: 10.1097/00006534-199904050-00011
- 47.** Elshahy N.I. When to replant a fingertip after its complete amputation // *Plast Reconstr Surg*. 1977. Vol. 60, N. 1. P. 11–21. doi: 10.1097/00006534-197707000-00003
- 48.** Sohn W.-I., Jung S.-N., Kim S.-W., et al. Reconstruction of fingertip defects with great toe pulp grafts // *Ann Plast Surg*. 2012. Vol. 68, N. 6. P. 579–582. doi: 10.1097/SAP.0b013e31821b6c9a
- 49.** Петрушин А.Л., Брагина С.В. Травмы дистального отдела предплечья, запястья и кисти у детей. В кн.: Учебное пособие Министерства здравоохранения РФ, СГМУ. Архангельск: Изд-во СГМУ, 2021. С. 11–12.
- 50.** Loréa P., Chahidi N., Marchesi S., et al. Reconstruction of fingertip defects with the neurovascular tranquill-leali flap // *J Hand Surg Am*. 2006. Vol. 31, N. 3. P. 280–284. doi: 10.1016/j.jhsb.2005.11.007
- 51.** Atasoy E., Ioakimidis E., Kasdan M.L., et al. Reconstruction of the amputated finger tip with a triangular volar flap. A new surgical procedure // *J Bone Joint Surg Am*. 1970. Vol. 52, N. 5. P. 921–926. doi: 10.2106/00004623-197052050-00006
- 52.** Venkataswami R., Subramanian N. Oblique triangular flap: A new method of repair for oblique amputations of the fingertip and thumb // *Plast Reconstr Surg*. 1980. Vol. 66, N. 2. P. 296–300. doi: 10.1097/00006534-198008000-00026
- 53.** Березуцкий С.Н., Пинигин А.Г. Лечение детей с дефектами кожи и мягких тканей дистальных фаланг пальцев кисти // *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. 2020. Т. 10, № 3. С. 293–298. EDN: OBPZZS doi: 10.17816/psaic687
- 54.** Jackson E.A. The V-Y plasty in the treatment of fingertip amputations // *Am Fam Physician*. 2001. Vol. 64, N. 3. P. 455–458.
- 55.** Yildirim T., Gunturk O.B., Erol K., Toros T. Long-term outcomes of homodigital neurovascular island flap reconstruction of fingertip injuries in children // *J Hand Surg Eur*. 2022. Vol. 47, N. 8. P. 845–850. doi: 10.1177/17531934221108470
- 56.** Atasoy E., Godfrey A., Kalisman M. The “antenna” procedure for the “hook-nail” deformity // *J Hand Surg Am*. 1983. Vol. 8, N. 1. P. 55–58. doi: 10.1016/s0363-5023(83)80053-7
- 57.** Александров А.В., Выборнов Д.Ю., Гончарук П.В., и др. Устранение крючковидной деформации ногтевых фаланг пальцев кисти у детей с помощью комбинации операции «антенна» и реверсивного островкового гомодигитального лоскута пальцевой артерии // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2023. Т. 11, № 2. С. 201–208. EDN: FZFHKE doi: 10.17816/PTORS321717
- 58.** Gatewood. A plastic repair of finger defects without hospitalization // *JAMA*. 1926. Vol. 87, N. 18. ID 1479. doi: 10.1001/jama.1926.92680180002013a
- 59.** Flatt A.E. The thenar flap // *J Bone Joint Surg Br*. 1957. Vol. 39-B, N. 1. P. 80–85. doi: 10.1302/0301-620X.39B1.80
- 60.** Panattoni J.B., De Ona I.R., Ahmed M.M. Reconstruction of fingertip injuries: Surgical tips and avoiding complications // *J Hand Surg Am*. 2015. Vol. 40, N. 5. P. 1016–1024. doi: 10.1016/j.jhsa.2015.02.010
- 61.** Melone C.P. Jr., Beasley R.W., Carstens J.H. Jr. The thenar flap — An analysis of its use in 150 cases // *J Hand Surg Am*. 1982. Vol. 7, N. 3. P. 291–297. doi: 10.1016/s0363-5023(82)80182-2
- 62.** Gudin M., Pangman W.J. The repair of surface defects of fingers by trans-digital flaps // *Plast Reconstr Surg*. 1950. Vol. 5, N. 4. ID 368. doi: 10.1097/00006534-195004000-00011
- 63.** Cronin T.D. The cross finger flap: a new method of repair // *Am Surg*. 1951. Vol. 17, N. 5. P. 419–425.
- 64.** Adamson J.E., Horton C.E., Crawford H.H., Adamson J. Sensory rehabilitation of the injured thumb // *Plast Reconstr Surg*. 1967. Vol. 40, N. 1. P. 53–57. doi: 10.1097/00006534-196707000-00008
- 65.** Braga-Silva J., Kuyven C.R., Fallopa F., Albertoni W. An anatomical study of the dorsal cutaneous branches of the digital arteries // *J Hand Surg Am*. 2002. Vol. 27, N. 6. P. 577–579. doi: 10.1054/jhsb.2002.0830
- 66.** Lim J.X., Chung K.C. VY Advancement, thenar flap, and cross-finger flaps // *Hand Clin*. 2020. Vol. 36, N. 1. P. 19–32. doi: 10.1016/j.hcl.2019.08.003
- 67.** Kim D.H., Seo K.B., Lee S.H., et al. Reverse digital artery cross-finger flap for reconstruction of failed finger replantation // *J Orthop Surg*. 2019. Vol. 27, N. 1. ID 2309499018816773. doi: 10.1177/2309499018816773
- 68.** Bunnell S. Digit transfer by neurovascular pedicle // *J Bone Joint Surg Am*. 1952. Vol. 34, N. 4. P. 772–774. doi: 10.2106/00004623-195234040-00002

69. Moberg E. Aspects of sensation in reconstructive surgery of the upper extremity // *J Bone Joint Surg Am*. 1964. Vol. 46, N. 4. P. 817–825. doi: 10.2106/00004623-196446040-00011
70. Littler J.W. The neurovascular pedicle method of digital transposition for reconstruction of the thumb // *Plast Reconstr Surg*. 1953. Vol. 12, N. 5. P. 303–319. doi: 10.1097/00006534-195311000-00001
71. Tubiana R., Duparc J., Moreau C. Restoration of sensibility at the level of the hand by transfer of a heterodigital cutaneous transplant possessing its vasculo-nervous pedicle // *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot*. 1960. Vol. 46. P. 163–178.
72. Lai C.-S., Lin S.-D., Yang C.-C. The reverse digital artery flap for fingertip reconstruction // *Ann Plast Surg*. 1989. Vol. 22, N. 6. P. 495–500. doi: 10.1097/00006637-198906000-00005
73. Regmi S., Gu J.-X., Zhang N.-C., Liu H.-J. A systematic review of outcomes and complications of primary fingertip reconstruction using reverse-flow homodigital island flaps // *Aesthetic Plast Surg*. 2016. Vol. 40, N. 2. P. 277–283. doi: 10.1007/s00266-016-0624-y
74. Sebastin S.J., Chung K.C. A systematic review of the outcomes of replantation of distal digital amputation // *Plast Reconstr Surg*. 2011. Vol. 128, N. 3. P. 723–737. doi: 10.1097/PRS.0b013e318221dc83
75. Adani R., Busa R., Pancaldi G., Caroli A. Reverse neurovascular homodigital island flap // *Ann Plast Surg*. 1995. Vol. 35, N. 1. P. 77–82. doi: 10.1097/00006637-199507000-00015
76. Yazar M., Aydın A., Kurt Yazar S., et al. Sensory recovery of the reverse homodigital island flap in fingertip reconstruction: A review of 66 cases // *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2010. Vol. 44, N. 5. P. 345–351. doi: 10.3944/AOTT.2010.2351
77. Acar M.A., Güzel Y., Güleç A., et al. Reconstruction of multiple fingertip injuries with reverse flow homodigital flap // *Injury*. 2014. Vol. 45, N. 10. P. 1569–1573. doi: 10.1016/j.injury.2014.06.009
78. Han S.K., Lee B.I., Kim W.K. The reverse digital artery island flap: Clinical experience in 120 fingers // *Plast Reconstr Surg*. 1998. Vol. 101, N. 4. P. 1006–1011. doi: 10.1097/00006534-199804040-00018
79. Александров А.В., Смирнов А.А., Гончарук П.В. Закрытие дефектов ногтевых фаланг пальцев кисти у детей с помощью островковых реверсивных гомодигитальных лоскутов // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2021. Т. 9, № 2. С. 221–228. EDN: QFDCFC doi: 10.17816/PTORS57059
80. Александров А.В., Гончарук П.В., Идрис Л.Я., и др. Комплексная реконструкция мягких тканей ногтевых фаланг пальцев кисти у детей // *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. 2021. Т. 11, № 1. С. 27–38. EDN: EPXKLE doi: 10.17816/psaic701
81. Sun Y.C., Chen Q.Z., Chen J., et al. Prevalence, characteristics and natural history of cold intolerance after the reverse digital artery flap // *J Hand Surg Eur*. 2016. Vol. 41, N. 2. P. 171–176. doi: 10.1177/1753193415596438
82. Sindhu K., DeFroda S.F., Harris A.P., Gil J.A. Management of partial fingertip amputation in adults: Operative and non operative treatment // *Injury*. 2017. Vol. 48, N. 12. P. 2643–2649. doi: 10.1016/j.injury.2017.10.042
83. Takeda A., Fukuda R., Takahashi T., et al. Fingertip reconstruction by nail bed grafting using thenar flap // *Aesthetic Plast Surg*. 2002. Vol. 26, N. 2. P. 142–145. doi: 10.1007/s00266-002-1470-7
84. Kusuvara H., Ichinohashi K., Sueyoshi Y., et al. Reconstruction of severely crushed fingertip amputations with basic fibroblast growth factor slow release system // *Plast Reconstr Surg — Global Open*. 2017. Vol. 5, N. 6. P. e1384. doi: 10.1097/GOX.0000000000001384
85. Александров А.В., Гончарук П.В., Евдокимов А.Н., и др. Два клинических случая реконструкции дистальных фаланг пальцев кисти у детей с использованием комбинации регионарного лоскута и трансплантата ногтевого ложа с костным фрагментом с отчлененного сегмента // *Ортопедия, травматология и восстановительная хирургия детского возраста*. 2022. Т. 10, № 3. С. 277–284. EDN: NVWNDL doi: 10.17816/PTORS108022
86. Hu H., Chen H., Hong J., et al. Propeller perforator flaps from the dorsal digital artery perforator chain for repairing soft tissue defects of the finger // *BMC Surg*. 2019. Vol. 19, N. 1. ID 188. doi: 10.1186/s12893-019-0649-7

## REFERENCES

1. Prives MG, Lysenkov NK, Bushkovich VI. *Human anatomy. Fundamental studies. 12th ed.* Saint Petersburg: SPbMAPO, 2004. 48 p. (In Russ.)
2. Baitinger VF, Golubev IO. *Clinical anatomy of the hand. Part IV.* Tomsk: Deltaplan, 2012. 104 p. (In Russ.)
3. Borrelli MR, Dupré S, Mediratta S, et al. Composite grafts for fingertip amputations: A systematic review protocol. *Int J Surg Protoc*. 2018;6(6):e1843. doi: 10.1097/GOX.0000000000001843
4. Yorlets RR, Busa K, Eberlin KR, et al. Fingertip injuries in children: Epidemiology, financial burden, and implications for prevention. *Hand*. 2017;12(4):342–347. doi: 10.1177/1558944716670139
5. Doraiswamy NV, Baig H. Isolated finger injuries in children—incidence and aetiology. *Injury*. 2000;31(8):571–573. doi: 10.1016/s0020-1383(00)00052-8
6. Fetter-Zarzeka A, Joseph MM. Hand and fingertip injuries in children. *Pediatr Emerg Care*. 2002;18(5):341–345. doi: 10.1097/00006565-200210000-00003
7. Ljungberg E, Rosberg HE, Dahlin LB. Hand injuries in young children. *J Hand Surg Am*. 2003;28(4):376–380. doi: 10.1016/s0266-7681(03)00101-3
8. Gordienko II, Tsap NA. Open injuries of nail fragnastic fingers of the brush in children. *Bulletin of USMU*. 2018;(2):32–34. EDN: YFOWT
9. Sozbilen MC, Dastan AE, Gunay H, Kucuk L. One-year prospective analysis of hand and forearm injuries in children. *J Pediatr Orthop Part B*. 2021;30(4):364–370. doi: 10.1097/BPB.0000000000000802
10. Mehta IH, McGraw IT, Shin H, Wu D. The role of antibiotics in revision amputation: A single institution 10 year experience. *Orthoplastic Surg*. 2022;9:34–39. doi: 10.1016/j.orthop.2022.06.002
11. Fassler PR. Fingertip injuries: Evaluation and treatment. *J Am Acad Orthop Surg*. 1996;4(2):84–92. doi: 10.5435/00124635-199603000-00003
12. Tamai S. Twenty years experience of limb replantation. Review of 293 upper extremity replants. *Plast Reconstr Surg*. 1985;7(6):549–556. doi: 10.1016/s0363-5023(82)80100-7
13. Foucher G, Norris RW. Distal and very distal digital replantations. *Br J Plast Surg*. 1992;45(3):199–203. doi: 10.1016/0007-1226(92)90076-a
14. Hirase Y. Salvage of fingertip amputated at nail level: New surgical principles and treatments. *Ann Plast Surg*. 1997;38(2):151–157. doi: 10.1097/00006637-199702000-00009

15. Arata J, Ishikawa K, Soeda H. Replantation of fingertip amputation by palmar pocket method in children. *Plast Reconstr Surg*. 2011;127(3):78e–80e. doi: 10.1097/PRS.0b013e3182063665
16. Allen MJ. Conservative management of finger tip injuries in adults. *Hand*. 1980;12(3):257–265. doi: 10.1016/s0072-968x(80)80049-0
17. Evans DM, Bernadis C. A new classification for fingertip injuries. *J Hand Surg Am*. 2000;25(1):58–60. doi: 10.1054/jhsb.1999.0305
18. Vinnik SV, Pshenishov KP, Golubev IO, Afonina EA. Covering defects of fingers and hand. In: Pshenishov KP. *Course of plastic surgery*. Rybinsk: Rybinsk press house, 2010. P. 1187–1230. (In Russ.)
19. Barr JS, Chu MW, Thanik V, Sharma S. Pediatric thenar flaps: A modified design, case series and review of the literature. *J Pediatr Surg*. 2014;49(9):1433–1438. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2013.11.066
20. Mahida D. Handbook on flaps in crush injuries of the hand. In: Mahida D, editor. *Handbook on flaps in crush injuries of the hand*. India: Jaypee Brothers Medical Publishers, 2015. P. 5–6. doi: 10.5005/jp/books/12470
21. Hwang E, Park BH, Song SY, et al. Fingertip reconstruction with simultaneous flaps and nail bed grafts following amputation. *J Hand Surg Am*. 2013;38(7):1307–1314. doi: 10.1016/j.jhsa.2013.03.032
22. Boudard J, Loisel F, El Rifai S, et al. Fingertip amputations treated with occlusive dressings. *Hand Surg Rehabil*. 2019;38(4):257–261. doi: 10.1016/j.hansur.2019.06.002
23. Germann G, Rudolf KD, Levin SL, Hrabowski M. Fingertip and thumb tip wounds: changing algorithms for sensation, aesthetics, and function. *J Hand Surg*. 2017;42(4):274–284. doi: 10.1016/j.jhsa.2017.01.022
24. Lou X, Zhu H, Xue H, et al. One-stage wound healing of fingertip injuries induced by treatment of artificial dermis. *Handchir Mikrochir Plast Chir*. 2018;50(4):269–275. doi: 10.1055/s-0044-102304
25. Ramirez MA, Means KR. Digital soft tissue trauma: a concise primer of soft tissue reconstruction of traumatic hand injuries. *The Iowa Orthop J*. 2011;31:110–120.
26. Krauss EM, Lalonde DH. Secondary healing of fingertip amputations: a review. *Hand*. 2014;9(3):282–288. doi: 10.1007/s11552-014-9663-5
27. Simman R, Hermans MHE. Managing wounds with exposed bone and tendon with an esterified hyaluronic acid matrix (eHAM): A literature review and personal experience. *J Am Coll Clin Wound Spec*. 2017;9(1-3):1–9. doi: 10.1016/j.jccw.2018.04.002
28. Schultz J, Schröttner P, Leupold S, et al. Conservative treatment of fingertip injuries in children — first experiences with a novel silicone finger cap that enables woundfluid analysis. *GMS Interdiscip Plast Reconstr Surg*. 2018;7:125. doi: 10.3205/iprs000125
29. Fijan A, Hashemi A, Namazi H. A novel use of amniotic membrane for fingertip injuries. *J Wound Care*. 2014;23(5):255–258. doi: 10.12968/jowc.2014.23.5.255
30. Matsumine H, Fujimaki H, Takagi M, et al. Full-thickness skin reconstruction with basic fibroblast growth factor-impregnated collagen-gelatin sponge. *Regen Ther*. 2019;11:81–87. doi: 10.1016/j.reth.2019.06.001
31. Ng HJH, Sim J, Tey VHT, et al. Experience with the use of splint caps for the management of fingertip amputation injuries. *J Hand Surg. Asian-Pacific Vol*. 2020;25(2):199–205. doi: 10.1142/S242483552050023X
32. Duteille F, Lim A, Dautel G. Free flap coverage of upper and lower limb tissue defects in children: A series of 22 patients. *Ann Plast Surg*. 2003;50(4):344–349. doi: 10.1097/01.SAP.0000044143.36516.32
33. Dautel G, Barbary S. Mini replants: Fingertip replant distal to the IP or DIP joint. *J Plast Reconstr Aesthetic Surg*. 2007;60(7):811–815. doi: 10.1016/j.bjps.2007.02.020
34. Barbary S, Dap F, Dautel G. Finger replantation: Surgical technique and indications. *Chirurgie de la Main*. 2013;32(6):363–372. doi: 10.1016/j.main.2013.04.012
35. Lindfors N, Marttila I. Replantation or revascularisation injuries in children: Incidence, epidemiology, and outcome. *J Plast Surg Hand Surg*. 2012;46(5):359–363. doi: 10.3109/2000656X.2012.700012
36. Squitieri L, Reichert H, Kim MH, et al. Patterns of surgical care and health disparities of treating pediatric finger amputation injuries in the United States. *J Am Coll Surg*. 2011;213(4):475–485. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2011.07.017
37. Yeo CJ, Sebastin SJ, Chong AKS. Fingertip injuries. *Singapore Med J*. 2010;51(1):78–86.
38. Jazayeri L, Klausner JQ, Chang J. Distal digital replantation. *Plast Reconstr Surg*. 2013;132(5):1207–1217. doi: 10.1097/PRS.0b013e3182a3c0e7
39. Hong MK, Lee DC, Choi MS, et al. Partial second toe pulp free flaps in early childhood. *Arch Plast Surg*. 2020;47(6):590–596. doi: 10.5999/aps.2020.01137
40. Netscher DT, Meade RA. Reconstruction of fingertip amputations with full-thickness perionychial grafts from the retained part and local flaps. *Plast Reconstr Surg*. 1999;104(6):1705–1712. doi: 10.1097/00006534-199911000-00014
41. Alper N, Sood A, Granick MS. Composite graft repair for distal fingertip amputation. *Eplasty*. 2013;13:ic32.
42. Kiuchi T, Shimizu Y, Nagasao T, et al. Composite grafting for distal digital amputation with respect to injury type and amputation level. *J Plast Surg Hand Surg*. 2015;49(4):224–228. doi: 10.3109/2000656X.2015.1020314
43. Karakas AO, Yuce E. Evaluation of pediatric fingertip injuries by means of etiology, demographics and therapy. *Med Bull Sisli Hosp*. 2018;54(3):306–312. doi: 10.14744/SEMB.2018.82788
44. Nakagawa T, Kato A. Fingertip reconstruction using a duplicated thumb by means of the palmar pocket method in a child. *Plast Reconstr Surg*. 2003;112(6):1730–1732. doi: 10.1097/01.PRS.0000084561.94439.1D
45. Heistein JB, Cook PA. Factors affecting composite graft survival in digital tip amputations. *Ann Plast Surg*. 2003;50(3):299–303. doi: 10.1097/01.sap.0000037260.89312.bf
46. Lee P-K, Ahn S-T, Lim P. Replantation of fingertip amputation by using the pocket principle in adults. *Plast Reconstr Surg*. 1999;103(5):1428–1435. doi: 10.1097/00006534-199904050-00011
47. Elsahy NI. When to replant a fingertip after its complete amputation. *Plast Reconstr Surg*. 1977;60(1):11–21. doi: 10.1097/00006534-197707000-00003
48. Sohn W-I, Jung S-N, Kim S-W, et al. Reconstruction of fingertip defects with great toe pulp grafts. *Ann Plast Surg*. 2012;68(6):579–582. doi: 10.1097/SAP.0b013e31821b6c9a
49. Petrushin AL, Bragina SV. Traumas of the distal part of the forearm, wrist and hand in children: textbook. In: *Manual of the Ministry of Health of the Russian Federation, SSMU*. Arkhangelsk: Publishing house of SSMU, 2021. P. 11–12. (In Russ.)
50. Loréa P, Chahidi N, Marchesi S, et al. Reconstruction of fingertip defects with the neurovascular tranquillileali flap. *J Hand Surg Am*. 2006;31(3):280–284. doi: 10.1016/j.jhsb.2005.11.007
51. Atasoy E, Ioakimidis E, Kasdan ML, et al. Reconstruction of the amputated finger tip with a triangular volar flap. A new

- surgical procedure. *J Bone Joint Surg Am.* 1970;52(5):921–926. doi: 10.2106/00004623-197052050-00006
52. Venkataswami R, Subramanian N. Oblique triangular flap: A new method of repair for oblique amputations of the fingertip and thumb. *Plast Reconstr Surg.* 1980;66(2):296–300. doi: 10.1097/00006534-198008000-00026
53. Berezutskii SN, Pinigin AG. Treatment of children with skin and soft tissue defects of distal phalanges of the fingers. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care.* 2020;10(3):293–298. EDN: OBPZS doi: 10.17816/psaic687
54. Jackson EA. The V-Y plasty in the treatment of fingertip amputations. *Am Fam Physician.* 2001;64(3):455–458.
55. Yildirim T, Gunturk OB, Erol K, Toros T. Long-term outcomes of homodigital neurovascular island flap reconstruction of fingertip injuries in children. *J Hand Surg Eur.* 2022;47(8):845–850. doi: 10.1177/17531934221108470
56. Atasoy E, Godfrey A, Kalisman M. The “antenna” procedure for the “hook-nail” deformity. *J Hand Surg Am.* 1983;8(1):55–58. doi: 10.1016/s0363-5023(83)80053-7
57. Alexandrov AV, Vybornov DY, Goncharuk PV, et al. Hook nail deformity correction by the combination of the antenna procedure and reverse-flow homodigital island flap: Description of clinical cases. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery.* 2023;11(2):201–208. EDN: FZFHKE doi: 10.17816/PTORS321717
58. Gatewood. A plastic repair of finger defects without hospitalization. *JAMA.* 1926;87(18):1479. doi: 10.1001/jama.1926.92680180002013a
59. Flatt AE. The thenar flap. *J Bone Joint Surg Br.* 1957;39-B(1):80–85. doi: 10.1302/0301-620X.39B1.80
60. Panattoni JB, De Ona IR, Ahmed MM. Reconstruction of fingertip injuries: Surgical tips and avoiding complications. *J Hand Surg Am.* 2015;40(5):1016–1024. doi: 10.1016/j.jhsa.2015.02.010
61. Melone CP Jr, Beasley RW, Carstens JH Jr. The thenar flap — An analysis of its use in 150 cases. *J Hand Surg Am.* 1982;7(3):291–297. doi: 10.1016/s0363-5023(82)80182-2
62. Gudim M, Pangman WJ. The repair of surface defects of fingers by trans-digital flaps. *Plast Reconstr Surg.* 1950;5(4):368. doi: 10.1097/00006534-195004000-00011
63. Cronin TD. The cross finger flap: a new method of repair. *Am Surg.* 1951;17(5):419–425.
64. Adamson JE, Horton CE, Crawford HH, Adamson J. Sensory rehabilitation of the injured thumb. *Plast Reconstr Surg.* 1967;40(1):53–57. doi: 10.1097/00006534-196707000-00008
65. Braga-Silva J, Kuyven CR, Fallopa F, Albertoni W. An anatomical study of the dorsal cutaneous branches of the digital arteries. *J Hand Surg Am.* 2002;27(6):577–579. doi: 10.1054/jhsb.2002.0830
66. Lim JX, Chung KC. VY Advancement, thenar flap, and cross-finger flaps. *Hand Clin.* 2020;36(1):19–32. doi: 10.1016/j.hcl.2019.08.003
67. Kim DH, Seo KB, Lee SH, et al. Reverse digital artery cross-finger flap for reconstruction of failed finger replantation. *J Orthop Surg.* 2019;27(1):2309499018816773. doi: 10.1177/2309499018816773
68. Bunnell S. Digit transfer by neurovascular pedicle. *J Bone Joint Surg Am.* 1952;34(4):772–774. doi: 10.2106/00004623-195234040-00002
69. Moberg E. Aspects of sensation in reconstructive surgery of the upper extremity. *J Bone Joint Surg Am.* 1964;46(4):817–825. doi: 10.2106/00004623-196446040-00011
70. Littler JW. The neurovascular pedicle method of digital transposition for reconstruction of the thumb. *Plast Reconstr Surg.* 1953;12(5):303–319. doi: 10.1097/00006534-195311000-00001
71. Tubiana R, Duparc J, Moreau C. Restoration of sensibility at the level of the hand by transfer of a heterodigital cutaneous transplant possessing its vasculo-nervous pedicle. *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot.* 1960;46:163–178.
72. Lai C-S, Lin S-D, Yang C-C. The reverse digital artery flap for fingertip reconstruction. *Ann Plast Surg.* 1989;22(6):495–500. doi: 10.1097/0000637-198906000-00005
73. Regmi S, Gu J-X, Zhang N-C, Liu H-J. A systematic review of outcomes and complications of primary fingertip reconstruction using reverse-flow homodigital island flaps. *Aesthetic Plast Surg.* 2016;40(2):277–283. doi: 10.1007/s00266-016-0624-y
74. Sebastin SJ, Chung KC. A systematic review of the outcomes of replantation of distal digital amputation. *Plast Reconstr Surg.* 2011;128(3):723–737. doi: 10.1097/PRS.0b013e318221dc83
75. Adani R, Busa R, Pancaldi G, Caroli A. Reverse neurovascular homodigital island flap. *Ann Plast Surg.* 1995;35(1):77–82. doi: 10.1097/0000637-199507000-00015
76. Yazar M, Aydın A, Kurt Yazar S, et al. Sensory recovery of the reverse homodigital island flap in fingertip reconstruction: A review of 66 cases. *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2010;44(5):345–351. doi: 10.3944/AOTT.2010.2351
77. Acar MA, Güzel Y, Güleç A, et al. Reconstruction of multiple fingertip injuries with reverse flow homodigital flap. *Injury.* 2014;45(10):1569–1573. doi: 10.1016/j.injury.2014.06.009
78. Han SK, Lee BI, Kim WK. The reverse digital artery island flap: Clinical experience in 120 fingers. *Plast Reconstr Surg.* 1998;101(4):1006–1011. doi: 10.1097/00006534-199804040-00018
79. Alexandrov AV, Smirnov AA, Gonchuk PV. Fingertip defects coverage using reverse-flow homodigital island flaps. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery.* 2021;9(2):221–228. EDN: QFDCFC doi: 10.17816/PTORS57059
80. Alexandrov AV, Goncharuk PV, Idris LY, et al. A complex soft tissue reconstruction of distal phalanges in children. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care.* 2021;11(1):27–38. EDN: EPXKLE doi: 10.17816/psaic701
81. Sun YC, Chen QZ, Chen J, et al. Prevalence, characteristics and natural history of cold intolerance after the reverse digital artery flap. *J Hand Surg Eur.* 2016;41(2):171–176. doi: 10.1177/1753193415596438
82. Sindhu K, DeFroda SF, Harris AP, Gil JA. Management of partial fingertip amputation in adults: Operative and non operative treatment. *Injury.* 2017;48(12):2643–2649. doi: 10.1016/j.injury.2017.10.042
83. Takeda A, Fukuda R, Takahashi T, et al. Fingertip reconstruction by nail bed grafting using thenar flap. *Aesthetic Plast Surg.* 2002;26(2):142–145. doi: 10.1007/s00266-002-1470-7
84. Kusuvara H, Ichinohashi K, Sueyoshi Y, et al. Reconstruction of severely crushed fingertip amputations with basic fibroblast growth factor slow release system. *Plast Reconstr Surg — Global Open.* 2017;5(6):e1384. doi: 10.1097/GOX.0000000000001384
85. Alexandrov AV, Goncharuk PV, Evdokimov AN, et al. Two clinical cases of the reconstruction of distal phalanges of hand in children by combination of the regional flap and scrap bone and nailbed graft. *Pediatric Traumatology, Orthopaedics and Reconstructive Surgery.* 2022;10(3):277–284. EDN: NVWNDL doi: 10.17816/PTORS108022
86. Hu H, Chen H, Hong J, et al. Propeller perforator flaps from the dorsal digital artery perforator chain for repairing soft tissue defects of the finger. *BMC Surg.* 2019;19(1):188. doi: 10.1186/s12893-019-0649-7

## ОБ АВТОРАХ

**Александр Владимирович Александров;**  
ORCID: 0000-0002-6110-2380; eLibrary SPIN: 5229-0038;  
e-mail: alexmicrosur@mail.ru

**\*Павел Викторович Гончарук;** адрес: Россия, 103001, Москва,  
ул. Садовая-Кудринская, д. 15; ORCID: 0000-0002-9560-037X;  
eLibrary SPIN: 6801-9875; e-mail: goncharukpavel@yandex.ru

**Ламия Яссер Идрис;** ORCID: 0000-0002-4902-7939;  
eLibrary SPIN: 1193-7787; e-mail: idrislamiya@mail.ru

**Всеволод Витальевич Рыбчѐнок,** д-р мед. наук;  
ORCID: 0000-0001-9635-891X; eLibrary SPIN: 2545-8675;  
e-mail: sevasurgeon@gmail.com

**Александр Андреевич Смирнов;** ORCID: 0000-0002-7274-8291;  
eLibrary SPIN: 4994-9364; e-mail: smirnov\_aan@bk.ru

**Руслан Асланчѐриевич Хагуров,** канд. мед. наук;  
ORCID: 0000-0001-7944-8438; eLibrary SPIN: 2428-5302;  
e-mail: dr.khagurov@gmail.com

## AUTHORS INFO

**Alexander V. Alexandrov,** MD; ORCID: 0000-0002-6110-2380;  
eLibrary SPIN: 5229-0038; e-mail: alexmicrosur@mail.ru

**\*Pavel V. Goncharuk,** MD; address: 15 Sadovaya-Kudrinskaya st.,  
Moscow, 103001, Russia; ORCID: 0000-0002-9560-037X;  
eLibrary SPIN: 6801-9875; e-mail: goncharukpavel@yandex.ru

**Lamiya Ya. Idris,** MD; ORCID: 0000-0002-4902-7939;  
eLibrary SPIN: 1193-7787; e-mail: idrislamiya@mail.ru

**Vsevolod V. Rybchenok,** MD, Dr. Sci. (Medicine);  
ORCID: 0000-0001-9635-891X; eLibrary SPIN: 2545-8675;  
e-mail: sevasurgeon@gmail.com

**Alexander A. Smirnov,** MD; ORCID: 0000-0002-7274-8291;  
eLibrary SPIN: 4994-9364; e-mail: smirnov\_aan@bk.ru

**Ruslan A. Khagurov,** MD, Cand. Sci. (Medicine);  
ORCID: 0000-0001-7944-8438; eLibrary SPIN: 2428-5302;  
e-mail: dr.khagurov@gmail.com

---

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1772>

# Робот-ассистированная дистальная панкреатэктомия с сохранением селезенки при лечении ребенка с солидной псевдопапиллярной опухолью

Ю.А. Козлов<sup>1-3</sup>, С.С. Полоян<sup>1,3</sup>, Э.В. Сапунин<sup>1</sup>, А.С. Страшинский<sup>1</sup>, М.В. Макарошкина<sup>1</sup>,  
А.А. Марчук<sup>1</sup>, А.П. Рожанский<sup>3</sup>, А.А. Быргазов<sup>1</sup>, С.А. Муравьев<sup>3</sup>, А.Н. Наркевич<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup> Детская областная клиническая больница, Иркутск, Россия;

<sup>2</sup> Иркутская государственная медицинская академия последипломного образования, Иркутск, Россия;

<sup>3</sup> Иркутский государственный медицинский университет, Иркутск, Россия;

<sup>4</sup> Южно-Уральский государственный медицинский университет, Челябинск, Россия;

<sup>5</sup> Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, Красноярск, Россия

## АННОТАЦИЯ

Применение роботов в хирургии поджелудочной железы предлагает несколько преимуществ в качестве дополнения к лапароскопической хирургии, включая повышенную маневренность при работе роботическими инструментами и трехмерную визуализацию. Использование робот-ассистированной дистальной панкреатэктомии с сохранением селезенки у детей представлено только двумя случаями в мире. Объектом лечения являлся мальчик в возрасте 11 лет, который поступил в детскую больницу с жалобами на рецидивирующую боль в верхних отделах живота. Диагноз «опухоль поджелудочной железы» был установлен на основании ультразвукового исследования и подтвержден с помощью магнитно-резонансной томографии, которая выявила на границе тела и хвоста поджелудочной железы хорошо очерченное гетерогенное образование, размерами 2,28×2,73×2,62 см с компрессией вирсунгова протока. Хирургическое вмешательство было выполнено с помощью хирургического робота Versius производства компании CMR (Великобритания). Деликатными действиями производилась мобилизация селезеночных сосудов, проведение турникета вокруг тела поджелудочной железы и ее пересечение с использованием степлера на границе здоровых тканей. Длительность хирургического вмешательства составила 340 мин. Из них длительность инсталляции робота (время докинга) занимала 15 мин. Основное консольное время — 325 мин. В ходе операции не отмечено серьезных осложнений в виде кровотечения или повреждения соседних с поджелудочной железой сосудистых структур. Гистологическое исследование опухоли подтвердило диагноз солидной псевдопапиллярной опухоли. После операции состояние пациента было стабильным. Восстановление протекало без осложнений. Магнитно-резонансная томография брюшной полости, выполненная через 6 мес. после операции, не выявила признаков рецидива заболевания. Робот-ассистированная операция является приемлемой альтернативой лапароскопической и открытой операции у пациентов с солидной псевдопапиллярной опухолью поджелудочной железы, поскольку робот предоставляет дополнительные преимущества, заключающиеся в улучшенном 3D-изображении, повышенной маневренности при работе инструментами и фильтрации тремора рук.

**Ключевые слова:** солидная псевдопапиллярная опухоль; поджелудочная железа; дистальная панкреатэктомия с сохранением селезенки; робот-ассистированная хирургия; дети; клинический случай.

## Как цитировать

Козлов Ю.А., Полоян С.С., Сапунин Э.В., Страшинский А.С., Макарошкина М.В., Марчук А.А., Рожанский А.П., Быргазов А.А., Муравьев С.А., Наркевич А.Н. Робот-ассистированная дистальная панкреатэктомия с сохранением селезенки при лечении ребенка с солидной псевдопапиллярной опухолью // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 121–130. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1772>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1772>

# Robot-assisted distal pancreatectomy with spleen preservation in the treatment of a child with a solid pseudopapillary tumor

Yuri A. Kozlov<sup>1-3</sup>, Simon S. Poloyan<sup>1,3</sup>, Eduard V. Sapukhin<sup>1</sup>, Aleksey S. Strashinsky<sup>1</sup>, Marina V. Makarochkina<sup>1</sup>, Andrey A. Marchuk<sup>1</sup>, Alexander P. Rozhanski<sup>3</sup>, Anton A. Byrgazov<sup>1</sup>, Sergey A. Muravev<sup>3</sup>, Artem N. Narkevich<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup> Children's Regional Clinical Hospital, Irkutsk, Russia;

<sup>2</sup> Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education, Irkutsk, Russia;

<sup>3</sup> Irkutsk State Medical University, Irkutsk, Russia;

<sup>4</sup> South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia;

<sup>5</sup> Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russia

## ABSTRACT

The use of robots in pancreatic surgery offers several advantages as an adjunct to laparoscopic surgery, including increased maneuverability of robotic instruments and three-dimensional (3D) visualization. To our knowledge, only two cases of robot-assisted distal pancreatectomy with spleen preservation in children have been reported worldwide. In this study, the patient was an 11-year-old boy who was admitted to a children's hospital with complaints of recurrent upper abdominal pain. He was diagnosed with pancreatic tumor based on ultrasound findings. It was confirmed by magnetic resonance imaging, which revealed a well-defined heterogeneous formation at the border of the body and tail of the pancreas, measuring 2.28 × 2.73 × 2.62 cm with compression of the Wirsung duct. The surgical intervention was performed using a surgical robot VERSIUS (CMR, (UK)). Splenic vessels were mobilized carefully, a tourniquet was placed around the body of the pancreas, and it was intersected using a stapler at the border of healthy tissue. The surgical intervention took 340 min, including robot installation time (docking time) of 15 min and a main console time of 325 min. No serious intraoperative complications, such as bleeding or damage to the vascular structures adjacent to the pancreas (branches of the celiac trunk and portal vein), were noted. Histological examination of the tumor confirmed the diagnosis of a solid pseudopapillary tumor. After surgery, the patient's condition was stable. Recovery proceeded without complications. Magnetic resonance imaging of the abdominal cavity, which was performed 6 months after surgery, revealed no signs of disease recurrence. Robot-assisted surgery is an acceptable alternative to laparoscopic and open surgery for patients with solid pseudopapillary pancreatic tumors because robots offer additional connections, enable closure in improved 3D imaging, increase dexterity when handling instruments, and eliminate of hand tremors.

**Keywords:** solid pseudopapillary tumor; pancreas; distal pancreatectomy with spleen preservation; robot-assisted surgery; children; case report.

## To cite this article

Kozlov YuA, Poloyan SS, Sapukhin EV, Strashinsky AS, Makarochkina MV, Marchuk AA, Rozhanski AP, Byrgazov AA, Muravev SA, Narkevich AN. Robot-assisted distal pancreatectomy with spleen preservation in the treatment of a child with a solid pseudopapillary tumor. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):121–130. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1772>

Received: 12.01.2024

Accepted: 27.02.2024

Published: 28.03.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1772>

# 机器人辅助并保留脾脏的胰腺远端切除术治疗小儿实性假乳头状瘤

Yuri A. Kozlov<sup>1-3</sup>, Simon S. Poloyan<sup>1,3</sup>, Eduard V. Sapukhin<sup>1</sup>, Aleksey S. Strashinsky<sup>1</sup>, Marina V. Makarochkina<sup>1</sup>, Andrey A. Marchuk<sup>1</sup>, Alexander P. Rozhanski<sup>3</sup>, Anton A. Byrgazov<sup>1</sup>, Sergey A. Muravev<sup>3</sup>, Artem N. Narkevich<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup> Children's Regional Clinical Hospital, Irkutsk, Russia;

<sup>2</sup> Irkutsk State Medical Academy of Postgraduate Education, Irkutsk, Russia;

<sup>3</sup> Irkutsk State Medical University, Irkutsk, Russia;

<sup>4</sup> South Ural State Medical University, Chelyabinsk, Russia;

<sup>5</sup> Voino-Yasenetsky Krasnoyarsk State Medical University, Krasnoyarsk, Russia

## 摘要

机器人作为腹腔镜手术的辅助手段，在胰腺手术中的应用具有多种优势，包括提高机器人仪器的可操作性和三维可视性。在儿童中使用机器人辅助并保留脾脏的远端胰腺切除术，在全世界仅有两例。治疗对象是一名 11 岁的男孩，他因上腹出现反复疼痛而住进一家儿童医院。根据超声波检查确诊为胰腺肿瘤，并通过磁共振成像进行了确诊。磁共振成像显示，在胰腺体和胰尾交界处有一个圆形异质肿块，大小为 2.28 × 2.73 × 2.62 厘米，压迫了室间隔导管。手术使用英国 CMR 公司生产的 Versius 手术机器人进行。使用精细的操作移动脾脏血管，引导止血带绕过胰腺体，并在健康组织边界使用吻合器将其穿过。手术时间为 340 分钟。其中，机器人安装时间（对接时间）为 15 分钟。主控台时间为 325 分钟。手术期间未发现出血或胰腺邻近血管结构受损等严重并发症。肿瘤的组织学检查确诊为实性假乳头状肿瘤。术后，患者病情稳定。术后恢复顺利，未出现并发症。术后 6 个月进行的腹腔磁共振成像检查没有发现疾病复发的迹象。机器人辅助手术对于实性假乳头状胰腺肿瘤患者来说是腹腔镜手术和开腹手术的可接受替代方案。机器人还具有改善三维成像、提高仪器可操作性和过滤手颤等优势。

**关键词:** 实性假乳头状瘤; 胰腺; 保留脾脏的胰腺远端切除术; 机器人辅助手术; 儿童; 临床病例。

## 引用本文

Kozlov YuA, Poloyan SS, Sapukhin EV, Strashinsky AS, Makarochkina MV, Marchuk AA, Rozhanski AP, Byrgazov AA, Muravev SA, Narkevich AN. 机器人辅助并保留脾脏的胰腺远端切除术治疗小儿实性假乳头状瘤. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):121-130. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1772>

收到: 12.01.2024

接受: 27.02.2024

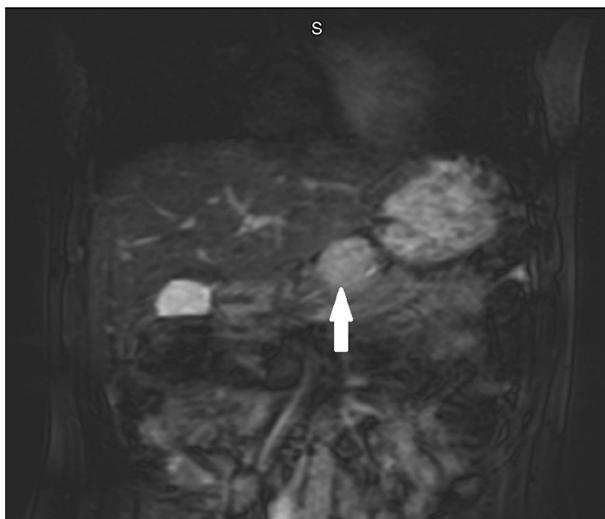
发布日期: 28.03.2024

## ВВЕДЕНИЕ

СOLIDНАЯ псевдопапиллярная опухоль (СППО) поджелудочной железы (ПЖ) представляет собой редкую опухоль желудочно-кишечного тракта, которая составляет менее 3 % всех экзокринных опухолей ПЖ у детей [1]. СППО чаще всего имеет четкие границы и располагается в хвосте или теле ПЖ, встречаясь реже в головке. Эта опухоль обладает низким потенциалом злокачественности и только в 10–15 % случаев является злокачественной [2, 3].

Хирургическая резекция — стандартный метод лечения, который дает отличный послеоперационный прогноз [4, 5]. Лапароскопические операции на ПЖ при СППО появились относительно недавно [6, 7]. Первая серия случаев лапароскопической дистальной панкреатэктомии (ЛДП) была представлена А. Cavallini и соавт. [8], которые сообщили о ее безопасности и осуществимости в качестве хирургического метода лечения СППО. Однако технические сложности лапароскопической хирургии ПЖ привели к ее медленному распространению. В настоящее время эти процедуры находятся в руках ограниченного круга высококвалифицированных хирургов [6, 7].

Робот-ассистированная хирургия — новый метод лечения новообразований ПЖ. Использование робот-ассистированной дистальной панкреатэктомии (РДП) с сохранением селезенки у детей представлено только двумя случаями в мире, в одном — по поводу инсулиномы [9], а втором — в связи с СППО [10]. Применение роботов в хирургии ПЖ предлагает несколько преимуществ в качестве дополнения к лапароскопической хирургии, включая повышенную маневренность при работе роботическими инструментами и трехмерную визуализацию [11]. В настоящей статье мы сообщаем об использовании РДП у ребенка с СППО ПЖ, расположенной в ее теле.



**Рис. 1.** Магнитно-резонансная томография брюшной полости. Стрелка демонстрирует расположение опухоли  
**Fig. 1.** Abdominal magnetic resonance imaging. The arrow shows the tumor location

## ОПИСАНИЕ КЛИНИЧЕСКОГО СЛУЧАЯ

Мы приводим описание одного случая лечения СППО ПЖ, выполненного с использованием робот-ассистированной техники у ребенка, находившегося в Иркутской государственной областной детской клинической больнице.

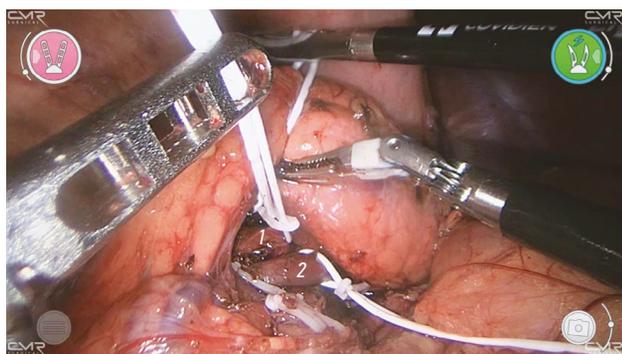
Мальчик в возрасте 11 лет поступил в больницу с жалобами на рецидивирующую боль в верхних отделах живота на протяжении 2 мес. Другие симптомы включали лихорадку неясного происхождения и несколько эпизодов рвоты. Физикальное обследование выявило мягкий, не вздутый живот с минимальной болезненностью в верхних этажах брюшной полости. Ультразвуковое исследование (УЗИ) брюшной полости обнаружило опухолевое образование в ПЖ. Магнитно-резонансная томография (МРТ) брюшной полости выявила на границе тела и хвоста ПЖ хорошо очерченное гетерогенное образование, размерами 2,28 × 2,73 × 2,62 см с компрессией вирсунгова протока (рис. 1).

Предоперационное обследование, включавшее рентгенограмму грудной клетки и исследование маркеров опухоли ПЖ (хромогранин А, СА199 и СА125), не обнаружило отклонений от нормы. Предполагаемый диагноз СППО ПЖ и ее расположение на границе тела и хвоста предопределили выбор хирургического метода лечения в качестве стартовой процедуры. От пациента и его родителей было получено информированное согласие на проведение РДП.

Робот-ассистированную дистальную панкреатэктомию с сохранением селезенки выполняли с помощью хирургического робота Versius производства компании CMR (Великобритания). Роботизированная система Versius представляет собой модульную открытую роботическую платформу с инструментами, способными проходить через 5-мм лапароскопические порты. Она состоит из комбинации модулей — одного визуализационного и нескольких инструментальных, позволяющих свободно располагать их вокруг пациента, обеспечивая доступ к пациенту в любое время.

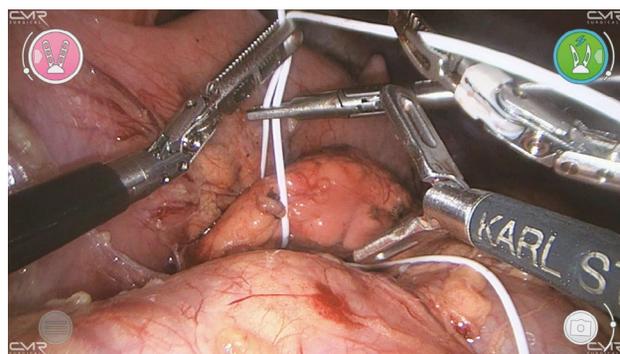
Консоль хирурга располагают в операционной так, чтобы хирург-оператор видел пациента боковым зрением постоянно. Монитор для хирурга-ассистента размещают со стороны головы пациента. Визуализационный блок располагают со стороны передней брюшной стенки пациента, инструментальные блоки — краниально с правой и левой стороны от визуализационного блока таким образом, чтобы не было конфликта между манипуляторами.

Пациент располагался на операционном столе в положении на спине. Выполняли карбоперитонеум с предустановленными параметрами инфуляции (поток 5 л/мин, давление 12 мм рт. ст.), используя иглу Veress, введенную через пупочный разрез. После нагнетания углекислого газа в брюшную полость устанавливали роботические порты. Ниже пупка на 3 см размещался оптический троакар диаметром 12 мм. Два других роботических порта



**Рис. 2.** Робот-ассистированная дистальная панкреатэктомия с сохранением селезенки — этап выделения сосудов селезенки. 1 — артерия; 2 — вена

**Fig. 2.** Robot-assisted distal pancreatectomy with spleen preservation: isolation of the vessels of the spleen. 1 — artery; 2 — vein



**Рис. 3.** Робот-ассистированная дистальная панкреатэктомия с сохранением селезенки — этап проведения петли вокруг тела поджелудочной железы

**Fig. 3.** Robot-assisted distal pancreatectomy with spleen preservation: placement of a loop around the body of the pancreas

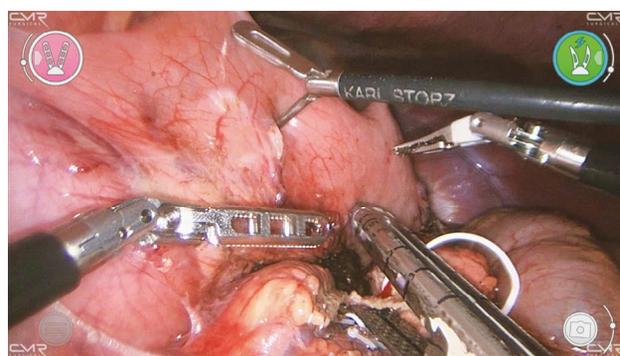
диаметром 5 мм, предназначенных для введения инструментов, устанавливали справа и слева от оптического троакара в правом и левом верхних квадрантах брюшной стенки. Дополнительно устанавливали два порта для ассистенции в ходе операции: один из них диаметром 12 мм — между оптическим и правым инструментальным портами для введения степлера, другой — в левом подреберье для аспирации и доставки к месту операции клипс и гемостатической субстанции.

Первым этапом рассекали желудочно-ободочную связку, чтобы обеспечить доступ в полость малого сальника. На заднюю стенку желудка накладывали 3 транспариетальных якорных шва, чтобы подтянуть желудок вверх. Это позволило визуализировать ткань ПЖ. Начиная сверху, а затем продвигаясь вниз, путем тупой диссекции освобождали границы тела и дистального отдела ПЖ до проксимальной границы опухоли. Затем идентифицировали селезеночные артерию и вену (рис. 2).

Селезеночные артерию и вену осторожно освобождали и брали на сосудистые турникеты. Вокруг тела ПЖ на границе опухоли проводили пластиковую петлю, чтобы приподнять ПЖ над сосудами и обеспечить адекватный край резекции опухоли (рис. 3).

Для пересечения тела ПЖ использовали степлер EndoGia длиной 60 мм (Medtronic, США) с загрузкой кассеты синего цвета, скобки 3,0 мм (рис. 4). Удаленная ткань ПЖ вместе с опухолью погружали в контейнер EndoCatch диаметром 10 мм (Medtronic, США) и транспортировали наружу. Оптическую систему и все инструменты извлекали из брюшной полости, а лапароцентезные отверстия герметизировали путем наложения абсорбирующихся швов.

Длительность хирургического вмешательства составила 340 мин. Из них длительность инсталляции робота (время докинга) — 15 мин. Основное консольное время — 325 мин. В ходе операции не было отмечено сколько-нибудь серьезных осложнений в виде кровотечения или повреждения соседних с ПЖ сосудистых структур



**Рис. 4.** Робот-ассистированная дистальная панкреатэктомия с сохранением селезенки — этап пересечения тела поджелудочной железы с использованием степлера

**Fig. 4.** Robot-assisted distal pancreatectomy with spleen preservation: transection of the body of the pancreas using a stapler

(ветви чревного ствола и воротной вены). Гистологическое исследование опухоли подтвердило диагноз СППО.

После окончания операции пациент находился в палате интенсивной терапии на протяжении периода, когда у него восстанавливалось сознание и он начинал самостоятельно принимать пищу. Длительность пребывания в палате интенсивной терапии составила 3 сут. Старт жидкой диеты был осуществлен на следующие сутки после операции. Полностью на твердую диету пациент перешел на 5-е сутки послеоперационного периода. После операции состояние пациента было стабильным. Восстановление протекало без осложнений. Пациент был выписан из больницы на 7-й день после операции.

Послеоперационное наблюдение включало клиническую оценку, УЗИ и МРТ брюшной полости через 6 мес. после операции. Объективная оценка эффективности выполненной операции базировалась на исчезновении симптомов заболевания и отсутствии рецидива опухоли на контрольной МРТ.

## ОБСУЖДЕНИЕ

Опухоли ПЖ у детей встречаются очень редко [12]. Первичные опухоли могут иметь эпителиальное или неэпителиальное происхождение. Панкреатобластома и СППО — наиболее распространенные эпителиальные опухоли у детей, тогда как протоковая аденокарцинома и ацинарно-клеточная карцинома, имеющие неэпителиальное происхождение, встречаются гораздо реже [13].

Наиболее частыми проявлениями опухолей ПЖ являются боль в животе и/или бессимптомное образование в верхней части живота, обнаруженное случайно на УЗИ или компьютерной томографии [14]. Более 15 % детей с СППО не имеют симптомов [10]. Эти опухоли наиболее часто обнаруживаются у пациентов женского пола — примерно в 90 % случаев [1]. При этом заболевании обычно нет признаков дисфункции ПЖ или повышенного уровня опухолевых маркеров [15]. Дифференциальный диагноз включает псевдокисты и другие кистозные или солидные новообразования ПЖ. КТ или МРТ брюшной полости наиболее точно устанавливают происхождение опухоли и ее морфологическую предрасположенность к СППО [15].

Дистальная резекция ПЖ используется для лечения опухолей тела и хвоста ПЖ, особенно если опухоль имеет большие размеры [10]. Центральная резекция с дистальным панкреатоюно- или панкреатогастроанастомозом используется при опухолях, расположенных в теле ПЖ [6, 7]. Панкреатодуоденэктомия становится необходимой при локализации СППО в головке ПЖ [16].

Дистальная панкреатэктомия включает как панкреатоспленэктомию, так и дистальную резекцию ПЖ с сохранением селезенки и обычно выполняется открытым способом [9]. Дистальная резекция ПЖ с сохранением селезенки позволяет полностью сохранить физиологическую структуру и функцию селезенки, предотвратить послеоперационный тромбоцитоз, тромбозы, пневмококковый сепсис, инфаркт селезенки, абсцесс селезенки, варикозно-расширенное расширение вен желудка и другие осложнения. Она применима к небольшим или хорошо дифференцированным опухолям, расположенным в теле и хвосте ПЖ.

В целом, резекция ПЖ с сохранением селезенки считается предпочтительной процедурой у пациентов, которым планируется операция в тех случаях, когда нет вовлечения опухоли в селезеночные сосуды [17], что подтверждается опросом 2018 г., согласно которому 82,5 % взрослых хирургов пытаются выполнить процедуру дистальной панкреатэктомии с сохранением селезенки, если это возможно [18].

Со временем ЛДП заменила открытые операции при лечении солидных новообразований у взрослых пациентов. Однако редкость встречаемости панкреатических опухолей у детей ограничивает использование минимально инвазивных технологий детскими хирургами ввиду сложной техники оперативного вмешательства

и длительной кривой обучения, составляющая, по данным некоторых авторов, 25 операций [19].

Тем не менее нечасто встречающиеся сообщения указывают на то, что ЛДП у детей осуществима, безопасна и приводит к быстрому выздоровлению без значительных осложнений [20, 21].

С появлением роботических технологий, вектор хирургии изменился в сторону робот-ассистированных вмешательств. Обладая всеми достоинствами классической лапароскопии, роботические системы предложили хирургам новые преимущества, такие как 3D-визуализация структур, лучшая эргономика и маневренность инструментов.

Ретроспективное исследование результатов лечения 45 взрослых пациентов, проведенное С. Kang и соавт. [22], обнаружило значительно повышенный уровень сохранения селезенки при использовании роботизированного подхода (95 % против 64 % при использовании лапароскопии). О ценности сохранения селезенки при дистальной резекции ПЖ ранее сообщали М. Shour и соавт. [23], которые установили, что после спленэктомии значительно увеличиваются частота послеоперационного сепсиса, кровопотери и продолжительность пребывания пациентов в стационаре.

Несколько хирургических групп представили результаты РДП с сохранением селезенки у детей. Общее количество выполненных таким методом процедур составило всего 2 случая. Одному пациенту РДП выполняли в связи с инсулиномой хвоста ПЖ [9], другому — по поводу СППО [10]. Авторы сообщили о сопоставимых результатах в отношении осложнений и эффективности лечения в сравнении с лапароскопической процедурой. Длительность операции составила соответственно 155 и 277 мин. В качестве роботической платформы использовали систему da Vinci Surgical System (Intuitive Surgical, США).

Еще одним преимуществом роботизированного подхода является снижение частоты перехода к лапаротомии. Согласно данным М. Daouadi и соавт. [24], при использовании робота частота конверсии в открытые процедуры составила 0 % против 16 % после применения лапароскопии. В нашем случае мы считаем, что высокое увеличение и 3D-визуализация роботизированной камеры, а также повышенная маневренность роботизированных инструментов были ключевыми элементами, позволившими аккуратно отделить сосуды селезенки от дистальной части ПЖ и сохранить селезенку. Очевидно, что робот-ассистированная операция является приемлемой альтернативой лапароскопической и открытой операции у пациентов с СППО ПЖ, поскольку робот предоставляет дополнительные преимущества, заключающиеся в улучшенном 3D-изображении, повышенной маневренности при работе инструментами и фильтрации тремора рук. По нашему мнению, после надлежащего отбора пациентов и интраоперационной визуализации, РДП с сохранением селезенки можно считать правильным выбором для лечения СППО, локализованной в хвосте или теле ПЖ.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем исследовании сообщается об одном случае минимально инвазивного лечения СППО, расположенной на границе хвоста и тела ПЖ. Этот подход был успешно реализован с помощью РДП с сохранением селезенки. Преимущества, обеспечиваемые роботизированным подходом, в том числе улучшенная маневренность инструментов и трехмерная визуализация, позволяют использовать его в качестве безопасной и эффективной альтернативы открытой или лапароскопической дистальной панкреатэктомии у педиатрических пациентов. Стоит заметить, что на сегодняшний день данных о результатах этого хирургического вмешательства недостаточно, чтобы рекомендовать его для широкого применения. Поэтому необходимы дальнейшие исследования, чтобы подтвердить эти предварительные выводы.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Личный вклад каждого автора: Ю.А. Козлов — хирургическое лечение пациента, обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание текста и редактирование статьи; С.С. Полоян — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников; Э.В. Сапухин — хирургическое лечение пациента; А.С. Страшинский — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников; М.В. Макарошкина — составление и сбор согласий пациента и его законных представителей на медицинское вмешательство; А.А. Марчук — курация пациента; А.П. Рожанский — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание текста и редактирование статьи; А.А. Быргазов — проведение лучевых методов диагностики и интерпретация их данных; С.А. Муравьев — сбор литературных источников; А.Н. Наркевич — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Papavramidis T., Papavramidis S. Solid pseudopapillary tumors of the pancreas: review of 718 patients reported in English literature // *J Am Coll Surg*. 2005. Vol. 200, N. 6. P. 965–972. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2005.02.011
2. Mao C., Guvendi M., Domenico D.R., et al. Papillary cystic and solid tumors of the pancreas: a pancreatic embryonic tumor? Studies of three cases and cumulative review of the world's literature // *Surgery*. 1995. Vol. 118, N. 5. P. 821–828. doi: 10.1016/s0039-6060(05)80271-5
3. Kang C.M., Kim K.S., Choi J.S., et al. Solid pseudopapillary tumor of the pancreas suggesting malignant potential // *Pancreas*. 2006. Vol. 32, N. 3. P. 276–280. doi: 10.1097/01.mpa.0000202956.41106.8a
4. Рябов А.Б., Поддубный И.В., Трунов В.О., и др. Лапароскопические операции при солидных псевдопапилляр-

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

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

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

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors' contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. Personal contribution of each author: Yu.A. Kozlov — surgical treatment of the patient, literature review, collection and analysis of literary sources, writing the text and editing the article; S.S. Poloyan — literature review, collection and analysis of literary sources; E.V. Sapukhin — surgical treatment of the patient; A.S. Strashinsky — literature review, collection and analysis of literary sources; M.V. Makarochkina — drawing up and collecting consents of the patient and his legal representatives for medical intervention; A.A. Marchuk — patient supervision; A.P. Rozhanski — literature review, collection and analysis of literary sources, writing the text and editing the article; A.A. Byrgazov — carrying out radiological diagnostic methods and interpreting their data; S.A. Muravev — collection of literary sources; A.N. Narkevich — literature review, collection and analysis of literary sources.

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

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

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

ных опухолях поджелудочной железы у детей // *Эндоскопическая хирургия*. 2022. Т. 28, № 5. С. 13–22. EDN: VEUNJV doi: 10.17116/endoskop20222805113

5. Vollmer C.M. Jr., Dixon E., Grant D.R. Management of a solid pseudopapillary tumor of the pancreas with liver metastases // *HPB (Oxford)*. 2003. Vol. 5, N. 4. P. 264–267. doi: 10.1080/13651820310001397

6. Соколов Ю.Ю., Стоногин С.В., Тимахович Е.В., и др. Лапароскопическая резекция поджелудочной железы у детей с солидной псевдопапиллярной опухолью // *Детская хирургия*. 2010. № 5. С. 52–53. EDN: MVVBGX

7. Разумовский А.Ю., Алхасов М.Б., Митупов З.Б., и др. Демонстрация: лапароскопическое удаление солидной псевдопапиллярной опухоли поджелудочной железы // *Российский вестник*

детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2015. Т. 5, № 2. С. 111–114. EDN: UCDNFV

8. Cavallini A, Butturini G, Daskalaki D, et al. Laparoscopic pancreatotomy for solid pseudo-papillary tumors of the pancreas is a suitable technique; our experience with long-term follow-up and review of the literature // *Ann Surg Oncol*. 2011. Vol. 18, N. 2. P. 352–357. doi: 10.1245/s10434-010-1548-4

9. Hu M.-G., Xiao Y.-H., Song D.-D., et al. First experience of robotic spleen-preserving distal pancreatectomy in a child with insulinoma // *World J Surg Oncol*. 2017. Vol. 15, N. 1. ID 199. doi: 10.1186/s12957-017-1265-6

10. Lalli R, Merritt N, Schlachta C.M., Bütter A. Robotic-assisted, spleen-preserving distal pancreatectomy for a solid pseudopapillary tumour in a pediatric patient: a case report and review of the literature // *J Robot Surg*. 2019. Vol. 13, N. 2. P. 325–329. doi: 10.1007/s11701-018-0835-0

11. Fernandes E, Giulianotti P.C. Robotic-assisted pancreatic surgery // *J Hepatobiliary Pancreat Sci*. 2013. Vol. 20, N. 6. P. 583–589. doi: 10.1007/s00534-013-0615-1

12. Seer.cancer.gov [Электронный ресурс]. The Surveillance, Epidemiology, and End Results (SEER) [дата обращения: 11.01.2024]. Режим доступа: <http://www.seer.cancer.gov>

13. Shorter N.A., Glick R.D., Klimstra D.S., et al. Malignant pancreatic tumors in childhood and adolescence: The Memorial Sloan-Kettering experience, 1967 to present // *J Pediatr Surg*. 2002. Vol. 37, N. 6. P. 887–892. doi: 10.1053/jpsu.2002.32897

14. Lack E.E., Cassady J.R., Levey R., Vawter G.F. Tumors of the exocrine pancreas in children and adolescents. A clinical and pathologic study of eight cases // *Am J Surg Pathol*. 1983. Vol. 7, N. 4. P. 319–327. doi: 10.1097/00000478-198306000-00003

15. Rebhandl W., Felberbauer F.X., Puig S., et al. Solid-pseudopapillary tumor of the pancreas (Frantz tumor) in children: report of four cases and review of the literature // *J Surg Oncol*. 2001. Vol. 76, N. 4. P. 289–296. doi: 10.1002/jso.1048

16. Кригер А.Г., Кармазановский Г.Г., Берелавичус С.В., и др. Дуоденопанкреатэктомия при опухолях поджелудочной железы — PRO ET CONTRA // *Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова*. 2019. № 12. С. 28–36. EDN: LMETW doi: 10.17116/hirurgia201912128

17. Li B.-Q., Qiao Y.-X., Li J., et al. Preservation or ligation of splenic vessels during spleen-preserving distal pancreatectomy: A meta-analysis // *J Invest Surg*. 2019. Vol. 32, N. 7. P. 654–669. doi: 10.1080/08941939.2018.1449918

18. Maggino L., Malleo G., Bassi C., Vollmer C. Splenectomy during distal pancreatectomy: what are we really doing? // *Gastroenterology*. 2018. Vol. 154. P. S-1297. doi: 10.1016/S0016-5085(18)34251-3

19. Chan K.S., Wang Z.K., Syn N., Goh B.K.P. Learning curve of laparoscopic and robotic pancreas resections: a systematic review // *Surgery*. 2021. Vol. 170, N. 1. P. 194–206. doi: 10.1016/j.surg.2020.11.046

20. Mukherjee K., Morrow S.E., Yang E.Y. Laparoscopic distal pancreatectomy in children: four cases and review of the literature // *J Laparoendosc Adv Surg Tech A*. 2010. Vol. 20, N. 4. P. 373–377. doi: 10.1089/lap.2009.0247

21. Maimaijiang A., Wang H., Li W., Wang Y. Diagnosis and treatment of solid pseudopapillary neoplasm of the pancreas in children: A report of 18 cases // *Front Pediatr*. 2022. Vol. 10. ID 899965. doi: 10.3389/fped.2022.899965

22. Kang C.M., Kim D.H., Lee W.J., Chi H.S. Conventional laparoscopic and robot-assisted spleen-preserving pancreatectomy: does da Vinci have clinical advantages? // *Surg Endosc*. 2011. Vol. 25, N. 6. P. 2004–2009. doi: 10.1007/s00464-010-1504-1

23. Shoup M., Brennan M.F., McWhite K., et al. The value of splenic preservation with distal pancreatectomy // *Arch Surg*. 2002. Vol. 137, N. 2. P. 164–168. doi: 10.1001/archsurg.137.2.164

24. Daouadi M., Zureikat A.H., Zenati M.S., et al. Robot-assisted minimally invasive distal pancreatectomy is superior to the laparoscopic technique // *Ann Surg*. 2013. Vol. 257, N. 1. P. 128–132. doi: 10.1097/SLA.0b013e31825fff08

## REFERENCES

1. Papavramidis T, Papavramidis S. Solid pseudopapillary tumors of the pancreas: review of 718 patients reported in English literature. *J Am Coll Surg*. 2005;200(6):965–972. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2005.02.011

2. Mao C, Guvendi M, Domenico DR, et al. Papillary cystic and solid tumors of the pancreas: a pancreatic embryonic tumor? Studies of three cases and cumulative review of the world's literature. *Surgery*. 1995;118(5):821–828. doi: 10.1016/s0039-6060(05)80271-5

3. Kang CM, Kim KS, Choi JS, et al. Solid pseudopapillary tumor of the pancreas suggesting malignant potential. *Pancreas*. 2006;32(3):276–280. doi: 10.1097/01.mpa.0000202956.41106.8a

4. Ryabov AB, Poddubnyi IV, Trunov VO, et al. Laparoscopic surgery for solid pseudopapillary tumors of the pancreas in children. *Endoscopic surgery*. 2022;28(5):13–22. EDN: VEUNJV doi: 10.17116/endoskop20222805113

5. Vollmer CM Jr, Dixon E, Grant DR. Management of a solid pseudopapillary tumor of the pancreas with liver metastases. *HPB (Oxford)*. 2003;5(4):264–267. doi: 10.1080/13651820310001397

6. Sokolov YuYu, Stonogin SV, Povarnin OYa, et al. Laparoscopic pancreas resection in children with solid pseudopapillary tumor. *Russian Journal of Pediatric Surgery*. 2010;(5):52–53. EDN: MVBGX

7. Razumovsky AYu, Alkhasov MB, Mitupov ZB, et al. Demonstration: Laparoscopic removal of solid pseudopapillary pancreatic tumour. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2015;5(2):111–114. EDN: UCDNFV

8. Cavallini A, Butturini G, Daskalaki D, et al. Laparoscopic pancreatectomy for solid pseudo-papillary tumors of the pancreas is a suitable technique; our experience with long-term follow-up and review of the literature. *Ann Surg Oncol*. 2011;18(2):352–357. doi: 10.1245/s10434-010-1548-4

9. Hu M-G, Xiao Y-H, Song D-D, et al. First experience of robotic spleen-preserving distal pancreatectomy in a child with insulinoma. *World J Surg Oncol*. 2017;15(1):199. doi: 10.1186/s12957-017-1265-6

10. Lalli R, Merritt N, Schlachta CM, Bütter A. Robotic-assisted, spleen-preserving distal pancreatectomy for a solid pseudopapillary tumour in a pediatric patient: a case report and review of the literature. *J Robot Surg*. 2019;13(2):325–329. doi: 10.1007/s11701-018-0835-0

11. Fernandes E, Giulianotti PC. Robotic-assisted pancreatic surgery. *J Hepatobiliary Pancreat Sci*. 2013;20(6):583–589. doi: 10.1007/s00534-013-0615-1

12. Seer.cancer.gov [Internet]. The Surveillance, Epidemiology, and End Results (SEER) [cited: 2024 Jan 11]. Available from: <http://www.seer.cancer.gov>
13. Shorter NA, Glick RD, Klimstra DS, et al. Malignant pancreatic tumors in childhood and adolescence: The Memorial Sloan-Kettering experience, 1967 to present. *J Pediatr Surg.* 2002;37(6):887–892. doi: 10.1053/jpsu.2002.32897
14. Lack EE, Cassady JR, Levey R, Vawter GF. Tumors of the exocrine pancreas in children and adolescents. A clinical and pathologic study of eight cases. *Am J Surg Pathol.* 1983;7(4):319–327. doi: 10.1097/00000478-198306000-00003
15. Rebhandl W, Felberbauer FX, Puig S, et al. Solid-pseudopapillary tumor of the pancreas (Frantz tumor) in children: report of four cases and review of the literature. *J Surg Oncol.* 2001;76(4):289–296. doi: 10.1002/jso.1048
16. Kriger AG, Karmazanovskii GG, Berelavichus SV, et al. Duodenopancreatectomy for pancreatic tumors — pros and cons. *Pirogov Russian Journal of Surgery.* 2019;(12):28–36. EDN: LMETTW doi: 10.17116/hirurgia201912128
17. Li B-Q, Qiao Y-X, Li J, et al. Preservation or ligation of splenic vessels during spleen-preserving distal pancreatectomy: A meta-analysis. *J Invest Surg.* 2019;32(7):654–669. doi: 10.1080/08941939.2018.1449918
18. Maggino L, Malleo G, Bassi C, Vollmer C. Splenectomy during distal pancreatectomy: what are we really doing? *Gastroenterology.* 2018;154:S-1297. doi: 10.1016/S0016-5085(18)34251-3
19. Chan KS, Wang ZK, Syn N, Goh BKP. Learning curve of laparoscopic and robotic pancreas resections: a systematic review. *Surgery.* 2021;170(1):194–206. doi: 10.1016/j.surg.2020.11.046
20. Mukherjee K, Morrow SE, Yang EY. Laparoscopic distal pancreatectomy in children: four cases and review of the literature. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A.* 2010;20(4):373–377. doi: 10.1089/lap.2009.0247
21. Maimaijiang A, Wang H, Li W, Wang Y. Diagnosis and treatment of solid pseudopapillary neoplasm of the pancreas in children: A report of 18 cases. *Front Pediatr.* 2022;10:899965. doi: 10.3389/fped.2022.899965
22. Kang CM, Kim DH, Lee WJ, Chi HS. Conventional laparoscopic and robot-assisted spleen-preserving pancreatectomy: does da Vinci have clinical advantages? *Surg Endosc.* 2011;25(6):2004–2009. doi: 10.1007/s00464-010-1504-1
23. Shoup M, Brennan MF, McWhite K, et al. The value of splenic preservation with distal pancreatectomy. *Arch Surg.* 2002;137(2):164–168. doi: 10.1001/archsurg.137.2.164
24. Daouadi M, Zureikat AH, Zenati MS, et al. Robot-assisted minimally invasive distal pancreatectomy is superior to the laparoscopic technique. *Ann Surg.* 2013;257(1):128–132. doi: 10.1097/SLA.0b013e31825fff08

## ОБ АВТОРАХ

**\*Юрий Андреевич Козлов**, чл.-корр. РАН, д-р мед. наук, профессор; адрес: Россия, 664022, Иркутск, б-р Гагарина, д. 4; ORCID: 0000-0003-2313-897X; eLibrary SPIN: 3682-0832; e-mail: yuriherz@hotmail.com

**Симон Степанович Полюян**;  
ORCID: 0000-0001-7042-6646;  
e-mail: simonpoloyan@ya.ru

**Эдуард Владимирович Сапукхин**, канд. мед. наук;  
ORCID: 0000-0001-5470-7384;  
e-mail: sapukhin@yandex.ru

**Алексей Сергеевич Страшинский**;  
ORCID: 0000-0002-1911-4468;  
e-mail: leksus-642@yandex.ru

**Марина Валериевна Макарошкина**;  
ORCID: 0000-0001-8295-6687; eLibrary SPIN: 4600-4071;  
e-mail: m.makarochkina@gmail.com

**Андрей Алексеевич Марчук**;  
ORCID: 0000-0001-9767-0454;  
e-mail: maa-ped20@yandex.ru

## AUTHORS INFO

**\*Yury A. Kozlov**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, MD, Dr. Sci. (Medicine), Professor; address: 4, Gagarina bul'var, Irkutsk, 664022, Russia; ORCID: 0000-0003-2313-897X; eLibrary SPIN: 3682-0832; e-mail: yuriherz@hotmail.com

**Simon S. Poloyan**;  
ORCID: 0000-0001-7042-6646;  
e-mail: simonpoloyan@ya.ru

**Eduard V. Sapukhin**, MD, Cand. Sci. (Medicine);  
ORCID: 0000-0001-5470-7384;  
e-mail: sapukhin@yandex.ru

**Aleksey S. Strashinsky**;  
ORCID: 0000-0002-1911-4468;  
e-mail: leksus-642@yandex.ru

**Marina V. Makarochkina**;  
ORCID: 0000-0001-8295-6687; eLibrary SPIN: 4600-4071;  
e-mail: m.makarochkina@gmail.com

**Andrey A. Marchuk**;  
ORCID: 0000-0001-9767-0454;  
e-mail: maa-ped20@yandex.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

**Александр Павлович Рожанский;**

ORCID: 0000-0001-7922-7600;

e-mail: alexanderozhanski@mail.ru

**Антон Алексеевич Быргазов;**

ORCID: 0000-0002-9195-5480;

e-mail: byrgazov.ant-doc38@yandex.ru

**Сергей Александрович Муравьев;**

ORCID: 0000-0003-4731-7526;

e-mail: muravev1999sergey@mail.ru

**Артем Николаевич Наркевич, д-р мед. наук, доцент;**

ORCID: 0000-0002-1489-5058;

e-mail: narkevichart@gmail.com

**Alexander P. Rozhanskii;**

ORCID: 0000-0001-7922-7600;

e-mail: alexanderozhanski@mail.ru

**Anton A. Byrgazov;**

ORCID: 0000-0002-9195-5480;

e-mail: byrgazov.ant-doc38@yandex.ru

**Sergey A. Muravev;**

ORCID: 0000-0003-4731-7526;

e-mail: muravev1999sergey@mail.ru

**Artem N. Yarkevich, MD, Dr. Sci. (Medicine), Assistant Prifessor;**

ORCID: 0000-0002-1489-5058;

e-mail: narkevichart@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1769>

# Adnexal torsion in girls: Predictors and methods for surgical treatment. Case reports and review

Dmitry V. Donskoy<sup>1,2</sup>, Sergey A. Korovin<sup>1</sup>, Alexey V. Vilesov<sup>2</sup>, Roman A. Akhmatov<sup>1,2</sup>, Kadidiatou D. Sangare<sup>1</sup>, Olga A. Alimova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia;

<sup>2</sup> Children's State Hospital of St. Vladimir, Moscow, Russia

## ABSTRACT

Modern diagnostic and treatment methods make it possible to establish a preoperative diagnosis of adnexal torsion and provide surgical assistance. Thus, the causes of this disease and the scope of surgical treatment must be investigated. This study reports the cases of 20 patients aged 3–17 years with adnexal torsion who were treated at the St. Vladimir Children's City Clinical Hospital between 2017 and 2023. Ultrasonography is a mandatory preoperative screening diagnostic method. All patients underwent laparoscopic surgery. During the postoperative period, magnetic resonance imaging was performed to confirm the diagnosis. Increased ovarian size due to cysts (7), paramesonephric cysts (4), and fixed lateroflexion (6) were identified as predictors of torsion. In 3 (15%) patients, the cause of torsion was unknown. Paramesonephric cysts were resected, and two adnexectomies were performed. After detorsion, 12 (60%) patients underwent fixation of the appendages. A literature search was conducted using PubMed, Scopus, eLibrary, and RSCI. A total of 47 articles were analyzed, 58 articles were reviewed, and 39 on the problems of determining predictors of adnexal torsion in children and methods of surgical correction were selected. Based on the data obtained, the main disease predictors were clarified. A change in the angle of the uterus (lateroflexion) was found to cause the atypical location of the ovaries, which in turn can lead to torsion of the changed or unchanged appendage. Suggestions have been made regarding the connection between connective tissue dysplasia and uterine lateroflexion in the development of adnexal torsion in childhood. The results confirmed the complexity of the radiological diagnosis of lateroflexion. The scope of the surgical intervention for acute torsion of the uterine appendages was dependent on the etiology of the torsion and the degree of ischemia of the appendage. Various options for detorsion with unilateral and bilateral oophoropexy and without fixation of the injured appendage have been proposed. Removal of uncomplicated paramesonephric formations of the uterine appendages identified during diagnostic laparoscopy is a simple procedure and helps prevent torsion. Thus, puncture of accidentally detected ovarian cysts in patients who have not been examined for tumor markers is deemed inappropriate.

**Keywords:** adnexal torsion; predictors; detorsion; lateroflexion; surgery; children; series of case reports.

## To cite this article

Donskoy DV, Korovin SA, Vilesov AV, Akhmatov RA, Sangare KD, Alimova OA. Adnexal torsion in girls: Predictors and methods for surgical treatment. Case reports and review. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):131–142. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1769>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1769>

# Перекрут придатков матки у девочек: предикторы и способы оперативного лечения. Серия клинических наблюдений и обзор литературы

Д.В. Донской<sup>1,2</sup>, С.А. Коровин<sup>1</sup>, А.В. Вилесов<sup>2</sup>, Р.А. Ахматов<sup>1,2</sup>, К.Д. Сангаре<sup>1</sup>, О.А. Алимова<sup>2</sup><sup>1</sup> Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия;<sup>2</sup> Детская городская клиническая больница святого Владимира, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

Современные методы диагностики и лечения позволяют устанавливать предоперационный диагноз перекрута придатков матки и оказывать хирургическую помощь. В то же время причины возникновения данного заболевания и определение объема оперативного лечения требуют детального изучения. В работе представлены наблюдения 20 пациенток в возрасте от 3 до 17 лет с перекрутом придатков матки, находившихся на лечении в Детской городской клинической больнице святого Владимира с 2017–2023 гг. Обязательным предоперационным скрининг-методом диагностики служила ультразвукография. Всем девочкам выполняли лапароскопические операции. В послеоперационном периоде для уточнения диагноза применяли магнитно-резонансную томографию. В качестве предикторов перекрута были выявлены увеличенные размеры яичников за счет кист (7), парамезонефральные кисты (4) и фиксированная латерофлексия (6). В 3 наблюдениях (15 %) причина перекрута не была установлена. Парамезонефральные кисты резецировали, проведены 2 аднексэктомии. После деторсии фиксация придатков выполнена 12 (60 %) пациентам. Проведен поиск литературы в базах данных PubMed, Scopus, eLibrary, РИНЦ. Анализу подвергнуты 47 ссылок, просмотрено 58 статей, отобрано 39 публикаций, посвященных проблемам определения предикторов перекрута придатков матки у детей и способам хирургической коррекции рассматриваемого заболевания. На основании полученных данных уточнены основные предикторы заболевания. Выявлено, что изменение угла наклона матки (латерофлексия) является причиной атипичного расположения яичников, которая в свою очередь может приводить к перекруту измененного или неизмененного придатка. Высказаны предположения о связи дисплазии соединительной ткани и латерофлексии матки на развитие аднексиального перекрута в детском возрасте. Показана сложность лучевой диагностики латерофлексии. В зависимости от этиологических причин, вызвавших торсию, и степени ишемии придатка рассмотрен объем хирургического вмешательства при остром перекруте придатков матки. Предложены различные варианты деторсии с односторонней, двухсторонней оофоропексией и без фиксации травмированного придатка. Показано, что удаление неосложненных парамезонефральных образований придатков матки, выявленных при диагностической лапароскопии, является легко выполнимой операцией и способствует предотвращению торсии. Высказано мнение о нецелесообразности выполнения пункции случайно выявленных кист яичников, у необследованных на онкомаркеры пациенток.

**Ключевые слова:** перекрут придатков матки; предикторы; деторсия; латерофлексия; хирургическое лечение; дети; серия клинических наблюдений.

## Как цитировать

Донской Д.В., Коровин С.А., Вилесов А.В., Ахматов Р.А., Сангаре К.Д., Алимова О.А. Перекрут придатков матки у девочек: предикторы и способы оперативного лечения. Серия клинических наблюдений и обзор литературы // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 132–142. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1769>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1769>

# 女孩子宫附件扭转：预测因素和手术治疗。 临床病例系列和文献综述

Dmitry V. Donskoy<sup>1,2</sup>, Sergey A. Korovin<sup>1</sup>, Alexey V. Vilesov<sup>2</sup>, Roman A. Akhmatov<sup>1,2</sup>,  
Kadidiatou D. Sangare<sup>1</sup>, Olga A. Alimova<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia;

<sup>2</sup> Children's State Hospital of St. Vladimir, Moscow, Russia

## 摘要

现代诊断和治疗方法使子宫附件扭转的术前诊断和手术治疗成为可能。同时，本病的发病原因和手术治疗范围的确定也需要详细研究。本文介绍了2017–2023年期间在圣弗拉基米尔儿童市临床医院接受治疗的20名3至17岁子宫附件扭转女性患者的观察结果。超声波检查是术前筛查的必要诊断方法。所有女孩都接受了腹腔镜手术。术后通过磁共振成像明确诊断。囊肿导致的卵巢体积增大（7例）、副肾盂囊肿（4例）和固定性后屈（6例）被确定为扭转的预测因素。3例（15%）患者的扭转原因尚未确定。对副肾盂囊肿进行了切除，并进行了2例附件切除术。12例（60%）患者在扭转后进行了阑尾固定术。在PubMed、Scopus、eLibrary和RSCI数据库中进行了文献检索。我们分析了47篇参考文献，审阅了58篇文章，选取了39篇出版物，专门研究如何确定儿童子宫附件扭转的预测因素以及手术矫正该疾病的方法。根据获得的数据，明确了该疾病的主要预测因素。研究发现，子宫倾角（后倾）的变化是卵巢不典型排列的原因，进而可能导致改变或未改变的附件扭转。有人认为结缔组织发育不良和子宫后倾与儿童期附件扭转的发生有关。这显示了子宫后位放射诊断的复杂性。根据扭转的病因和附件缺血的程度，考虑了急性子宫附件扭转的手术干预范围。提出了单侧、双侧或不固定受创附件的各种不同的剥离术。研究表明，通过诊断性腹腔镜检查发现的无并发症的子宫附件旁肿块进行切除是一种简便易行的手术，有助于预防子宫扭转。有观点认为，对未进行肿瘤标记物检查的患者意外检测到的卵巢囊肿进行穿刺是不可取的。

**关键词：**子宫附件扭转；预测因素；脱出；后屈；手术治疗；儿童；系列临床观察。

## 引用本文

Donskoy DV, Korovin SA, Vilesov AV, Akhmatov RA, Sangare KD, Alimova OA. 女孩子宫附件扭转：预测因素和手术治疗。临床病例系列和文献综述. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):131–142. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1769>

收到: 10.01.2024

接受: 03.03.2024

发布日期: 28.03.2024

## BACKGROUND

Adnexal torsion (AT) in girls occurs in 2.7%–4.9% of all patients with abdominal pain in a surgical hospital [1–3]. Modern methods of diagnosis and treatment allow for preoperative diagnosis and surgical care. However, the causes and definition of the scope of surgical treatment remain controversial.

This study aimed to analyze Russian and foreign publications on predictors of AT and surgical correction of torsion in children, based on our observations.

## DESCRIPTION OF CLINICAL CASES

Video recordings of 20 laparoscopic surgeries performed for AT in girls aged 3–17 years at St. Vladimir's Children's City Clinical Hospital between 2017 and 2023 were analyzed retrospectively. Ultrasonography was used as the mandatory preoperative screening method of diagnosis performed according to the standard technique on the Voluson E8 device (Austria) using convex and linear transducers of 2–15 MHz. To optimize the image, the B-color mode with color Doppler mapping was used in most cases. Surgeries were performed using an endovideosupport system by Karl Storz (Germany), with a three-chip SLII high-resolution video camera with a block and standard set of instruments, including 5 and 10 mm trocars, mono and bipolar electrocoagulation instruments, scissors, forceps for grasping and dissection, and needle holder. Magnetic resonance imaging (MRI) was performed for postoperative diagnosis. A Toshiba device (Excelart Vantage Atlas-X, USA) with an actively protected magnet of 1.5 Tesla and a reconstructed image thickness of  $\geq 1$  mm was used. The study protocol involved using conventional MRI to image the abdominal and pelvic organs, and T1- and T2-weighted images were acquired in axial, sagittal, and frontal projections.

The table summarizes the causes of torsion and the number and types of surgical interventions.

Detorsion without fixation was performed when ovarian cysts  $>5$  cm were detected. Children were then transferred to gynecologic departments for interval surgery. If the structure

of the black appendage was disturbed during detorsion and fragmented when untwisted, adnexectomy was performed. In four observations of paramesonephral cysts, an isolated torsion of the fallopian tube was detected without any disturbance of ovarian blood flow. After detorsion, no blood flow restoration was detected in the fallopian tubes. In one case, the patient underwent cyst enucleation in the hope of restoring blood supply; however, this was not successful. All children underwent salpingectomy without ovarian fixation. Lateroflexion was detected in seven cases; however, the change in uterine angle was considered transient in only one case (Fig. 1).

After detorsion, in six observations, the uterus maintained a fixed lateroflexion position, deviating from the conventional central axis to the left or right side. In addition to the increased ovarian mass and size, two main factors contribute to the development of torsion in uterine lateroflexion:

1. The lateral deviation of the uterus reduces the space of the ovarian fossa and prevents the ipsilateral gonad from descending into the pelvis (Fig. 2).

This positioning can result in the torsion of the altered or unaltered ovary because of physical strain, active peristalsis, or excessive gas.

2. The lateral deviation of the uterus increases the space in the ovarian fossa on the opposite side, which could potentially lead to torsion (Fig. 3).

In the above observations, the ligamentous apparatus of the uterus and ovaries was used to unilaterally fix the appendages through plication.

Two observations of AT are of interest, in which the contralateral gonad was located over the uterus (Fig. 4). For this appendage location, bilateral fixation was performed after detorsion.

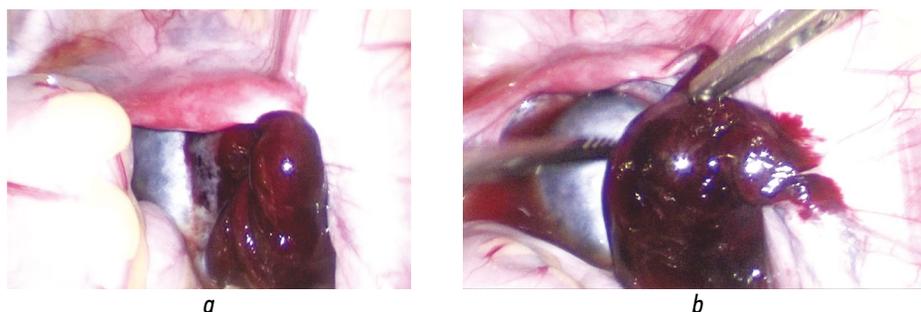
The change in the angle of inclination may be associated with dysplasia of the ligamentous apparatus of the uterus or ovaries. This is indirectly confirmed by the detection of three inguinal hernias on the ipsilateral side in patients with lateroflexion and pelvic floor muscle development and/or pelvic adhesions (Fig. 5).

In the analysis of the case histories of the patients, preoperative transabdominal ultrasonography showed the

**Table.** Etiology and types of operations for uterine torsion

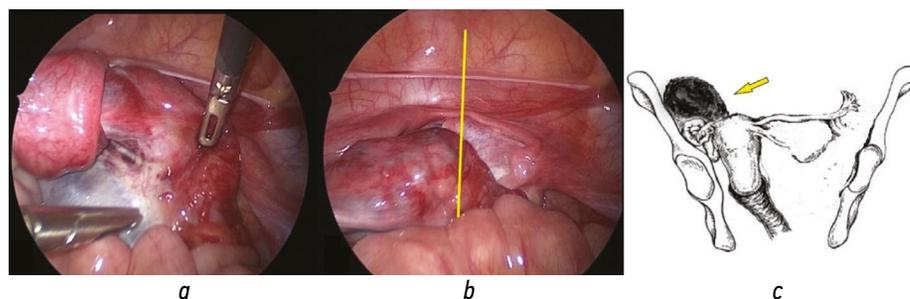
**Таблица.** Этиология и виды операций при перекруте придатков матки

Surgery	Ovarian cysts	Paramesonephric cysts	Fixed lateroflexion	Unspecified	Number of patients	
					<i>n</i>	%
Detorsion	2	–	–	–	2	10
Detorsion with fixation	5	–	5	2	12	60
Detorsion with resection	–	4	–	–	4	20
Detorsion with adnexectomy	–	–	1	–	1	5
Adnexectomy without detorsion	–	–	–	1	1	5
Total	7 (35%)	4 (20%)	6 (30%)	3 (15%)	20	100



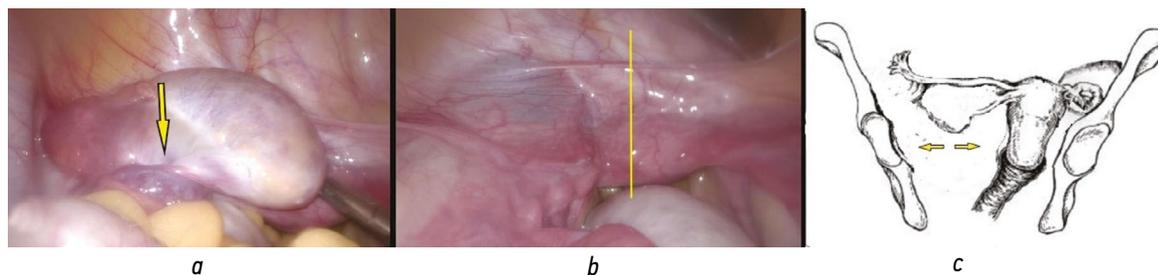
**Fig. 1.** Adnexal torsion with transient lateroflexion of the uterus: *a* — adnexal torsion on the right; classical transient right-sided uterine lateroflexia caused by the mass effect; and *b* — condition after detorsion. The uterus is in a central position

**Рис. 1.** Перекрут придатков с транзиторной латерофлексией матки: *a* — перекрут придатков справа. «Классическая» транзиторная правосторонняя латерофлексия матки, вызванная масс эффектом (mass effect); *b* — состояние после деторсии. Матка в центральном положении



**Fig. 2.** Adnexal torsion with left-sided lateroflexion of the uterus: *a* — adnexal torsion on the left; *b* — the condition after detorsion; and the yellow line means conditional; *c* — the layout of the torsioned adnexal (arrow)

**Рис. 2.** Перекрут придатков при левосторонней латерофлексии матки: *a* — перекрут придатков слева; *b* — состояние после деторсии. Желтая линия — условная центральная ось; *c* — схема расположения торсированного придатка (указан стрелкой)



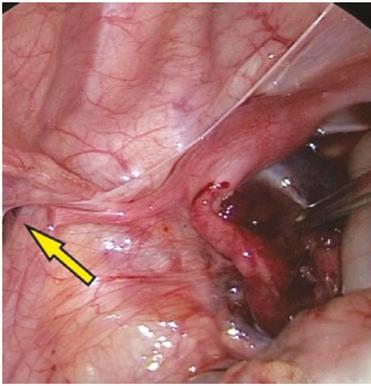
**Fig. 3.** Adnexal torsion on the left: *a* — torsion of the “healthy” adnexa on the left. The arrow indicates the torsioned left ovary; *b* — right-sided uterine lateroflexia; the yellow line indicates the conditional central axis; and *c* — scheme of the formation of a free space in the pelvis (arrow)

**Рис. 3.** Перекрут придатков слева: *a* — перекрут «здоровых» придатков слева. Стрелкой указан торсированный левый яичник; *b* — правосторонняя латерофлексия матки. Желтая линия — условная центральная ось; *c* — схема образования свободного пространства в малом тазу (указано стрелками)



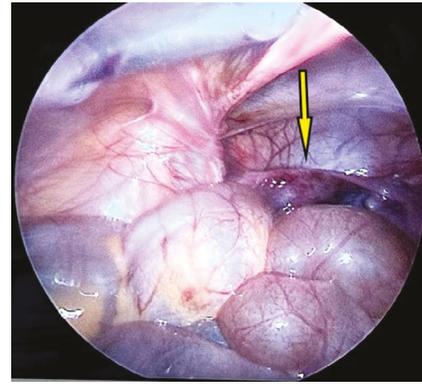
**Fig. 4.** Adnexal torsion on the right: *a* — the left ovary above the uterus (arrow); *b* — state after detorsion. The left ovary maintains its position. The right adnexa in the free abdominal cavity (arrow)

**Рис. 4.** Перекрут придатков справа: *a* — левый яичник над маткой (указан стрелкой); *b* — состояние после деторсии. Левый яичник сохраняет свое положение. Правый придаток в свободной брюшной полости (указан стрелкой)



**Fig. 5.** Adnexal torsion on the left. Condition after detorsion. Left-sided lateroflexion of the uterus. The arrow indicates a left-sided inguinal hernia

**Рис. 5.** Перекрут левых придатков. Состояние после деторсии. Левосторонняя латерофлексия матки. Стрелкой указана левосторонняя паховая грыжа



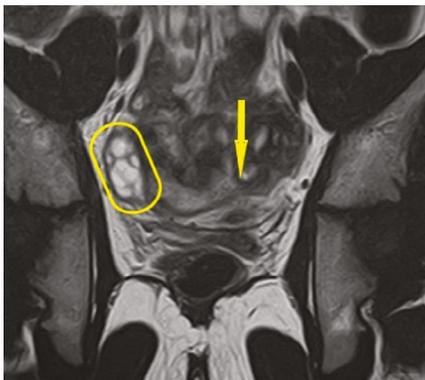
**Fig. 6.** Endoscopic view during revision of the pelvic organs. The arrow points to the left-sided lateroflexion of the uterus

**Рис. 6.** Эндоскопическая картина при ревизии органов малого таза. Стрелка указывает на левостороннюю латерофлексию матки

uterus deviating toward ovary torsion in one patient. Based on this data, we determined the position of the uterus in girls who underwent laparoscopic surgery for nongynecologic abdominal pathology. Consequently, left-sided lateroflexion of the uterus was detected in a 10-year-old girl who underwent surgery for destructive appendicitis (Fig. 6).

Postoperatively, transabdominal ultrasonography and MRI were performed to examine the pelvic organs. However, echography data did not provide any useful information. Conversely, MRI confirmed the presence of uterine lateroflexion (Fig. 7).

This study has the limitations of a retrospective study. The small number of patients currently complicates the identification of uterine lateroflexion as a potential predictor of AT. Further study of this problem is necessary.



**Fig. 7.** Magnetic resonance tomography of the lower abdominal cavity. The uterus is in the *anteflexio* and *retroversio* position, with clear boundaries. The body is tilted to the left (arrow). The right ovary at the entrance to the pelvis (oval)

**Рис. 7.** Магнитно-резонансная томография нижнего отдела брюшной полости. Матка в положении *anteflexio*, *retroversio*, с четкими границами, тело отклонено влево (стрелка). Правый яичник у входа в малый таз (овал)

## LITERATURE REVIEW

A systematic search was conducted in the PubMed, Scopus, eLibrary, and RSCI databases. In total, 47 references were analyzed, 58 articles were reviewed, and 39 publications that focused on the identification of predictors of AT in children and its methods of surgical treatment were selected.

### Etiology

The etiology of AT is not fully understood; however, cystic formations (functional, retention, and paramesonephric) and tumors (benign and rarely malignant) of the uterine appendages are considered the main disease predictors [1–7]. According to R.M. Rocha and I.D.E.S. Barcelos [7], the main causes of AT from a large series of observations (360 patients) were dermoid cysts (36%), follicular cysts (16.1%), and corpus luteum cysts (9.9%). C. Spinelli et al. [6] reported the results of a histologic study involving 97 patients, and they identified functional cysts as one of the causes of AT, including the following: follicular (34.7%), simple (30.6%), corpus luteum (14.3%), serous (8.2%), and pseudocysts (6.2%). Dermoid cysts were detected in 25 (25.8%) patients. In addition, torsion of unchanged appendages was observed in 11 (11.3%) cases. In the systematic review of the literature on AT in the pediatric population with an average age of 11.6 years, O. Adeyemi-Fowode et al. [8] revealed that girls in the premenarchal period accounted for 43.4% of observations, whereas girls in the postmenarchal period accounted for 56.6%. The authors attribute the increased morbidity in adolescence to hormonal influences and the growth of the gonads, which leads to an increased frequency of physiologic and pathologic masses. Most studies have reported an association between AT and increased ovarian mass and size >5 cm. Paramesonephric cysts are considered a rare cause of AT, occurring in approximately 10% of cases. According to most experts, isolated fallopian tube torsion is almost

always associated with a paratubal cyst or hydrosalpinx [8–11]. Ovarian malignancies are an even less frequent cause of ovarian torsion. In a pooled series of studies including 707 patients with AT, S.C. Oltmann et al. [12] found malignancy in only 1.8% of cases. According to various authors, the cause of AT was unidentified in 21%–46% of pediatric patients [8, 12]. The etiology of AT in the absence of cysts or neoplasms is unclear and may be due to the increased mobility of the appendages caused by elongated ovarian ligaments or a hyperelastic type of mesosalpinx or mesovarium. The relatively small size of the uterus in premenarchal girls may provide a suitable space for AT. Increased blood pressure in the veins of the neoplasm's pedicle or the ovary is believed to play a role in AT development [8, 12, 13]. Dysplastic changes in the ligamentous apparatus of children, as pointed out by L.V. Adamyan et al. [3], may be an internal manifestation of AT.

### Pathogenesis

Girls with AT experience changes in body position, physical exertion, increased intestinal peristalsis, and bladder overflow [2, 8, 12, 14]. Several authors have reported that right-sided AT is 1.5 times more common [4, 15, 16]. According to L. Darrell, the increased risk of right-sided torsion can be attributed to the larger space on the right side of the pelvis, which is filled with sigmoid colon, and the hypermobility of the cecum and ileum [17]. In addition, the author cited the work of S.J. Boley et al. [18] and highlighted the significant role of irreparable inguinal hernias in AT occurrence in girls. This was detected during hernioplasty in 27% of the cases [17].

### Clinical presentation and diagnosis

The clinical presentation of AT is not dependent on the causative factors and is quite characteristic but not disease-specific [2, 5]. Symptoms resulting from AT can imitate destructive appendicitis, urinary tract infections, renal colic, gastroenteritis, or other causes of acute abdominal and pelvic pain. Transabdominal ultrasonography with Doppler imaging is the primary screening procedure for visualizing AT in children [2, 19]. Ultrasonography reveals an enlarged ovary with increased echogenicity, often accompanied by small peripheral cysts. In some cases, the ovary and uterus may be displaced to the same side. Doppler ultrasonography can detect blood flow disorders in the affected ovary, which is characterized by a whirlpool sign consisting of numerous concentric hypoechoic rings resembling the shape of a target [21, 22]. However, the presence of blood supply on Doppler examination does not necessarily exclude AT because of the dual blood supply from the ovarian and uterine arteries and venous hemorrhage occurs before the arterial channel is damaged [3, 23]. Ultrasonography is also used postoperatively to monitor the recovery of the injured ovary [19]. Based on the literature, folliculogenesis is restored within 3 months to 3 years, as determined by

echography [21, 24–27]. In addition to ultrasonography, recent publications have discussed the use of radiologic diagnostic methods such as multispiral computed tomography (MSCT) and MRI. For instance, S. Gounder et al. reported that in approximately half of the cases, MSCT and MRI detected uterine deviations to the side of the lesion, which, along with ovarian displacement (medialization), indicates AT [28, 29]. CT can detect ovarian teratomas with calcifications, which may cause AT. In addition, MSCT is useful in identifying other causes of abdominal pain, such as appendicitis or urinary system concretions, which can mimic ovarian torsion. However, A.V. Ngo et al. [23] do not recommend using MSCT for suspected ovarian torsion because of high doses of ionizing radiation and low cost-effectiveness compared with ultrasonography. MRI is not commonly used in cases of suspected acute ovarian torsion because of issues with availability, cost, and most importantly, the timing of the procedure, which is a crucial factor in preserving appendiceal viability [30]. However, as several studies have indicated, MRI is the preferred method for visualizing uterine appendiceal neoplasms that have resulted in torsion and can be performed after detorsion [21, 31].

These findings, along with the clinical presentation, necessitate the use of an invasive visualization method, which is confirmed by laparoscopy [2, 14, 32].

### Treatment

Laparoscopic visualization of AT and detorsion does not pose a challenge [2]. However, the operating surgeon faces several challenging tasks. First, they must determine the viability of the organs involved because this determines the extent of the surgical intervention. Second, they must identify and eliminate the cause of torsion if possible. Finally, they must address appendage fixation. The available literature presents conflicting opinions.

Only a completely changed appendage should be removed. Organ viability is determined visually by its color. Viability is determined by blood flow restoration after untwisting. S.V. Parelkar et al. [33] distinguished four degrees of ischemia, ranging from a slightly discolored ovary to red, brown, and black. They described 10 observations of detorsions in which the ovaries were severely ischemic or necrotically altered at the time of surgery. However, subsequent sonograms revealed gonad preservation with follicle development in nine patients [33]. Dasgupta et al. [34] conducted a 20-year retrospective analysis of necrotic appendage preparations, defining a viability index based on the percentage of intact tissue identified (one for 0%, two for 1%–25%, three for 26%–75%, and four for >75%). At the time of surgery, ovaries described as “black” contained viable glandular tissue in 38%, and 21% of observations had an index of four. The American Association of Pediatric Surgeons and the Outcomes and Evidence-Based Practice Committee conducted a study to provide recommendations

for optimizing the treatment of ovarian torsion. The authors concluded that appendiceal detorsion in pediatric patients without ovariectomy is strongly supported by compelling evidence because most of the rescued ovaries remain viable [34].

However, no consensus has been established on whether to remove cysts during detorsion. According to N. Smorgick et al. [35], pediatric patients can be divided into two groups: those with torsion of "pathologic" appendages (ovarian cysts or paramesonephric cysts) and those with torsion of "normal" appendages. In the first group, surgical treatment should include detorsion, cystectomy, fenestration, or cyst puncture, which reduces the risk of recurrent appendiceal torsion by 50%–75% [35]. However, performing cystectomy on ischemic, severely edematous, friable appendages may lead to further damage to the gonadal tissue and bleeding and require emergency ovariectomy. In such cases, only detorsion to preserve the ovaries should be considered, and cyst removal should be performed routinely [8, 27, 36].

Fixation of the uterine appendages is challenging. The literature describes several techniques of ovariopexy, including the fixation of the ovary to the lateral pelvic wall, plication of the sacrouterine and round ligaments, shortening the uterine ovarian ligament, and suturing the uterine ovarian ligament to the posterior uterus. However, according to E. Simsek et al. [37], ovarian fixation lacks standardization, and the optimal method of ovariopexy remains undefined. Furthermore, plication does not eliminate the risk of retorsion, which can reach 12% [8, 37, 38]. The article discussed theoretical risks associated with uterine appendage fixation, including potential obstruction of the ovary descending into the fossa during puberty, uterine blood supply impairment, fallopian tube function, or ovary–fallopian tube connection. These risk factors may lead to iatrogenic infertility and require in vitro fertilization [8]. According to L.L. Breech et al. [14], all complex issues must be discussed with the patients and parents, which justifies an interval procedure instead of ovariopexy during primary surgery. In addition, planned interventions after the acute ischemic manifestations have subsided provide better appendage fixation with the restoration of the normal anatomy [14]. The fixation of the contralateral ovary remains controversial. Some authors believe that this procedure should only be performed in recurrent torsion, elongated ovarian ligaments, and bilateral torsion of "normal" appendages when the cause of torsion has not been established [8, 14, 34, 37, 39].

## DISCUSSION

Uterine lateroflexion is often overlooked in contemporary Russian and foreign literature. The literature mainly describes the transient deviation of the organ toward torsion, associating it with the "mass effect", which is suppressed after detorsion. The term "mass effect" is widely used and has transitioned from adult to pediatric gynecology. The

uterus deviates toward a torsioned ovary, which is often associated with a large mass of a cystically altered or tumor-containing appendage [20, 21]. However, interpreting the condition becomes difficult when the uterus is displaced toward the torsion of the "unchanged" appendage or to the contralateral side. Theoretically, this situation can be explained by reversing the cause-and-effect relationship, i.e., lateroflexion causes torsion.

In summary, three disease phases can be conditionally distinguished: predictor phase, acute phase (torsion), and recovery phase (up to 3 years after detorsion), each of which requires a detailed study. The first two phases will be considered because the recovery phase is exclusive to the gynecology section.

Some surgical aspects that require discussion based on objective evidence are as follows:

**1. Predictor phase and simultaneous surgeries:** Confirmative laparoscopy is generally recognized as necessary in severe abdominal pain syndrome and when acute surgical pathology cannot be excluded. The presence of ovarian cystic formations on preoperative ultrasound does not affect diagnostic techniques. If surgical pathology is ruled out, the next step is to determine the appropriate course of action for the cyst. Most cases are simple functional cysts that do not require intervention, particularly if the gonad is not larger than 4 cm. If the ovary measures >5 cm, the risk of torsion and malignant cell dissemination in patients without oncomarker testing must be considered. In our experience, we tend to avoid puncture. The situation is different when parovarian and paratubar cysts are detected. Because of their benign nature, growth, and refractoriness to conservative treatment, enucleation is necessary regardless of the mass size. In Morgagni cysts, removal is only recommended for attachments larger than 1 cm in diameter and on a long pedicle. All girls with cystic and tumorous uterine appendage masses detected during diagnostic procedures must be referred to a gynecologist.

**2. Acute phase (torsion):** The extent of surgical intervention required is dependent on the severity of ischemic disorders in the ovary and fallopian tube. Thus, the aim is to preserve even black appendages, as long as they remain intact. Tissues that disintegrate during detorsion must be removed. In the presence of cystic masses that caused AT, a detorsion is performed, without damaging the capsule. If the mass wall has ruptured, the ovary is resected within the healthy tissue. These procedures are considered necessary because of the high probability of bleeding. The greatest blood loss volume was 1,700 mL. The approach to ovarian fixation is individualized. During the acute phase, ipsilateral medial plication of the broad ligament with suturing to the round ligament of the uterus is preferred because of its anatomical advantages. The fixation of the ovary to the lateral pelvic wall is not recommended because it is considered unnecessary and traumatic during this period. However, in some cases, fixation is completely rejected because of severe ischemic

disorders, the child is <8 years old (if the appendages have not descended into the pelvis, ovariopexy in an interval order is recommended), causes of torsion have been eliminated (such as enucleation of cysts, resection of a cystic ovary, or removal of parovarian masses), or a combination of these factors. Bilateral fixation is performed if intraoperative uterine lateroflexion is established, and both ovaries are located atypically.

## CONCLUSIONS

The following AT predictors were identified based on an analysis of literature data and our experience: paramesonephric masses of uterine appendages, ovarian enlargement of >5 cm regardless of etiology, and uterine lateroflexion with atypical location of the ovary and fallopian tube.

With regard to treatment techniques for girls with AT, the following recommendations are followed in the clinic:

- If ovarian cysts are detected without torsion, transfer the patient to the gynecological department or consult a gynecologist.
- Enucleation of the mass is necessary to detect a paramesonephric cyst.
- Surgery on the ovary during the acute phase after uterine appendage detorsion is not recommended because of the risk of bleeding.
- If the appendage is twisted and the mass is disrupted, remove the cyst or resect the ovary while preserving healthy tissue and consult a gynecologist.
- Medial plication is the preferred method of oophoropexy.
- Bilateral oophoropexy is indicated after detorsion when the atypical location of the ovary and fallopian tube is caused by uterine lateroflexion

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors' contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the

version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. Personal contributions of each author: D.V. Donskoy — surgical treatment of patients, literature review, collection and analysis of literary sources, writing; A.V. Vilesov — surgical treatment of patients, patient supervision, collection and analysis of literary sources, article editing; R.A. Akhmatov, S.A. Korovin — surgical treatment of patients, collection and analysis of literary sources, article editing; K.D. Sangare — patient supervision, collection and analysis of literary sources, article editing; O.A. Alimova — patient supervision, collection and analysis of literary sources.

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

**Competing interests.** Authors declare that they have no competing interests.

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

## 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: Д.В. Донской — хирургическое лечение пациентов, обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, написание текста; А.В. Вилесов — хирургическое лечение пациентов, курация пациентов, сбор и анализ литературных источников, редактирование статьи; Р.А. Ахматов, С.А. Коровин — хирургическое лечение пациентов, сбор и анализ литературных источников, редактирование статьи; К.Д. Сангаре — курация пациентов, сбор и анализ литературных источников; О.А. Алимова — хирургическое лечение пациентов, сбор и анализ литературных источников.

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

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

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

## REFERENCES

1. Adeyemi-Fowode O, McCracken KA, Todd NJ. Adnexal torsion. *J Pediatr Adolesc Gynecol.* 2018;31(4):333–338. doi: 10.1016/j.jpag.2018.03.010
2. Donskoy DV. *Surgical tactics in urgent pelvic organ diseases in girls* [dissertation abstract]. Moscow, 2000. (In Russ.)
3. Adamian LV, Poddubnyĭ IV, Glybina TM, et al. Ovarian torsion and fibrous dysplasia in children (case report). *Russian journal of human reproduction.* 2014;20(5):57–59. EDN: TJAVGT
4. Korovin SA, Dzyadchik AV, Galkina YaA, Sokolov YuYu. Laparoscopic treatment in girls with adnexal torsion. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care.* 2016;6(2):73–79. EDN: WFEYJZ doi: 10.17816/psaic252
5. Kulakov VI, Selezneva ND, Krasnopolsky VI. *Operative gynaecology.* Moscow: Meditsina, 1990. 464 p. (In Russ.)
6. Spinelli C, Tröbs R-B, Nissen M, et al. Ovarian torsion in the pediatric population: predictive factors for ovarian-sparing surgery—an international retrospective multicenter study and a systematic review. *Arch Gynecol Obstet.* 2022;308:1–12. doi: 10.1007/s00404-022-06522-3
7. Rocha RM, Santos Barcelos IDE. Practical recommendations for the management of benign adnexal masses. *Rev Bras Ginecol Obstet.* 2020;42(9):569–576. doi: 10.1055/s-0040-1714049
8. Adeyemi-Fowode O, Lin EG, Syed F, et al. Adnexal torsion in children and adolescents: a retrospective review of 245 cases at

a single institution. *J Pediatr Adolesc Gynecol.* 2019;32(1):64–69. doi: 10.1016/j.jpap.2018.07.003

9. Baracy MG Jr, Hu J, Ouillette H, Aslam MF. Diagnostic dilemma of isolated fallopian tube torsion. *BMJ Case Rep.* 2021;14(7):e242682. doi: 10.1136/bcr-2021-242682

10. Harmon JC, Binkovitz LA, Binkovitz LE. Isolated fallopian tube torsion: sonographic and CT features. *Pediatr Radiol.* 2008;38(2):175–179. doi: 10.1007/s00247-007-0683-y

11. Mentessidou A, Mirilas P. Surgical disorders in pediatric and adolescent gynecology: Adnexal abnormalities. *Int J Gynaecol Obstet.* 2023;161(3):702–710. doi: 10.1002/ijgo.14574

12. Oltmann SC, Fischer A, Barber R, et al. Cannot exclude torsion — a 15-year review. *J Pediatr Surg.* 2009;44(6):1212–1216. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2009.02.028

13. Webster KW, Scott SM, Huguélet PS. Clinical predictors of isolated tubal torsion: a case series. *J Pediatr Adolesc Gynecol.* 2017;30(5):578–581. doi: 10.1016/j.jpap.2017.05.006

14. Breech LL, Hillard PJA. Adnexal torsion in pediatric and adolescent girls. *Curr Opin Obstet Gynecol.* 2005;17(5):483–489. doi: 10.1097/01.gco.0000179666.39548.78

15. Poonai N, Poonai C, Lim R, Lynch T. Pediatric ovarian torsion: case series and review of the literature. *Can J Surg.* 2013;56(20):103–108. doi: 10.1503/cjs.013311

16. Ryan MF, Desai BK. Ovarian torsion in a 5-year old: a case report and review. *Case Rep Emerg Med.* 2012;2012:679121. doi: 10.1155/2012/679121

17. Darrell L. Cass, ovarian torsion. *Semin Pediatr Surg.* 2005;14(2):86–92. doi: 10.1053/j.sempedsurg.2005.01.003

18. Boley SJ, Cahn D, Lauer T, et al. The irreducible ovary: A true emergency. *J Pediatr Surg.* 1991;26(9):1035–1038. doi: 10.1016/0022-3468(91)90668-J

19. Bykovsky VA, Donskoy DV. Echography in uterine appendage torsion in children: variant of therapeutic and diagnostic tactics and clinical examples. *Echography.* 2002;3(2):123–129. (In Russ.)

20. Tielli A, Scala A, Alison M, et al. Ovarian torsion: diagnosis, surgery, and fertility preservation in the pediatric population. *Eur J Pediatr.* 2022;181(4):1405–1411. doi: 10.1007/s00431-021-04352-0

21. Scheier E. Diagnosis and management of pediatric ovarian torsion in the emergency department: Current insights. *Open Access Emerg Med.* 2022;14:283–291. doi: 10.2147/OAEM.S342725

22. Riccabona M, Lobo M-L, Ording-Muller L-S, et al. European Society of Paediatric Radiology abdominal imaging task force recommendations in paediatric urology, part IX: Imaging in anorectal and cloacal malformation, imaging in childhood ovarian torsion, and efforts in standardising paediatric urology terminology. *Pediatr Radiol.* 2017;47(10):1369–1380. doi: 10.1007/s00247-017-3837-6

23. Ngo A-V, Otjen JP, Parisi MT, et al. Pediatric ovarian torsion: a pictorial review. *Pediatr Radiol.* 2015;45(12):1845–1855. doi: 10.1007/s00247-015-3385-x

24. Huang C, Hong M-K, Ding D-C. A review of ovary torsion. *Tzu Chi Med J.* 2017;29(3):143–147. doi: 10.4103/tcmj.tcmj\_55\_17

25. Celik A, Ergün O, Aldemir H, et al. Long-term results of

conservative management of adnexal torsion in children. *J Pediatr Surg.* 2005;40(4):704–708. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2005.01.008

26. Kives S, Gascon S, Dubuc É, Eyk NV. No. 341 — Diagnosis and management of adnexal torsion in children, adolescents, and adults. *J Obstet Gynaecol Can.* 2017;39(2):82–90. doi: 10.1016/j.jogc.2016.10.001

27. Sriram R, Zameer MM, Vinay C, Giridhar BS. Black ovary: Our experience with oophorectomy in all cases of pediatric ovarian torsion and review of relevant literature. *J Indian Assoc Pediatr Surg.* 2022;27(5):558–560. doi: 10.4103/jiaps.jiaps\_207\_21

28. Gounder S, Strudwick M. Multimodality imaging review for suspected ovarian torsion cases in children. *Radiography.* 2021;27(1):236–242. doi: 10.1016/j.radi.2020.07.006

29. Piper HG, Oltmann SC, Xu L, et al. Ovarian torsion: diagnosis of inclusion mandates earlier intervention. *J Pediatr Surg.* 2012;47(11):2071–2076. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2012.06.011

30. Chang-Patel EJ, Palacios-Helgeson LK, Gould CH. Adnexal torsion: a review of diagnosis and management strategies. *Curr Opin Obstet Gynecol.* 2022;34(4):196–203. doi: 10.1097/GCO.0000000000000787

31. Lourenco AP, Swenson D, Tubbs RJ, Lazarus E. Ovarian and tubal torsion: imaging findings on US, CT, and MRI. *Emerg Radiol.* 2014;21(2):179–187. doi: 10.1007/s10140-013-1163-3

32. Petlakh VI, Konovalov AK, Konstantinova IN, et al. Diagnosis and treatment of gynecological diseases in a pediatric surgeon's practice. *The Doctor.* 2012;(1):3–7. EDN: OVWJAN

33. Parelkar SV, Mundada D, Sanghvi BV, et al. Should the ovary always be conserved in torsion? A tertiary care institute experience. *J Pediatr Surg.* 2014;49(3):465–468. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2013.11.055

34. Dasgupta R, Renaud E, Goldin AB, et al. Ovarian torsion in pediatric and adolescent patients: A systematic review. *J Pediatr Surg.* 2018;53(7):1387–1391. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2017.10.053

35. Smorgick N, Mor M, Eisenberg N, et al. Recurrent torsion of otherwise normal adnexa: oophorectomy does not prevent recurrence. *Arch Gynecol Obstet.* 2023;307(3):821–825. doi: 10.1007/s00404-022-06831-7

36. Tsafrir Z, Hasson J, Levin I, et al. Adnexal torsion: cystectomy and ovarian fixation are equally important in preventing recurrence. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2012;162(2):203–205. doi: 10.1016/j.ejogrb.2012.02.027

37. Simsek E, Kilicdag E, Kalayci H, et al. Repeated ovariopexy failure in recurrent adnexal torsion: combined approach and review of the literature. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* 2013;170(2):305–308. doi: 10.1016/j.ejogrb.2013.06.044

38. Saberi RA, Gilna GP, Rodriguez C, et al. Ovarian preservation and recurrent torsion in children: both less common than we thought. *J Surg Res.* 2022;271:67–72. doi: 10.1016/j.jss.2021.10.004

39. Raźnikiewicz A, Korlacki W, Grabowski A. The role of laparoscopy in paediatric and adolescent gynaecology. *Videosurgery and Other Miniinvasive Techniques.* 2020;15(3):424–436. doi: 10.5114/wiitm.2020.9781

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Adeyemi-Fowode O., McCracken K.A., Todd N.J. Adnexal torsion // *J Pediatr Adolesc Gynecol.* 2018. Vol. 31, N. 4. P. 333–338. doi: 10.1016/j.jpap.2018.03.010

2. Донской Д.В. Хирургическая тактика при urgentных заболеваниях органов малого таза у девочек: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Москва, 2000.

3. Адамян Л.В., Поддубный И.В., Глыбина Т.М., и др. Перекрут придатков матки у детей и подростков с дисплазией соединительной ткани (клинический случай) // *Проблемы репродукции.* 2014. Т. 20, № 5. С. 57–59. EDN: TJAVGT

4. Коровин С.А., Дзядчик А.В., Галкина Я.А., Соколов Ю.Ю. Лапароскопические вмешательства у девочек с перекрутами придат-

- ков матки // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2016. Т. 6, № 2. С. 73–79. EDN: WFEYZJ doi: 10.17816/psaic252
5. Кулаков В.И., Селезнева Н.Д., Краснопольский В.И. Оперативная гинекология. Москва: Медицина, 1990. 464 с.
6. Spinelli C., Tröbs R.-B., Nissen M., et al. Ovarian torsion in the pediatric population: predictive factors for ovarian-sparing surgery — an international retrospective multicenter study and a systematic review // *Arch Gynecol Obstet*. 2022. Vol. 308. P. 1–12. doi: 10.1007/s00404-022-06522-3
7. Rocha R.M., Santos Barcelos I.D.E. Practical recommendations for the management of benign adnexal masses // *Rev Bras Ginecol Obstet*. 2020. Vol. 42, N. 9. P. 569–576. doi: 10.1055/s-0040-1714049
8. Adeyemi-Fowode O., Lin E.G., Syed F., et al. Adnexal torsion in children and adolescents: a retrospective review of 245 cases at a single institution // *J Pediatr Adolesc Gynecol*. 2019. Vol. 32, N. 1. P. 64–69. doi: 10.1016/j.jpags.2018.07.003
9. Baracy M.G. Jr., Hu J., Ouillette H., Aslam M.F. Diagnostic dilemma of isolated fallopian tube torsion // *BMJ Case Rep*. 2021. Vol. 14, N. 7. ID e242682. doi: 10.1136/bcr-2021-242682
10. Harmon J.C., Binkovitz L.A., Binkovitz L.E. Isolated fallopian tube torsion: sonographic and CT features // *Pediatr Radiol*. 2008. Vol. 38, N. 2. P. 175–179. doi: 10.1007/s00247-007-0683-y
11. Mentessidou A., Mirilas P. Surgical disorders in pediatric and adolescent gynecology: Adnexal abnormalities // *Int J Gynaecol Obstet*. 2023. Vol. 161, N. 3. P. 702–710. doi: 10.1002/ijgo.14574
12. Oltmann S.C., Fischer A., Barber R., et al. Cannot exclude torsion — a 15-year review // *J Pediatr Surg*. 2009. Vol. 44, N. 6. P. 1212–1216. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2009.02.028
13. Webster K.W., Scott S.M., Huguélet P.S. Clinical predictors of isolated tubal torsion: a case series // *J Pediatr Adolesc Gynecol*. 2017. Vol. 30, N. 5. P. 578–581. doi: 10.1016/j.jpags.2017.05.006
14. Breech L.L., Hillard P.J.A. Adnexal torsion in pediatric and adolescent girls // *Curr Opin Obstet Gynecol*. 2005. Vol. 17, N. 5. P. 483–489. doi: 10.1097/01.gco.0000179666.39548.78
15. Poonai N., Poonai C., Lim R., Lynch T. Pediatric ovarian torsion: case series and review of the literature // *Can J Surg*. 2013. Vol. 56, N. 2. P. 103–108. doi: 10.1503/cjs.013311
16. Ryan M.F., Desai B.K. Ovarian torsion in a 5-year old: a case report and review // *Case Rep Emerg Med*. 2012. Vol. 2012. ID 679121. doi: 10.1155/2012/679121
17. Darrell L. Cass, ovarian torsion // *Semin Pediatr Surg*. 2005. Vol. 14, N. 2. P. 86–92. doi: 10.1053/j.sempedsurg.2005.01.003
18. Boley S.J., Cahn D., Lauer T., et al. The irreducible ovary: A true emergency // *J Pediatr Surg*. 1991. Vol. 26, N. 9. P. 1035–1038. doi: 10.1016/0022-3468(91)90668-J
19. Быковский В.А., Донской Д.В. Эхография при перекруте придатков матки у детей: вариант лечебно-диагностической тактики и клинические примеры // *Эхография*. 2002. Т. 3, № 2. С. 123–129.
20. Tielli A., Scala A., Alison M., et al. Ovarian torsion: diagnosis, surgery, and fertility preservation in the pediatric population // *Eur J Pediatr*. 2022. Vol. 181, N. 4. P. 1405–1411. doi: 10.1007/s00431-021-04352-0
21. Scheier E. Diagnosis and management of pediatric ovarian torsion in the emergency department: Current insights // *Open Access Emerg Med*. 2022. Vol. 14. P. 283–291. doi: 10.2147/OAEM.S342725
22. Riccabona M., Lobo M.-L., Ording-Muller L.-S., et al. European Society of Paediatric Radiology abdominal imaging task force recommendations in paediatric uro-radiology, part IX: Imaging in anorectal and cloacal malformation, imaging in childhood ovarian torsion, and efforts in standardising paediatric uro-radiology terminology // *Pediatr Radiol*. 2017. Vol. 47, N. 10. P. 1369–1380. doi: 10.1007/s00247-017-3837-6
23. Ngo A.-V., Otjen J.P., Parisi M.T., et al. Pediatric ovarian torsion: a pictorial review // *Pediatr Radiol*. 2015. Vol. 45, N. 12. P. 1845–1855. doi: 10.1007/s00247-015-3385-x
24. Huang C., Hong M.-K., Ding D.-C. A review of ovary torsion // *Tzu Chi Med J*. 2017. Vol. 29, N. 3. P. 143–147. doi: 10.4103/tcmj.tcmj\_55\_17
25. Celik A., Ergün O., Aldemir H., et al. Long-term results of conservative management of adnexal torsion in children // *J Pediatr Surg*. 2005. Vol. 40, N. 4. P. 704–708. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2005.01.008
26. Kives S., Gascon S., Dubuc É., Eyk N.V. No. 341 — Diagnosis and management of adnexal torsion in children, adolescents, and adults // *J Obstet Gynaecol Can*. 2017. Vol. 39, N. 2. P. 82–90. doi: 10.1016/j.jogc.2016.10.001
27. Sriram R., Zameer M.M., Vinay C., Giridhar B.S. Black ovary: Our experience with oophoropexy in all cases of pediatric ovarian torsion and review of relevant literature // *J Indian Assoc Pediatr Surg*. 2022. Vol. 27, N. 5. P. 558–560. doi: 10.4103/jiaps.jiaps\_207\_21
28. Gounder S., Strudwick M. Multimodality imaging review for suspected ovarian torsion cases in children // *Radiography*. 2021. Vol. 27, N. 1. P. 236–242. doi: 10.1016/j.radi.2020.07.006
29. Piper H.G., Oltmann S.C., Xu L., et al. Ovarian torsion: diagnosis of inclusion mandates earlier intervention // *J Pediatr Surg*. 2012. Vol. 47, N. 11. P. 2071–2076. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2012.06.011
30. Chang-Patel E.J., Palacios-Helgeson L.K., Gould C.H. Adnexal torsion: a review of diagnosis and management strategies // *Curr Opin Obstet Gynecol*. 2022. Vol. 34, N. 4. P. 196–203. doi: 10.1097/GCO.0000000000000787
31. Lourenco A.P., Swenson D., Tubbs R.J., Lazarus E. Ovarian and tubal torsion: imaging findings on US, CT, and MRI // *Emerg Radiol*. 2014. Vol. 21, N. 2. P. 179–187. doi: 10.1007/s10140-013-1163-3
32. Петлах В.И., Коновалов А.К., Константинова И.Н., и др. Диагностика и лечение гинекологических заболеваний в практике детского хирурга // *Врач*. 2012. № 1. С. 3–7. EDN: OVWAJN
33. Parelkar S.V., Mundada D., Sanghvi B.V., et al. Should the ovary always be conserved in torsion? A tertiary care institute experience // *J Pediatr Surg*. 2014. Vol. 49, N. 3. P. 465–468. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2013.11.055
34. Dasgupta R., Renaud E., Goldin A.B., et al. Ovarian torsion in pediatric and adolescent patients: A systematic review // *J Pediatr Surg*. 2018. Vol. 53, N. 7. P. 1387–1391. doi: 10.1016/j.jpedsurg.2017.10.053
35. Smorgick N., Mor M., Eisenberg N., et al. Recurrent torsion of otherwise normal adnexa: oophoropexy does not prevent recurrence // *Arch Gynecol Obstet*. 2023. Vol. 307, N. 3. P. 821–825. doi: 10.1007/s00404-022-06831-7
36. Tsafrir Z., Hasson J., Levin I., et al. Adnexal torsion: cystectomy and ovarian fixation are equally important in preventing recurrence // *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2012. Vol. 162, N. 2. P. 203–205. doi: 10.1016/j.ejogrb.2012.02.027
37. Simsek E., Kilicdag E., Kalayci H., et al. Repeated ovariopexy failure in recurrent adnexal torsion: combined approach and review of the literature // *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*. 2013. Vol. 170, N. 2. P. 305–308. doi: 10.1016/j.ejogrb.2013.06.044

**38.** Saberi R.A., Gilna G.P., Rodriguez C., et al. Ovarian preservation and recurrent torsion in children: both less common than we thought // J Surg Res. 2022. Vol. 271. P. 67–72. doi: 10.1016/j.jss.2021.10.004

**39.** Raźnikiewicz A., Korlacki W., Grabowski A. The role of laparoscopy in paediatric and adolescent gynaecology // Videosurgery and Other Miniinvasive Techniques. 2020. Vol. 15, N. 3. P. 424–436. doi: 10.5114/wiitm.2020.97817

## AUTHORS INFO

**\*Dmitry V. Donskoy**, MD, Cand. Sci. (Medicine);  
ORCID: 0000-0001-5076-2378; eLibrary SPIN: 8584-8933;  
e-mail: dvdonskoy@gmail.com

**Sergey A. Korovin**, MD, Dr. Sci. (Medicine);  
ORCID: 0000-0002-8030-9926; eLibrary SPIN: 2091-6381;  
e-mail: korovinsa@mail.ru

**Alexey V. Vilesov**;  
ORCID: 0009-0001-4545-9590; eLibrary SPIN: 2081-3871;  
e-mail: vilesov.alexey@yandex.ru

**Roman A. Akhmatov**, MD, Cand. Sci. (Medicine);  
ORCID: 0000-0002-5415-0499; eLibrary SPIN: 9024-8324;  
e-mail: romaahmatov@yandex.ru

**Kadidiatou D. Sangare**;  
ORCID: 0000-0003-2395-5777;  
e-mail: tanti\_sangare@yahoo.fr

**Olga A. Alimova**;  
ORCID: 0009-0007-0679-885X;  
e-mail: dr.olga\_andreevna@mail.ru

## ОБ АВТОРАХ

**\*Дмитрий Владимирович Донской**, канд. мед. наук;  
ORCID: 0000-0001-5076-2378; eLibrary SPIN: 8584-8933;  
e-mail: dvdonskoy@gmail.com

**Сергей Афанасьевич Коровин**, д-р мед. наук;  
ORCID: 0000-0002-8030-9926; eLibrary SPIN: 2091-6381;  
e-mail: korovinsa@mail.ru

**Алексей Владимирович Вилесов**;  
ORCID: 0009-0001-4545-9590; eLibrary SPIN: 2081-3871;  
e-mail: vilesov.alexey@yandex.ru

**Роман Анатольевич Ахматов**;  
ORCID: 0000-0002-5415-0499; eLibrary SPIN: 9024-8324;  
e-mail: romaahmatov@yandex.ru

**Кадидиату Джингеди Сангаре**;  
ORCID: 0000-0003-2395-5777;  
e-mail: tanti\_sangare@yahoo.fr

**Ольга Андреевна Алимова**;  
ORCID: 0009-0007-0679-885X;  
e-mail: dr.olga\_andreevna@mail.ru

---

\* Corresponding author / Автор, ответственный за переписку

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1779>

# Инвертированный дивертикул Меккеля как причина кишечной инвагинации у ребенка. Клинический случай

М.А. Чундокова<sup>1,2</sup>, М.А. Голованев<sup>1,2</sup>, А.А. Иванов<sup>2</sup><sup>1</sup> Детская городская клиническая больница им. Н.Ф. Филатова, Москва, Россия;<sup>2</sup> Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

Одной из причин возникновения кишечной инвагинации может служить наличие дивертикула Меккеля. Несмотря на то что дивертикул Меккеля является наиболее распространенной аномалией желудочно-кишечного тракта, в мировой литературе описаны единичные случаи инвагинации кишечника, вызванные инверсией дивертикула Меккеля в просвет подвздошной кишки. Описание наблюдения. Мальчик, 2 г. 11 мес., доставлен бригадой скорой медицинской помощи с жалобами на приступообразные боли в животе и однократную рвоту. При пальпации определялась болезненность в нижних отделах живота без признаков раздражения брюшины. Ребенку проведено ультразвуковое исследование брюшной полости, по данным которого в правом нижнем квадранте визуализировалась слоистая структура, состоящая из стенки толстой и тонкой кишки, что позволило установить диагноз кишечной инвагинации. Попытка консервативного расправления инвагината в процессе пневмоирригоскопии оказалась неэффективной. Выполнена экстренная лапароскопия, диагностирована подвздошно-слепокишечная инвагинация, устраненная без технических трудностей. В процессе ревизии подвздошной кишки на ее противобрыжечном крае в 30 см от илеоцекального угла обнаружено кратерообразное углубление с отходящим от него в просвет кишки плотным образованием. Операция продолжена мини-лапаротомией в правой подвздошной области. Из подвздошной кишки мануально вывернут дивертикул Меккеля, перевязан у основания и отсечен с погружением культи в кисетный шов. Течение послеоперационного периода без осложнений. На 5-е сутки после операции ребенок в удовлетворительном состоянии выписан домой. При любой инвагинации кишечника у детей старше года необходимо исключить анатомические причины ее возникновения, среди которых не исключена вероятность инвертированного дивертикула Меккеля. Поэтому после успешной дезинвагинации кишечника необходима тщательная ревизия подвздошной кишки.

**Ключевые слова:** кишечная инвагинация; дивертикул Меккеля; инвертированный дивертикул Меккеля; оперативное лечение; дети; клинический случай.

## Как цитировать

Чундокова М.А., Голованев М.А., Иванов А.А. Инвертированный дивертикул Меккеля как причина кишечной инвагинации у ребенка. Клинический случай // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 143–149. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1779>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1779>

# Inverted Meckel's diverticulum as a cause of intestinal intussusception in a child: A case report

Madina A. Chundokova<sup>1,2</sup>, Maxim A. Golovanev<sup>1,2</sup>, Andrey A. Ivanov<sup>2</sup><sup>1</sup> Filatov Children's Hospital, Moscow, Russia;<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

## ABSTRACT

One of the causes of intussusception is the presence of Meckel's diverticulum. Although Meckel's diverticulum is the most common anomaly of the gastrointestinal tract, isolated cases of intussusception caused by the inversion of Meckel's diverticulum into the lumen of the ileum have been described in world literature. Description of case. The patient was a 2-year-11-month boy who was transported by an ambulance team, with complaints of paroxysmal abdominal pain and single vomiting. Palpation revealed lower abdominal pain without signs of peritoneal irritation. The child underwent an ultrasound examination of the abdominal cavity, which revealed a layered structure consisting of the wall of the large and small intestines in the right lower quadrant. Thus, a diagnosis of intussusception was established. An attempt to conservatively straighten the intussusception during pneumo-irrigoscopy was ineffective. Emergency laparoscopy was performed, and ileocecal intussusception was diagnosed, which was eliminated without technical difficulties. During the inspection of the ileum, a crater-shaped depression with a dense formation extending from it into the intestinal lumen was discovered on its antimesenteric edge 30 cm from the ileocecal angle. The operation was continued with a minilaparotomy in the right iliac region. Meckel's diverticulum was manually inverted from the ileum, tied at the base, and cut off with the stump immersed in a purse-string suture. The postoperative period was event-free. On day 5 after the operation, the child was discharged home in a satisfactory condition. For any intussusception in children aged >1 year, the anatomical causes must be excluded, except for the possibility of an inverted Meckel's diverticulum. Therefore, after successful intestinal disinvagination, a thorough revision of the ileum is necessary.

**Keywords:** intussusception; Meckel's diverticulum; inverted Meckel's diverticulum; surgical treatment; children; case report.

## To cite this article

Chundokova MA, Golovanev MA, Ivanov AA. Inverted Meckel's diverticulum as a cause of intestinal intussusception in a child: A case report. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):143–149. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1779>

Received: 20.01.2024

Accepted: 01.03.2024

Published: 28.03.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1779>

# 倒置的梅克尔憩室是导致儿童肠套叠的原因之一。 临床病例

Madina A. Chundokova<sup>1,2</sup>, Maxim A. Golovanev<sup>1,2</sup>, Andrey A. Ivanov<sup>2</sup><sup>1</sup> Filatov Children's Hospital, Moscow, Russia;<sup>2</sup> Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

## 摘要

肠套叠的原因之一可能是存在梅克尔憩室。虽然梅克尔憩室是最常见的胃肠道异常，但世界文献中也有因梅克尔憩室倒置进入回肠腔而导致肠套叠的个别病例。一名 2 岁 11 个月大的男孩被救护队送院就医，主诉为发作性腹痛和单次呕吐。触诊时发现下腹部疼痛，但无腹膜刺激症状。患儿接受了腹部超声波检查，结果在右下腹部看到了由大肠壁和小肠壁组成的分层结构，从而确定了肠套叠的诊断。在气腹腔镜检查过程中，试图对肠套叠进行保守修复，但效果不佳。医生紧急进行了腹腔镜检查，确诊为回盲肠肠套叠，并顺利完成了修复手术。在对回肠进行修补的过程中，在距回盲角 30 厘米处的肠管前缘发现了一个火山口状的凹陷，从它向肠腔延伸，有致密的肿块手术继续进行，在右回肠做了一个小切口。人工将梅克尔憩室从回肠中取出，在底部包扎，然后将残端浸泡在卡氏缝合线中切断。术后没有出现并发症。术后第五天，患儿康复出院回家。对于一岁以上儿童的任何肠套叠，都必须排除解剖学原因，其中不能排除梅克尔憩室嵌顿的可能性。因此，在成功切除肠道后，必须进行回肠检查。

关键词： 肠套叠；梅克尔憩室；倒置梅克尔憩室；手术治疗；儿童；临床病例。

## 引用本文

Chundokova MA, Golovanev MA, Ivanov AA. 倒置的梅克尔憩室是导致儿童肠套叠的原因之一。临床病例. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):143–149. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1779>

收到: 20.01.2024

接受: 01.03.2024

发布日期: 28.03.2024

## АКТУАЛЬНОСТЬ

Причинами инвагинаций у взрослых и детей старше года, чаще всего служат анатомические особенности (подвижная слепая и подвздошная кишка, наличие общей брыжейки, недоразвитие клапанного аппарата баугиниевой заслонки) или образования, такие как эмбриональные тяжи, гиперплазированные лимфатические узлы, новообразования (доброкачественные и злокачественные), дивертикул Меккеля (ДМ) [1–3]. Распространение ДМ в популяции достигает 2 % [1, 4, 5]. Клинически ДМ выявляется только при наличии осложнений, таких как кровотечение, дивертикулит, кишечная непроходимость [1, 6, 7]. По данным различных авторов частота возникновения кишечной инвагинации при наличии ДМ составляет от 1 до 15 % [2, 8, 9].

Несмотря на то что ДМ является наиболее распространенной аномалией желудочно-кишечного тракта, его инверсия в просвет кишки представляет из себя большую редкость. В доступной литературе мы обнаружили лишь несколько источников, описывающих клинические наблюдения инвертированного дивертикула Меккеля (ИДМ) у детей [10–12]. В данной статье представлен пример тонкокишечной инвагинации, вызванной внедрением ДМ в просвет подвздошной кишки.

## ОПИСАНИЕ СЛУЧАЯ

Мальчик, 2 г. 11 мес., доставлен бригадой скорой медицинской помощи в детскую городскую клиническую больницу им. Н.Ф. Филатова с жалобами на приступообразные боли в животе, на фоне полного здоровья. Перед поступлением в стационар наблюдалась однократная рвота, стул регулярный, оформленный.

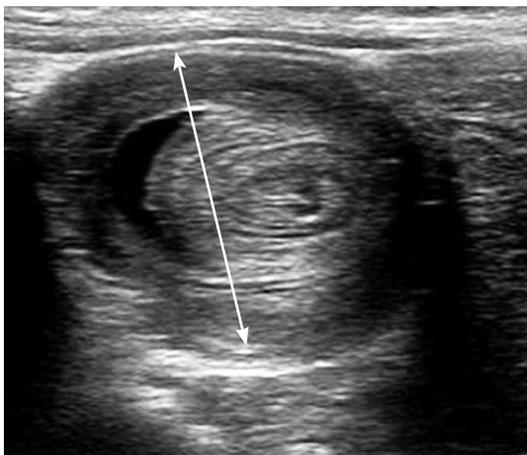


Рис. 1. Эхограмма, поперечный срез в правой подвздошной области. Симптом «мишени» (стрелка) — признак кишечной инвагинации

Fig. 1. Sonography in the transverse plane of the right lower abdominal quadrant revealed the typical “target sign” of intussusception

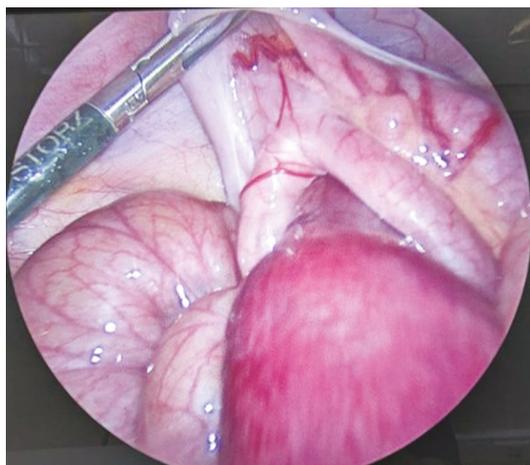
Длительность заболевания, со слов матери — 1,5 ч. Ранее подобных симптомов не отмечалось. При поступлении общее состояние средней степени тяжести. Выполнено объективное обследование: при осмотре — кожа и слизистые оболочки бледно-розовые, чистые, язык розовый, влажный, налета нет; при пальпации — живот не напряжен, выявлена болезненность в нижних отделах без признаков раздражения брюшины. В общем анализе крови уровень лейкоцитов составлял  $7,92 \times 10^9/\text{л}$ , общий гемоглобин 107 г/л. Ребенку проведено ультразвуковое исследование (УЗИ), по данным которого в правых отделах брюшной полости визуализировалась слоистая структура диаметром до 35 мм протяженностью до 61 мм, в составе которой определялись стенки толстой и тонкой кишки (рис. 1).

Установлен диагноз: «кишечная инвагинация». Попытка консервативного расправления инвагината в процессе пневмоирригоскопии оказалась неэффективной. При повторном УЗИ сохранялись признаки тонкокишечной инвагинации. Принято решение об экстренной лапароскопии. Проведена предоперационная подготовка: инфузионная терапия глюкозо-солевыми растворами в объеме 200 мл. Под эндотрахеальным наркозом аппаратом фирмы Karl Storz (Германия) выполнена лапароскопия: при ревизии в брюшной полости незначительное количество выпота, определяются раздутые петли кишечника, червеобразный отросток не изменен, в правой подвздошной области выявлен подвздошно-слепокишечный инвагинат (рис. 2).

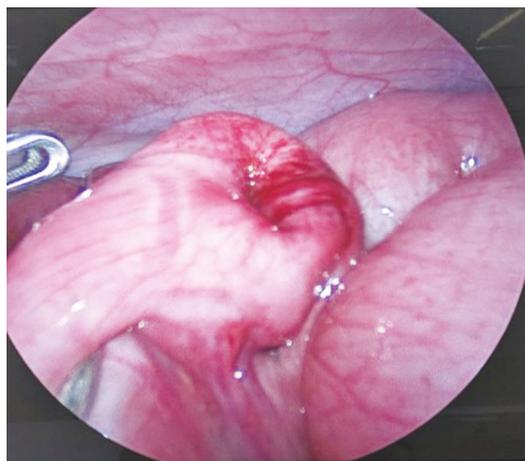
С помощью умеренной тракции кишечный инвагинат расправлен, подвздошная кишка отечна, гиперемирована, но ее жизнеспособность не вызывала сомнения. В процессе ревизии подвздошной кишки на ее противобрыжеечном крае в 30 см от илеоцекального угла обнаружено кратерообразное углубление с отходящим от него в просвет кишки плотным пальпируемым образованием — предположительно ДМ (рис. 3). Операция продолжена мини-лапаротомией: в правой подвздошной области выполнен разрез до 3 см, петля кишки с инвертированным дивертикулом выведена в рану (рис. 4, а).

Дивертикул методом «выдаивания» вывернут из просвета кишки, его размер  $3 \times 1$  см, поверхность отечна (рис. 4, б). ДМ перевязан и отсечен у основания, культя погружена в кисетный шов (рис. 4, в). Выполнено послойное ушивание мини-лапаротомной и троакарных ран. При патологоанатомическом исследовании операционного материала установлен диагноз: дивертикул Меккеля с признаками эктопии желудочного эпителия на верхушке.

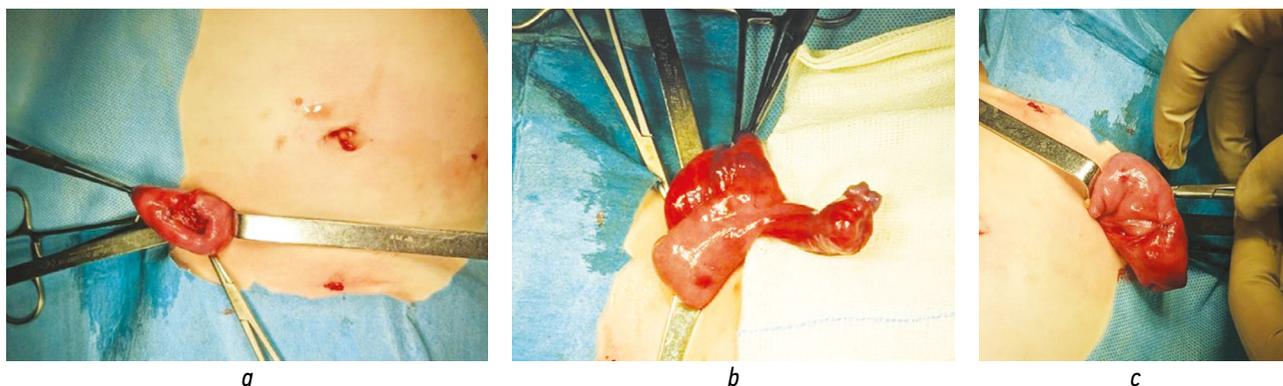
Течение послеоперационного периода без осложнений. Раны зажили первичным натяжением. На 5-е сутки после операции ребенок в удовлетворительном состоянии выписан домой.



**Рис. 2.** Подвздошно-слепокишечный инвагинат  
**Fig. 2.** Ileocecal intussusception



**Рис. 3.** Основание инвертированного дивертикула Меккеля на свободном крае подвздошной кишки  
**Fig. 3.** Base of the inverted Meckel's diverticulum on the free edge of the ileum



**Рис. 4.** Мини-лапаротомия, этапы оперативного мешательства: *a* — дивертикул Меккеля в подвздошной кишке; *b* — дивертикул Меккеля после дезинвагинации; *c* — вид кишки после удаления дивертикула  
**Fig. 4.** Minilaparotomy, stages of surgery: *a* — Meckel's diverticulum in the ileum; *b* — Meckel's diverticulum after disinvasion; *c* — view of the intestine after the removal of the diverticulum

## ОБСУЖДЕНИЕ

Из описания единичных наблюдений ИДМ у детей [10–12] и взрослых [13–17] при диагностике каких-либо его специфических критериев нет. Такие симптомы, как приступообразные боли в животе, рвота, беспокойство, примесь крови в стуле, пальпируемое опухолевидное образование и «симптом мишени» при УЗИ, могут лишь говорить о наличии кишечной инвагинации, не уточняя этиологию ее происхождения [1, 5, 6]. Из трех опубликованных клинических наблюдений у детей в статье М.П. Разина и соавт. [10] представлен случай перфорации ИДМ при тонко-тонкокишечной инвагинации у 7-месячного ребенка. А.А. Череватенко и соавт. [11] описали случай одновременно возникшего острого флегмонозного аппендицита и ИДМ с эктопированной поджелудочной железой в тонко-тонкокишечном инвагинате у мальчика 12 лет. W.E. Barry соавт. [12] сообщают о 10-летней девочке,

у которой причиной инвагинации был ИДМ, закупоривающий просвет кишки.

На наличие ДМ и ИДМ могут указать такие данные в анамнезе, как хронические боли в животе, периодическая кровь в стуле, мелена, постгеморрагическая анемия [1, 14], но у ребенка из представленного случая не было ни одного из вышеперечисленных признаков, поэтому диагноз и окончательная тактика лечения были определены интраоперационно. Невозможность дезинвагинации дивертикула в процессе лапароскопического вмешательства повлияла на тактику лечения пациента, заставив перейти на мини-лапаротомию. Участок, на котором располагался дивертикул Меккеля входил в состав инвагината, и стенка кишки на значительном протяжении была изменена, клиновидная резекция представляла бы значительный риск несостоятельности кишечных швов или потребовала бы выполнения более обширной резекции. Поэтому, а также учитывая, что основание дивертикула было

не более 1 см в диаметре, было принято решение о дивертукуэктомии с погружением культи в кисетный шов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данное наблюдение демонстрирует редкий вариант инвертирования ДМ, повлекшего за собой формирование подвздошно-слепокишечного инвагината. Любая инвагинация кишечника у детей старше года требует выяснения причин ее возникновения для исключения анатомического субстрата. Несмотря на то что инвертированный ДМ встречается редко, он может повлечь за собой формирование кишечной инвагинации, поэтому после успешной дезинвагинации необходима тщательная ревизия подвздошной кишки.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Личный вклад каждого автора: М.А. Чундокова — обзор литературы, сбор и анализ литературных источников, окончательное редактирование статьи; М.А. Голованев — курация и хирургическое лечение пациента, редактирование статьи; А.А. Иванов — обзор литературы, анализ литературных источников, анализ и обработка медицинской документации, написание и редактирование статьи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подкаменев В.В., Розин В.М. Инвагинация кишок у детей. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2022. 176 с. EDN IBNSYZ doi: 10.33029/9704-6601-8-ИИС-2022-1-176.
2. Разумовский А.Ю., Алхасов А.Б., Батраков С.Ю. Детская хирургия. Национальное руководство. Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021. 1280 с.
3. Huang C.-C., Lai M.-W., Hwang F.-M., et al. Diverse presentations in pediatric Meckel's diverticulum: a review of 100 cases // *Pediatr Neonatol*. 2014. Vol. 55, N. 5. P. 369–375. doi: 10.1016/j.pedneo.2013.12.005
4. Hansen C.-C., Søreide K. Systematic review of epidemiology, presentation, and management of Meckel's diverticulum in the 21<sup>st</sup> century // *Medicine (Baltimore)*. 2018. Vol. 97, N. 35. ID 12154. doi: 10.1097/MD.00000000000012154
5. Francis A., Kantarovich D., Khoshnam N., et al. Pediatric Meckel's diverticulum: report of 208 cases and review of the literature // *Fetal Pediatr Pathol*. 2016. Vol. 35, N. 3. P. 199–206. doi: 10.3109/15513815.2016.1161684
6. Lin X.-K., Huang X.-Z., Bao X.-Z., et al. Clinical characteristics of Meckel diverticulum in children: A retrospective review of a 15-year single-center experience // *Medicine (Baltimore)*. 2017. Vol. 96, N. 32. ID e7760. doi: 10.1097/MD.0000000000007760
7. Петлах В.И., Коновалов А.К., Беляева О.А., Константинова И.Н. Острая непроходимость кишечника как осложнение диверти-

**Источник финансирования.** Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении поисково-аналитической работы и подготовке рукописи.

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

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

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors' contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. Personal contributions of each author: M.A. Chundokova — literature review, analysis of literature sources, final editing of the article; M.A. Golovanev — curation and surgical treatment of the patient, editing of the article; A.A. Ivanov — literature review, analysis of literature sources, analysis and processing of medical documentation, writing and editing of the article.

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

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

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

кула Меккеля у детей // *Лечение и профилактика*. 2022. Т. 12, № 1. С. 77–84. EDN: GYVRVK

8. Fu T., Xu X., Geng L., et al. The clinical manifestation variety and management choice of Meckel's diverticulum with complication: A single center experience // *Gastroenterol Res Pract*. 2021. Vol. 2021. ID 6640660. doi: 10.1155/2021/6640660

9. Kobborg M., Knudsen K.B.K., Ifaoui I.B.R., et al. Early diagnosis and treatment for intussusception in children is mandatory // *Dan Med J*. 2021. Vol. 68, N. 3. ID A09200680.

10. Разин М.П., Сырчин Э.Ф., Кузнецов С.Ю., Лобастов Д.К. Редкая форма инвагинации кишечника // *Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии*. 2015. Т. 5, № 2. С. 79–82. EDN: UCDNDN doi: 10.17816/psaic162

11. Череватенко А.А., Шапкина А.Н., Седых И.С., Шевчук А.С. Редкий случай инвагинации дивертикула Меккеля у ребенка // *Тихоокеанский медицинский журнал*. 2018. № 1. С. 95–96. EDN: YTZNHF doi: 10.17238/PmJ1609-1175.2018.1.95-96

12. Barry W.E. III, Rosenberg D.M., Warren M., Kim E.S. Small bowel intussusception secondary to inverted Meckel's diverticulum // *J Pediatr Case Rep*. 2017. Vol. 25. P. 49–51. doi: 10.1016/j.epsc.2017.07.015

13. Матвейчук Д.А., Куколева Е.О., Карнаухов Н.С., Семенов Н.Е. Инвертированный дивертикул Меккеля, сопровождающийся рецидивирующим кишечным кровотечением и тонко-тонкоки-

шечной инвагинацией // Эндоскопическая хирургия. 2022. Т. 28, № 2. С. 54–59. EDN: QWREOX doi: 10.17116/endoskop20222802154

14. Bains L., Bhatia R., Kaushik R., et al. Inverted Meckel's diverticulum: a case report // J Med Case Rep. 2021. Vol. 15, N. 1. ID 264. doi: 10.1186/s13256-021-02736-2

15. Ito T., Sato K., Maekawa H., et al. Adult intussusception caused by an inverted Meckel diverticulum // Case Rep Gastroenterol. 2011. Vol. 5, N. 2. P. 320–324. doi: 10.1159/000329457

## REFERENCES

1. Podkamenev VV, Rozinov VM. *Intussusception of intestines in children*. Moscow: GEOTAR-Media, 2022. 176 p. (In Russ.) EDN IBNSYZ doi: 10.33029/9704-6601-8-IIC-2022-1-176.

2. Razumovsky AY, Alkhasov AB, Batrakov SY. *Paediatric surgery. National manual*. Moscow: GEOTAR-Media, 2021. 1280 p. (In Russ.)

3. Huang C-C, Lai M-W, Hwang F-M, et al. Diverse presentations in pediatric Meckel's diverticulum: a review of 100 cases. *Pediatr Neonatol*. 2014;55(5):369–375. doi: 10.1016/j.pedneo.2013.12.005

4. Hansen C-C, Søreide K. Systematic review of epidemiology, presentation, and management of Meckel's diverticulum in the 21<sup>st</sup> century. *Medicine (Baltimore)*. 2018;97(35):12154. doi: 10.1097/MD.00000000000012154

5. Francis A, Kantarovich D, Khoshnam N, et al. Pediatric Meckel's diverticulum: report of 208 cases and review of the literature. *Fetal Pediatr Pathol*. 2016;35(3):199–206. doi: 10.3109/15513815.2016.1161684

6. Lin X-K, Huang X-Z, Bao X-Z, et al. Clinical characteristics of Meckel diverticulum in children: A retrospective review of a 15-year single-center experience. *Medicine (Baltimore)*. 2017;96(32):e7760. doi: 10.1097/MD.00000000000007760

7. Petlakh VI, Konovalov AK, Belyaeva OA, Konstantinova IN. Acute intestinal obstruction as a complication of Meckel's diverticulum in children. *Treatment and prevention*. 2022;12(1):77–84. EDN: GYVRVK

8. Fu T, Xu X, Geng L, et al. The clinical manifestation variety and management choice of Meckel's diverticulum with complication: A single center experience. *Gastroenterol Res Pract*. 2021;2021:6640660. doi: 10.1155/2021/6640660

9. Kobborg M, Knudsen KBK, Ifaoui IBR, et al. Early diagnosis and treatment for intussusception in children is mandatory. *Dan Med J*. 2021;68(3):A09200680.

16. Kim K.H., Kang K.A., Lim J.H., et al. Inverted Meckel diverticulum as a lead point of small bowel intussusception: misinterpreting case as a lipoma // Clin Imaging. 2016. Vol. 40, N. 5. P. 840–842. doi: 10.1016/j.clinimag.2016.03.009

17. Rashid O.M., Ku J.K., Nagahashi M., et al. Inverted Meckel's diverticulum as a cause of occult lower gastrointestinal hemorrhage // World J Gastroenterol. 2012. Vol. 18, N. 42. P. 6155–6159. doi: 10.3748/wjg.v18.i42.6155

10. Razin MP, Syrchin EF, Kuznetsov SY, Lobastov DK. Rare forms of intussusception. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2015;5(2):79–82. EDN: UCDNDN doi: 10.17816/psaic162

11. Cherevatenko AA, Shapkina AN, Sedykh IS, Shevchuk AS. A rare case of invagination of Meckel's diverticulum in a child. *Pacific medical journal*. 2018;(1):95–96. EDN: YTNHF doi: 10.17238/PmJ1609-1175.2018.1.95-96

12. Barry WE III, Rosenberg DM, Warren M, Kim ES. Small bowel intussusception secondary to inverted Meckel's diverticulum. *J Pediatr Case Rep*. 2017;25:49–51. doi: 10.1016/j.epsc.2017.07.015

13. Matveychuk DA, Kukoleva EO, Karnaukhov NS, et al. An inverted Meckel's diverticulum, complicated by intermitted gastrointestinal bleeding and invagination of the small bowel. *Endoscopic Surgery*. 2022;28(2):54–59. EDN: QWREOX doi: 10.17116/endoskop20222802154

14. Bains L, Bhatia R, Kaushik R, et al. Inverted Meckel's diverticulum: a case report. *J Med Case Rep*. 2021;15(1):264. doi: 10.1186/s13256-021-02736-2

15. Ito T, Sato K, Maekawa H, et al. Adult intussusception caused by an inverted Meckel diverticulum. *Case Rep Gastroenterol*. 2011;5(2):320–324. doi: 10.1159/000329457

16. Kim KH, Kang KA, Lim JH, et al. Inverted Meckel diverticulum as a lead point of small bowel intussusception: misinterpreting case as a lipoma. *Clin Imaging*. 2016;40(5):840–842. doi: 10.1016/j.clinimag.2016.03.009

17. Rashid OM, Ku JK, Nagahashi M, et al. Inverted Meckel's diverticulum as a cause of occult lower gastrointestinal hemorrhage. *World J Gastroenterol*. 2012;18(42):6155–6159. doi: 10.3748/wjg.v18.i42.6155

## ОБ АВТОРАХ

**\*Мадина Арсеновна Чундокова**, д-р мед. наук, доцент; адрес: Россия, 123001, Москва, ул. Садовая-Кудринская, д 15; ORCID: 0000-0001-5562-8397; eLibrary SPIN: 1122-0394; e-mail: Cmadina@yandex.ru

**Максим Алексеевич Голованев**, канд. мед. наук, доцент; ORCID: 0000-0002-5512-9894; eLibrary SPIN: 4034-4303; e-mail: aesculap2001@mail.ru

**Андрей Александрович Иванов**; ORCID: 0009-0000-7441-9005; eLibrary SPIN: 9018-5150; e-mail: 2a-iv80@mail.ru

## AUTHORS INFO

**\*Madina A. Chundokova**, MD, Dr. Sci. (Medicine), Associate Professor; address: 15 Sadovaya-Kudrinskaya st., Moscow, 123001, Russia; ORCID: 0000-0001-5562-8397; eLibrary SPIN: 1122-0394; e-mail: Cmadina@yandex.ru

**Maksim A. Golovanev**, MD, Cand. Sci. (Medicine), Associate Professor; ORCID: 0000-0002-5512-9894; eLibrary SPIN: 4034-4303; e-mail: aesculap2001@mail.ru

**Andrey A. Ivanov**; ORCID: 0009-0000-7441-9005; eLibrary SPIN: 9018-5150; e-mail: 2a-iv80@mail.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1549>

# Нормализация параметров мочеиспускания у мальчика с детским церебральным параличом после реабилитации в экзоскелете «ExoAtlet»

Т.Л. Божендаев<sup>1,2</sup>, Н.Б. Гусева<sup>1-3</sup>, Е.В. Письменная<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский клинический институт педиатрии и детской хирургии им. акад. Ю.Е. Вельтищева, Российский научно-исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия;

<sup>2</sup> Детская городская клиническая больница № 9 им. Г.Н. Сперанского, Москва, Россия;

<sup>3</sup> Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования, Москва, Россия;

<sup>4</sup> Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова Российской академии наук, Москва, Россия

## АННОТАЦИЯ

Дисфункцией нижних мочевыводящих путей страдают 30–55,5 % пациентов с детским церебральным параличом. В статье представлен клинический пример медицинской реабилитации ребенка с детским церебральным параличом и дисфункциональным мочеиспусканием методом вертикализации с помощью экзоскелета «ExoAtlet». У мальчика 15 лет имели место нарушения мочеиспускания в виде подтекания мочи после акта мочеиспускания, неполного опорожнения мочевого пузыря и эпизодов энуреза. Мочеиспускание учащенное, которое ребенок совершал в положении сидя. Походка неустойчивая с помощью костылей с опорой под локоть. Проведено обследование, включающее урофлоуметрию отдельно и совместно с электромиографией. Результаты свидетельствовали о снижении сократительной способности и нарушении эвакуаторной функции детрузора. Проведено 15 сеансов реабилитации с использованием экзоскелета «ExoAtlet», после завершения которых у пациента появилась самостоятельная походка с опорой на трость, ребенка приучили к мочеиспусканию в положении стоя. При повторном урологическом обследовании получены данные о положительном изменении параметров мочеиспускания с частичным купированием поллакиурии и полным купированием остаточного объема мочевого пузыря. Вертикализация и активизация поперечнополосатой мускулатуры, полученные в результате использования экзоскелета у ребенка с детским церебральным параличом и дисфункциональным мочеиспусканием, в сочетании с восстановленной гендерной позой, позволили достигнуть нормализации функции нижних мочевых путей.

**Ключевые слова:** дисфункциональное мочеиспускание; детский церебральный паралич; урофлоуметрия; реабилитация; экзоскелет; дети; клинический случай.

## Как цитировать

Божендаев Т.Л., Гусева Н.Б., Письменная Е.В. Нормализация параметров мочеиспускания у мальчика с детским церебральным параличом после реабилитации в экзоскелете «ExoAtlet» // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 151–160. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1549>

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1549>

# Normalization of urination parameters in a boy with cerebral palsy after rehabilitation using an “ExoAtlet” exoskeleton

Timofey L. Bozhendaev<sup>1,2</sup>, Natalia B. Guseva<sup>1–3</sup>, Elena V. Pismennaya<sup>4</sup><sup>1</sup> Veltischev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia;<sup>2</sup> G.N. Speransky Children's Hospital No. 9, Moscow, Russia;<sup>3</sup> Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia;<sup>4</sup> Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

## ABSTRACT

Lower urinary tract dysfunction occurs in 30%–55.5% of patients with cerebral palsy. The article presents a clinical example of medical rehabilitation of a child with cerebral palsy and dysfunctional urination using the verticalization method and ExoAtlet exoskeleton. Description of observation. A 15-year-old boy had urinary disorders in the form of urine leakage after urination, incomplete emptying of the bladder, episodes of enuresis, and frequent urination while sitting. The gait was unsteady and aided with crutches supported by the elbow. Examinations included uroflowmetry and electromyography. The results indicated a decrease in contractility and impaired evacuation function of the detrusor. In total, 15 rehabilitation sessions were performed using the ExoAtlet exoskeleton, after which the patient gained an independent gait supported by a cane, and the child was taught to urinate in a standing position. A repeat urological examination revealed a positive change in urination parameters with partial relief of pollakiuria and complete relief of the residual bladder volume. Verticalization and activation of striated muscles, obtained following the use of an exoskeleton in a child with cerebral palsy and dysfunctional urination, in combination with restored posture, helped normalize lower urinary tract function.

**Keywords:** dysfunctional urination; cerebral palsy; uroflowmetry; rehabilitation; exoskeleton; children; case report.

## To cite this article

Bozhendaev TL, Guseva NB, Pismennaya EV. Normalization of urination parameters in a boy with cerebral palsy after rehabilitation using an “ExoAtlet” exoskeleton. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):151–160. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1549>

Received: 25.08.2023

Accepted: 19.03.2024

Published: 28.03.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1549>

# 小儿脑瘫患儿在使用 ExoAtlet 外骨骼进行康复训练后尿液参数恢复正常

Timofey L. Bozhendaev<sup>1,2</sup>, Natalia B. Guseva<sup>1-3</sup>, Elena V. Pismennaya<sup>4</sup><sup>1</sup> Veltischev Research and Clinical Institute for Pediatrics and Pediatric Surgery, Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia;<sup>2</sup> G.N. Speransky Children's Hospital No. 9, Moscow, Russia;<sup>3</sup> Russian Medical Academy of Continuous Professional Education, Moscow, Russia;<sup>4</sup> Severtsov Institute of Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

## 摘要

30–55.5%的小儿脑瘫患者会出现下尿路功能障碍。本文介绍了一个通过使用 ExoAtlet 外骨骼进行垂直化治疗,对小儿脑瘫排尿功能障碍的患儿进行医疗康复的临床案例。一名 15 岁的男孩患有泌尿系统疾病,表现为排尿后漏尿、膀胱排空不完全和遗尿。小便次数频繁,而且是坐着小便。拄着有肘部支撑的拐杖,步态不稳。检查包括分别进行尿流率测量和肌电图检查。结果显示收缩力下降,排尿功能受损。在使用ExoAtlet外骨骼进行了15次康复治疗后,患者能够在拐杖的支撑下独立行走,患儿也学会了站立排尿。重复泌尿系统检查显示,发现部分停尿、半尿和完全停尿、残余膀胱容量等排尿参数有积极变化。对小儿脑瘫排尿功能障碍患儿因使用外骨骼而导致横纹肌垂直化和激活,再加上恢复了性别姿势,从而使下尿路参数恢复正常。

**关键词:** 排尿功能障碍; 脑瘫; 尿流率测量; 康复; 外骨骼; 儿童; 临床病例。

## 引用本文

Bozhendaev TL, Guseva NB, Pismennaya EV. 小儿脑瘫患儿在使用 ExoAtlet 外骨骼进行康复训练后尿液参数恢复正常. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):151–160. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1549>

收到: 25.08.2023

接受: 19.03.2024

发布日期: 28.03.2024

## ВВЕДЕНИЕ

Дисфункцией нижних мочевыводящих путей (НМП) различной степени выраженности страдают 30–55,5 % пациентов с детским церебральным параличом (ДЦП) [1]. В реабилитации детей с ДЦП в последние годы все более широкое применение находят экзоскелеты, которые показали эффективность в восстановлении походки и уменьшении спастичности [2]. Исследований по влиянию ходьбы с экзоскелетом на уродинамику нижних мочевых путей у детей с ДЦП в доступной литературе нами не обнаружено.

## ОПИСАНИЕ НАБЛЮДЕНИЯ

В Центр детской урологии-андрологии и патологии органов малого таза Детской городской клинической больницы № 9 им. Г.Н. Сперанского обратился мальчик 15 лет с ДЦП и с дисфункциональным мочеиспусканием, проявляющимся подтеканием мочи после акта мочеиспускания, неполным опорожнением мочевого пузыря и эпизодами энуреза. Мочеиспускание учащенное, самостоятельное, безболезненное, ребенок совершал опорожнение мочевого пузыря сидя. В течение дня отмечались частые императивные позывы и 2–4 эпизода энуреза в неделю. Родители представили дневник мочеиспускания (табл. 1).

Таблица 1. Дневник мочеиспускания до лечения

Table 1. Urination diary before treatment

Время	Объем мочи
10:00	200 мл
11:30	120 мл
13:00	80 мл
14:30	100 мл
16:20	90 мл
18:00	110 мл
19:45	100 мл
21:00	85 мл
22:45	95 мл

По дневнику мочеиспускания имеют место частые микции в течение дня, средний объем 100 мл, что не соответствует физиологической норме 200 мл.

При осмотре отмечались неустойчивая походка с помощью «канадок» (канадки — костыли с опорой под локоть), самостоятельно ребенок проходил несколько шагов, долго стоять без опоры не мог. Ребенку в движении мешало наличие спастичности мышц. Двигательные нарушения соответствовали III уровню функциональной классификации ДЦП — Система классификации больших моторных функций (Gross Motor Function Classification System) GMFCS [3].

Была проведена урофлоуметрия (УФМ), на которой выявлены нарушения (рис. 1).

По данным обследования видно, что кривая имеет вид прерывистого мочеиспускания, скорость потока низкая, что говорит о снижении сократительной способности детрузора, также увеличено время достижения максимального потока, что свидетельствует о слабом волевом контроле. Наличие остаточной мочи больше 10 % от выделенного объема говорит о нарушении эвакуаторной функции детрузора. Для оценки состояния мышц тазового дна во время микции была проведена УФМ с электромиографией (рис. 2).

Как следует из данных исследования, во время микции не происходит расслабления мышц тазовой диафрагмы, что способствует затруднению работы детрузора и, как следствие, неполному опорожнению мочевого пузыря.

Учитывая нарушение посылки и неправильную работу опорно-двигательного аппарата, была проведена реабилитация с помощью экзоскелета «ExoAtlet» (модель «Exoatlet 1», разработчик ООО «ЭкзоАтлет», Москва, Россия), который способствует укреплению мышц спины и нижних конечностей, вырабатывает правильный патерн походки путем принудительной работы, с учетом биомеханики походки, нижних конечностей, что способствует купированию спастических нарушений в мышцах, укреплению и развитию мышечной памяти для правильного хождения [4].

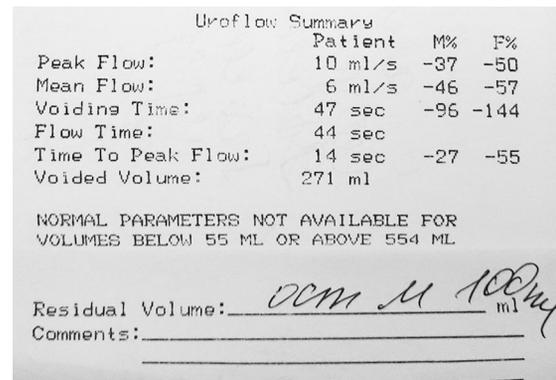
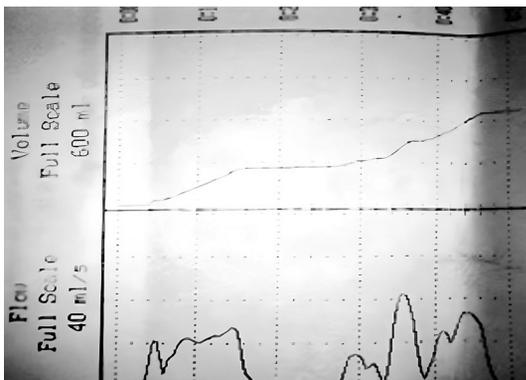


Рис. 1. Урофлоуметрия до лечения  
Fig. 1. Uroflowmetry before treatment

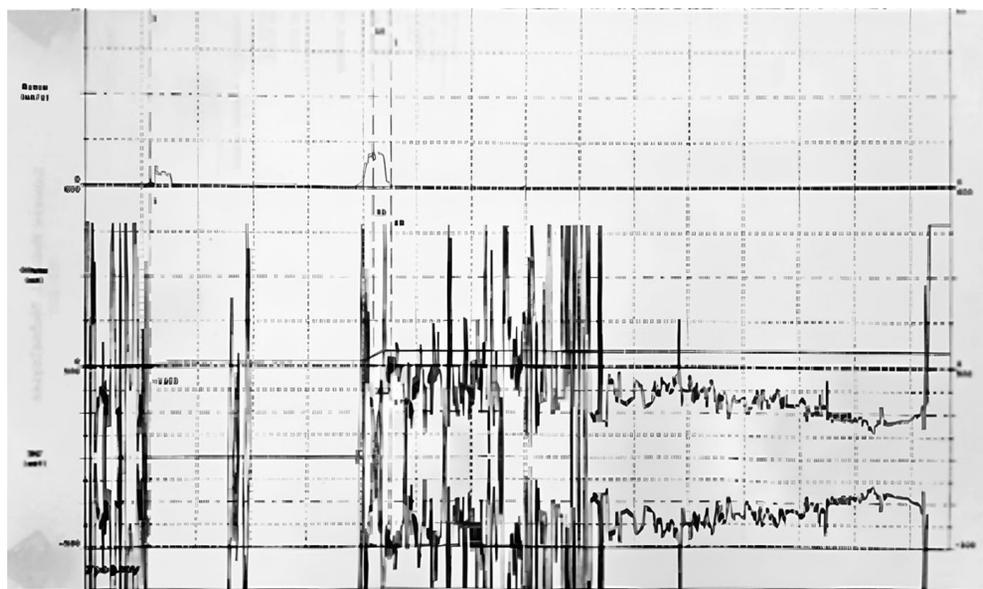


Рис. 2. Урофлоуметрия с электромиографией тазового дна  
Fig. 2. Uroflowmetry with electromyography of the pelvic floor

Было проведено 15 сеансов в экзоскелете «ЕхoAtlet» по 40–50 мин, сигналом к окончанию тренировки служили усталость ребенка или болезненность мышц. После 10-го сеанса с экзоскелетом у ребенка появилась устойчивость при стоянии без опоры, тогда ребенка стали приучать к соблюдению гендерной позы при мочеиспускании. После 15-го сеанса у пациента появилась самостоятельная походка с опорой на трость под левую руку.

К концу сеансов реабилитации мальчик соблюдал гендерную позу при мочеиспускании, что нашло отражение в показателях УФМ и параметрах мочеиспускания. При устойчивой вертикализации и свободном мочеиспускании каждый раз в положении стоя в течение суток параметры акта мочеиспускания стали близкими физиологическим.

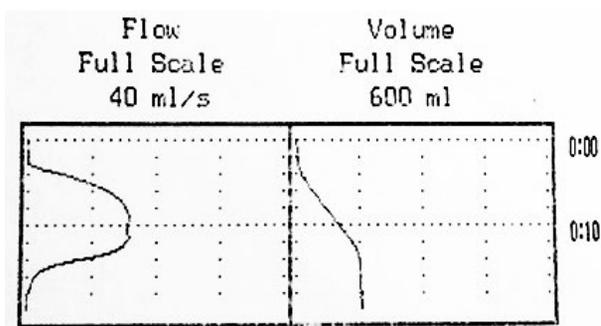
По дневнику мочеиспускания, записанному после окончания курса лечения, отмечалось уменьшение кратности микций с 9 до 6 за день и увеличение среднего физиологического объема мочи с 100 до 250 мл (табл. 2).

По результатам УФМ, проведенной после лечения, улучшились параметры скорости, средний поток мочи увеличился с 6 до 14 мл/с, максимальный поток — с 10 до 18 мл/с. Улучшился волевой контроль, время потока и мочеиспускания стали совпадать: было 44 и 47 с, стало 12 и 12 с соответственно; время достижения максимального потока стало 5 с, было 14 с. Таким образом, улучшился контроль над актом мочеиспускания и нормализовалась эвакуаторная функция детрузора (рис. 3).

На проведенной УФМ с электромиографией отмечалось расслабление тазовой диафрагмы во время микции, что является физиологически характерным для мужчин (рис. 4).

Табл. 2. Дневник мочеиспускания после лечения  
Table 2. Urination diary after treatment

Время	Объем мочи
9:00	250 мл
11:00	200 мл
14:00	300 мл
17:00	250 мл
19:00	280 мл
21:00	300 мл



Peak Flow	18 мл/с
Mean Flow	14 мл/с
Voiding time	12 с
Flow time	12 с
Time to Peak Flow	5 с
Voided Volume	172 мл
Residual Volume	10 мл

Рис. 3. Урофлоуметрия после проведенного лечения  
Fig. 3. Uroflowmetry after treatment

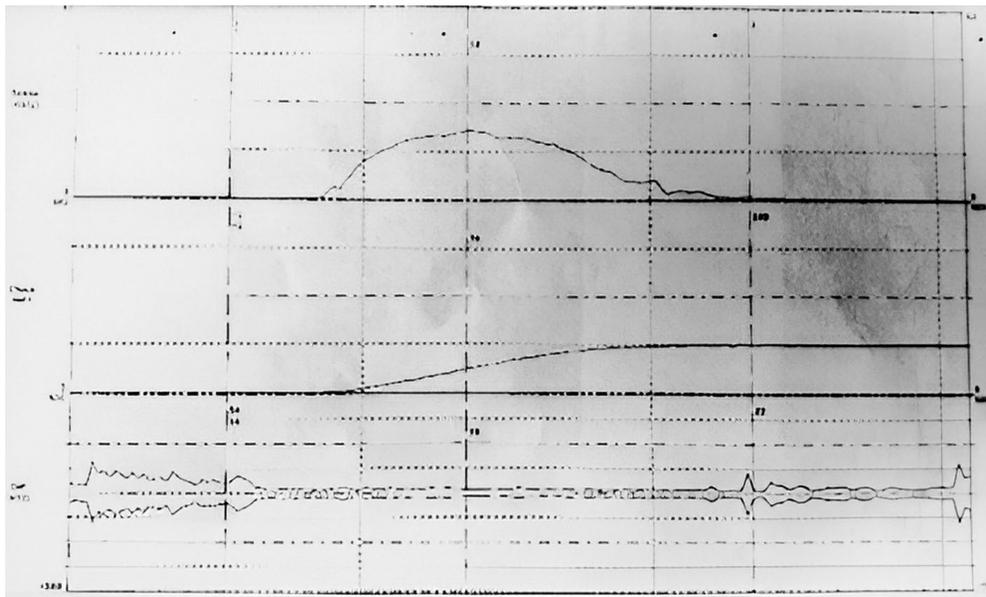


Рис. 4. Урофлоуметрия с электромиографией тазового дна после лечения  
Fig. 4. Uroflowmetry with electromyography of the pelvic floor after treatment

## ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящее время растет признание полиорганной дисфункции, связанной с церебральным параличом, особенно у детей с более высоким уровнем двигательных нарушений. Следовательно, ДЦП следует рассматривать не как неизменяемое расстройство, вызванное единичным поражением, а скорее, как состояние, которое развивается с течением времени. Оценка функции нескольких органов и соответствующая коррекция может помочь предотвратить осложнения в более позднем детском или взрослом возрасте [5].

Нарушение походки является одним из основных факторов, влияющих на качество жизни и развитие осложнений у пациентов с ДЦП. Наиболее передовое направление двигательной реабилитации на сегодняшний день — применение роботизированных устройств или комплексов с обратной визуальной связью от датчиков на нижних и верхних конечностях. Такие устройства, тренируя функции нижних и верхних конечностей, вовлекают в работу все мышцы организма и, как следствие, активируют когнитивные функции управления телом при изменении положения в пространстве [6]. Преимущество робототерапии состоит в более высоком качестве тренировок за счет большей длительности, точности циклических движений, а также создании программы тренировок под индивидуального пациента [7, 8]. Экзоскелет «ExoAtlet» является медицинским оборудованием, используемым для роботизированной механотерапии по восстановлению навыков ходьбы у людей с ограниченной или полной неподвижностью нижних конечностей при поражении нервной системы или опорно-двигательного аппарата, как у взрослых [9, 10], так и у детей с ДЦП [4, 11].

Не менее важным, влияющим на качество жизни пациентов, является дисфункция НМП, наиболее частыми проявлениями которой были сниженная емкость мочевого пузыря, гиперактивность детрузора и увеличение остаточной мочи после мочеиспускания [1, 12]. При урологическом обследовании детей с ДЦП прослеживается определенная закономерность. Так, S. Bross и соавт. [13] пришли к выводу, что симптомы мочеиспускания и патологические уродинамические показатели усиливаются вместе со степенью нарушения двигательной функции, определенной по GMFCS. Патологические данные уродинамики могут быть обнаружены как у симптоматических, так и у бессимптомных пациентов. В работе W. Jiang и соавт. [14] показано, что двигательная функция, возраст и порог развития корешков спинномозговых нервов, связанных со сфинктером мочевого пузыря, воздействуют на аномальные результаты уродинамики.

Можно предположить, что и двигательная активность будет оказывать положительное влияние на восстановление функции НМП. А.М.М. Williams и соавт. [15] изучили, как ходьба с использованием экзоскелета у людей с травмой спинного мозга влияет на мышцы тазового дна (МТД) и функцию нижних отделов мочевыводящих путей. Это пилотное исследование демонстрирует возможность проведения тренинга с использованием экзоскелета для улучшения функции МТД у людей с повреждением спинного мозга. Результаты исследования свидетельствуют, что ходьба в экзоскелете вызывает активность МТД. Улучшение уродинамики НМП у пользователей экзоскелета так же обнадеживает, но учитывая относительно небольшой размер выборки, для изучения этих результатов необходимы дополнительные исследования [15].

Укрепление МТД помогает наружному сфинктеру мочеиспускательного канала закрывать мочеиспускательный канал для поддержания удержания мочи [16]. Имеются также доказательства, что сокращения МТД могут рефлекторно расслаблять мышцу детрузора, эффективно снижая его гиперактивность и увеличивая емкость мочевого пузыря [17].

В нашем наблюдении после завершения тренировочного курса ходьбы с экзоскелетом у ребенка не только значительно улучшилась походка, но и появилась возможность осуществлять мочеиспускание в вертикальном положении. В литературе есть исследования, в которых оценивается влияние позы при мочеиспускании на параметры УФМ у взрослых мужчин. В работе A. Goel и соавт. [18] существенных различий в параметрах УФМ у мужчин в возрасте до 50 лет между положениями тела (ПТ) при мочеиспускании не было. Однако у лиц старше 50 лет объем остаточной мочи был значительно ниже в положении сидя, чем в положении стоя, тогда как время мочеиспускания было значительно выше в положении сидя, чем в положении стоя [18]. Результаты исследования R.N. Khan и S.Z. Zaidi [19] показали, что положение при мочеиспускании стоя у здоровых молодых мужчин влияло на результаты УФМ и было связано с более высокой скоростью мочеиспускания. В метаанализе Y. de Jong и соавт. [20] приводятся данные, что у здоровых мужчин при изменении ПТ не обнаружено различий ни в одном из уродинамических параметров. У пациентов с симптомами НМП сидячее положение связано с улучшением уродинамического профиля [20]. Исследование S. Choudhury и соавт. [21] напротив доказало, что у молодых мужчин (средний возраст 26,6 года) показатели УФМ при мочеиспускании сидя значительно хуже. По итогам отечественной работы авторы сделали заключение, что в среднем в общей когорте взрослых мужчин и женщин параметры мочеиспускания при изменении положения тела достоверно не менялись ни у мужчин, ни у женщин. Однако в каждой группе были пациенты, продемонстрировавшие достоверные различия в скорости потока мочи при изменении положения тела [22].

Результаты исследований, проведенных среди взрослых, позволяют предположить, что могут быть некоторые различия в максимальной скорости потока мочи ( $Q_{\max}$ ), времени мочеиспускания и остаточного объема после мочеиспускания в некоторых случаях. Однако заслуживает внимания тот факт, что эти различия, как правило, не приводят к клинически значимому влиянию на функцию НМП у здоровых людей. Существенный эффект, по видимому, наблюдается у пациентов с уже существующей дисфункцией НМП. Например, у мужчин со значительным остаточным объемом после мочеиспускания из-за симптомов НМП, вторичных по отношению к доброкачественной гиперплазии предстательной железы [23].

В немногочисленных исследованиях, проведенных по этой проблеме в детской урологии, были получены

противоречивые результаты. В статье P.S. Furtado и соавт. [24] оценка связи ПТ с паттерном УФМ и активностью МТД, зарегистрированной с помощью электромиографии у пациенток с дисфункцией мочеиспускания, показала отсутствие существенных различий между вариантами проведения УФМ. Однако более высокая электрическая активность была зарегистрирована у девочек с атипичным ПТ. При отдельной оценке у мальчиков не было выявлено различий между положениями в отношении электрической активности промежности ( $p = 0,412$ ) или электрической активности брюшной полости ( $p = 0,202$ ) [24]. После проведения исследования влияния ПТ на динамику мочеиспускания у детей с неврогенной дисфункцией мочевого пузыря сделан вывод, что у мальчиков при мочеиспускании в положении стоя скорость потока мочи выше [25]. Исследование, включившее наибольшее число обследуемых, проведено A. Ibrahimov и соавт. [26]. В нем предоставлена информация о влиянии ПТ на параметры УФМ, как у здоровых детей, так и у детей с дисфункцией мочеиспускания. Результаты показали значительно более высокий  $Q_{\max}$  в положении стоя у здоровых мальчиков по сравнению с положением сидя и на корточках. Однако на основании анализа полученных данных авторы сделали вывод, что еще имеет значение приобретенная привычка в отношении ПТ при мочеиспускании [26].

Суммируя данные из приведенных источников, следует отметить ограниченное количество работ, посвященных детям, и определенную противоречивость в исследованиях, большинство из которых включало небольшое число участников. Тем не менее, параметры, характеризующие функцию мочеиспускания у молодых мужчин и мальчиков, имели лучшие показатели в положении стоя. Это находит объяснение с анатомо-физиологических позиций: когда мужчина во время микции находится в вертикальном положении, тазовая диафрагма расслабляется, шейка мочевого пузыря опускается, мочеиспускательный канал в простатической части выпрямляется, что способствует лучшему оттоку мочи [27].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вертикализация и тренировка поперечнополосатой мускулатуры, полученные в результате использования экзоскелета у ребенка с ДЦП и дисфункциональным мочеиспусканием, оказывают положительное влияние на улучшение микроциркуляции и функции нервных окончаний и проводящих путей. Благодаря активизации мышц тазового дна, принимающих участие в акте мочеиспускания, в сочетании с восстановленным гендерным положением, достигнута нормализация функции нижних мочевых путей.

Необходимо накопление опыта по урологическому обследованию детей с ДЦП в процессе вертикализации для обобщения получаемых данных в рандомизированных исследованиях.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**Вклад авторов.** Все авторы внесли существенный вклад в подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ИСМЖЕ. Личный вклад каждого автора: Т.Л. Божендаев — сбор и обработка материалов, анализ полученных данных, написание текста; Н.Б. Гусева — концепция и дизайн исследования; Е.В. Письменная — сбор и обработка материалов.

**Источник финансирования.** Все авторы заявили об отсутствии финансовой поддержки при подготовке рукописи.

**Конфликт интересов.** Все авторы подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо заявить.

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

## ADDITIONAL INFORMATION

**Authors' contribution.** All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work. Indicate the contribution of each author to the study: T.L. Bozhendaev — collection and processing of materials, analysis of received data, writing the text; N.B. Guseva — study concept and design; E.V. Pismennaya — collection and processing of materials.

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

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

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

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Samijn B., Van Laecke E., Renson C., et al. Lower urinary tract symptoms and urodynamic findings in children and adults with cerebral palsy: A systematic review // *Neurourol Urodyn.* 2017. Vol. 36, N. 3. P. 541–549. doi: 10.1002/nau.22982
2. Bunge L.R., Davidson A.J., Helmore B.R., et al. Effectiveness of powered exoskeleton use on gait in individuals with cerebral palsy: A systematic review // *PLoS One.* 2021. Vol. 16, N. 5. ID e0252193. doi: 10.1371/journal.pone.0252193
3. Palisano R., Rosenbaum P., Walter S., et al. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy // *Dev Med Child Neurol.* 1997. Vol. 39, N. 4. P. 214–223. doi: 10.1111/j.1469-8749.1997.tb07414.x
4. Петрова Л.Н., Шевцов А.В., Петров А.А., Яхин Д.Х. Опыт разработки пассивного экзоскелета для реабилитации нижних конечностей у детей с ДЦП // *Человек. Спорт. Медицина.* 2019. Т. 19, № 2S. С. 103–109. EDN: JHTUJV doi: 10.14529/hsm19s214
5. Allen J., Zareen Z., Doyle S., et al. Multi-organ dysfunction in cerebral palsy // *Front Pediatr.* 2021. Vol. 9. ID 668544. doi: 10.3389/fped.2021.668544
6. Романов А.И., Ступин В.А., Силина Е.В. Перспективы и значение аппаратов внешнего управления (экзоскелетов) для эффективной реабилитации пациентов с нарушениями двигательной функции // *Здравоохранение Российской Федерации.* 2021. Т. 65, № 3. С. 287–294. EDN: AVEOGB doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-3-287-294
7. Янушевич О.О. *Медицинская робототехника.* Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2023. 384 с.
8. Hunt M., Everaert L., Brown M., et al. Effectiveness of robotic exoskeletons for improving gait in children with cerebral palsy: systematic review // *Gait Posture.* 2022. Vol. 98. P. S343–S354. doi: 10.1016/j.gaitpost.2022.09.082
9. Письменная Е.В., Петрушанская К.А., Котов С.В., и др. Клинико-биомеханическое обоснование применения экзоскелета «Экзоатлет» при ходьбе больных с последствиями ишемического инсульта // *Российский журнал биомеханики.* 2019. Т. 23, № 2. С. 204–230. EDN: TKLWKI doi: 10.15593/RZhBiomeh/2019.2.04
10. Котов С.В., Лиждвой В.Ю., Секирин А.Б., и др. Эффективность применения экзоскелета «ЭкзоАтлет» для восстановления

функции ходьбы у больных рассеянным склерозом // *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова.* 2017. Т. 117, № 10-2. С. 41–47. EDN: YMEPDM doi: 10.17116/jnevro201711710241-47

11. Голубова Т.Ф., Власенко С.В., Марусич И.И., и др. Динамика локомоторных функций у больных ДЦП после комбинированного санаторно-курортного лечения и ходьбы в экзоскелете «ЭкзоАтлет» // *Детская и подростковая реабилитация.* 2022. № 3. С. 12–19. EDN: ZWRHWA

12. Fernandes Silva J.A., Alvares R.A., Barboza A.L., Maciel Monteiro R.T. Lower urinary tract dysfunction in children with cerebral palsy // *Neurourol Urodyn.* 2009. Vol. 28, N. 8. P. 959–963. doi: 10.1002/nau.20714

13. Bross S., Honeck P., Kwon S.T., et al. Correlation between motor function and lower urinary tract dysfunction in patients with infantile cerebral palsy // *Neurourol Urodyn.* 2007. Vol. 26, N. 2. P. 222–227. doi: 10.1002/nau.20329

14. Jiang W., Sun H., Gu B., et al. Urodynamic study findings and related influential factors in pediatric spastic cerebral palsy // *Sci Rep.* 2022. Vol. 12, N. 1. ID 6962. doi: 10.1038/s41598-022-11057-3

15. Williams A.M.M., Deegan E., Walter M., et al. Exoskeleton gait training to improve lower urinary tract function in people with motor-complete spinal cord injury: A randomized pilot trial // *J Rehabil Med.* 2021. Vol. 53, N. 8. ID JRM 00222. doi: 10.2340/16501977-2864

16. Dumoulin C., Cacciari L.P., Hay-Smith E.J.C. Pelvic floor muscle training versus no treatment, or inactive control treatments, for urinary incontinence in women // *Cochrane Database Syst Rev.* 2018. Vol. 10, N. 10. ID CD005654. doi: 10.1002/14651858.CD005654.pub4

17. Godec C., Cass A.S., Ayala G.F. Bladder inhibition with functional electrical stimulation // *Urology.* 1975. Vol. 6, N. 6. P. 663–666. doi: 10.1016/0090-4295(75)90791-8

18. Goel A., Kanodia G., Sokhal A.K., et al. Evaluation of impact of voiding posture on uroflowmetry parameters in men // *World J Mens Health.* 2017. Vol. 35, N. 2. P. 100–106. doi: 10.5534/wjmh.2017.35.2.100

19. Khan R.N., Zaidi S.Z. Comparison of position-related changes on uroflowmetric parameters in healthy young men // *J Pak Med Assoc.* 2017. Vol. 67, N. 6. P. 839–842.

20. de Jong Y., Pinckaers J.H.F.M., ten Brinck R.M., et al. Urinating standing versus sitting: position is of influence in men with prostate enlargement. A systematic review and meta-analysis // *PLoS One*. 2014. Vol. 9, N. 7. ID e101320. doi: 10.1371/journal.pone.0101320

21. Choudhury S., Agarwal M.M., Mandal A.K., et al. Which voiding position is associated with lowest flow rates in healthy adult men? Role of natural voiding position // *Neurourol Urodyn*. 2010. Vol. 29, N. 3. P. 413–417. doi: 10.1002/nau.20759

22. Кульчавеня Е.В., Неймарк А.И., Плугин П.С., и др. Сравнение параметров мочеиспускания при различном положении тела // *Экспериментальная и клиническая урология*. 2017. № 3. С. 104–109. EDN: ZSRQRL

23. Aghamir S.M., Mohseni M., Arasteh S. The effect of voiding position on uroflowmetry findings of healthy men and patients with benign prostatic hyperplasia // *Urol J*. 2005. Vol. 2, N. 4. P. 216–221.

24. Furtado P.S., Lordêlo P., Minas D., et al. The influence of positioning in urination: an electromyographic and uroflowmetric evaluation // *J Pediatr Urol*. 2014. Vol. 10, N. 6. P. 1070–1075. doi: 10.1016/j.jpuro.2014.03.013

25. Ulucak N., Oktar T., Acar O., et al. Positional changes in voiding dynamics of children with non-neurogenic bladder dysfunction // *Urology*. 2008. Vol. 72, N. 3. P. 530–535. doi: 10.1016/j.urology.2008.02.067

26. İbrahimov A., Özkıdık M., Akıncı A., et al. Does urination position have an effect on evaluation of lower urinary tract function in children? A uroflowmetric study // *Afr J Urol*. 2022. Vol. 28. ID 30. doi: 10.1186/s12301-022-00299-2

27. Пытель Ю.А., Борисов В.В., Симонов В.А. Физиология человека. Мочевые пути. 2-е изд. перераб. и доп. Москва: Высшая школа, 1992. 287 с.

## REFERENCES

1. Samijn B, Van Laecke E, Renson C, et al. Lower urinary tract symptoms and urodynamic findings in children and adults with cerebral palsy: A systematic review. *Neurourol Urodyn*. 2017;36(3):541–549. doi: 10.1002/nau.22982
2. Bunge LR, Davidson AJ, Helmore BR, et al. Effectiveness of powered exoskeleton use on gait in individuals with cerebral palsy: A systematic review. *PLoS One*. 2021;16(5):e0252193. doi: 10.1371/journal.pone.0252193
3. Palisano R, Rosenbaum P, Walter S, et al. Development and reliability of a system to classify gross motor function in children with cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol*. 1997;39(4):214–223. doi: 10.1111/j.1469-8749.1997.tb07414.x
4. Petrova LN, Shevtsov AV, Petrov AA, Yakhin DKh. The development of a passive exoskeleton for rehabilitation of the lower extremities in children with cerebral palsy. *Human. Sport. Medicine*. 2019;19(2S):103–109. EDN: JHTUJV doi: 10.14529/hsm19s214
5. Allen J, Zareen Z, Doyle S, et al. Multi-organ dysfunction in cerebral palsy. *Front Pediatr*. 2021;9:668544. doi: 10.3389/fped.2021.668544
6. Romanov AI, Stupin VA, Silina EV. Perspectives and value of external control devices (exoskeletons) for effective rehabilitation of patients with impaired motor function. *Health care of the Russian Federation*. 2021;65(3):287–294. EDN: AVEOGB doi: 10.47470/0044-197X-2021-65-3-287-294
7. Januszewicz OO. *Medical robotics*. Moscow: GEOTAR-Media, 2023. 384 p. (In Russ.)
8. Hunt M, Everaert L, Brown M, et al. Effectiveness of robotic exoskeletons for improving gait in children with cerebral palsy: systematic review. *Gait Posture Oct*. 2022;98:S343–S354. doi: 10.1016/j.gaitpost.2022.09.082
9. Pismennaya EV, Petrushanskaya KA, Kotov SV, et al. Clinical and biomechanical foundation of application of the exoskeleton exoatlet at walking of patients with poststroke disturbances. *Russian journal of biomechanics*. 2019;23(2):204–230. EDN: TKLWKI doi: 10.15593/RZhBiomeh/2019.2.04
10. Kotov SV, Ljldvoy VYu, Sekirin AB, et al. The efficacy of the exoskeleton exoatlet to restore walking in patients with multiple sclerosis. *S.S. Korsakov journal of neurology and psychiatry*. 2017;117(10-2):41–47. EDN: YMEPDM doi: 10.17116/jnevro201711710241-47
11. Golubova TF, Vlasenko SV, Bogdanova LA, et al. Dynamics of locomotor functions in patients with cerebral palsy after combined spa treatment and walking in the exoatlet Exoskeleton. *Child and adolescent rehabilitation*. 2022;(3):12–19. EDN: ZWRHWA
12. Fernandes Silva JA, Alvares RA, Barboza AL, Maciel Monteiro RT. Lower urinary tract dysfunction in children with cerebral palsy. *Neurourol Urodyn*. 2009;28(8):959–963. doi: 10.1002/nau.20714
13. Bross S, Honeck P, Kwon ST, et al. Correlation between motor function and lower urinary tract dysfunction in patients with infantile cerebral palsy. *Neurourol Urodyn*. 2007;26(2):222–227. doi: 10.1002/nau.20329
14. Jiang W, Sun H, Gu B, et al. Urodynamic study findings and related influential factors in pediatric spastic cerebral palsy. *Sci Rep*. 2022;12(1):6962. doi: 10.1038/s41598-022-11057-3
15. Williams AMM, Deegan E, Walter M, et al. Exoskeleton gait training to improve lower urinary tract function in people with motor-complete spinal cord injury: A randomized pilot trial. *J Rehabil Med*. 2021;53(8):JRM 00222. doi: 10.2340/16501977-2864
16. Dumoulin C, Cacciari LP, Hay-Smith EJC. Pelvic floor muscle training versus no treatment, or inactive control treatments, for urinary incontinence in women. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;10(10):CD005654. doi: 10.1002/14651858.CD005654.pub4
17. Godec C, Cass AS, Ayala GF. Bladder inhibition with functional electrical stimulation. *Urology*. 1975;6(6):663–666. doi: 10.1016/0090-4295(75)90791-8
18. Goel A, Kanodia G, Sokhal AK, et al. Evaluation of impact of voiding posture on uroflowmetry parameters in men. *World J Mens Health*. 2017;35(2):100–106. doi: 10.5534/wjmh.2017.35.2.100
19. Khan RN, Zaidi SZ. Comparison of position-related changes on uroflowmetric parameters in healthy young men. *J Pak Med Assoc*. 2017;67(6):839–842.
20. de Jong Y, Pinckaers JHFM, ten Brinck RM, et al. Urinating standing versus sitting: position is of influence in men with prostate enlargement. A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2014;9(7):e101320. doi: 10.1371/journal.pone.0101320
21. Choudhury S, Agarwal MM, Mandal AK, et al. Which voiding position is associated with lowest flow rates in healthy adult men?

Role of natural voiding position. *Neurol Urodyn.* 2010;29(3):413–417. doi: 10.1002/nau.20759

**22.** Kulchavenya EV, Neymark AI, Plugin PS, et al. A comparison of urination parameters in different body positions. *Experimental and clinical urology.* 2017;(3):104–109. EDN: ZSRQRL

**23.** Aghamir SM, Mohseni M, Arasteh S. The effect of voiding position on uroflowmetry findings of healthy men and patients with benign prostatic hyperplasia. *Urol J.* 2005;2(4):216–221.

**24.** Furtado PS, Lordêlo P, Minas D, et al. The influence of positioning in urination: an electromyographic and uroflowmetric evaluation. *J Pediatr Urol.* 2014;10(6):1070–1075. doi: 10.1016/j.jpuro.2014.03.013

**25.** Uluocak N, Oktar T, Acar O, et al. Positional changes in voiding dynamics of children with non-neurogenic bladder dysfunction. *Urology.* 2008;72(3):530–535. doi: 10.1016/j.urol.2008.02.067

**26.** İbrahimov A, Özkıdık M, Akıncı A, et al. Does urination position have an effect on evaluation of lower urinary tract function in children? A uroflowmetric study. *Afr J Urol.* 2022;28:30. doi: 10.1186/s12301-022-00299-2

**27.** Pytel YuA, Borisov VV, Simonov VA. *Human physiology. Urinary tracts.* Moscow: Vysshaya Shkola, 1992. 287 p. (In Russ.)

## ОБ АВТОРАХ

**\*Тимофей Леонидович Божендаев**, канд. мед. наук;  
адрес: Россия, 123317, Москва, Шмитовский проезд, д. 29;  
ORCID: 0000-0002-8819-0771; eLibrary SPIN: 3445-2020;  
e-mail: dr.bozhendaev@gmail.com

**Наталья Борисовна Гусева**, д-р мед. наук;  
ORCID: 0000-0002-1583-1769; eLibrary SPIN: 3704-0679;  
e-mail: guseva-n-b@yandex.ru

**Елена Валентиновна Письменная**, канд. техн. наук, доцент;  
ORCID: 0000-0002-7833-1235; eLibrary SPIN: 9522-7017;  
e-mail: epismen@yandex.ru

## AUTHORS INFO

**Timofey L. Bozhendaev**, MD, Cand. Sci. (Medicine);  
address: 29 Shmitovsky proezd, Moscow, 123317, Russia;  
ORCID: 0000-0002-8819-0771; eLibrary SPIN: 3445-2020;  
e-mail: dr.bozhendaev@gmail.com

**Natalya B Guseva**, MD, Dr. Sci. (Medicine);  
ORCID: 0000-0002-1583-1769; eLibrary SPIN: 3704-0679;  
e-mail: guseva-n-b@yandex.ru

**Elena V. Pismennaya**, MD, Cand. Sci. (Engineering);  
ORCID: 0000-0002-7833-1235; eLibrary SPIN: 9522-7017;  
e-mail: epismen@yandex.ru

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1790>

## К юбилею Маргариты Александровны Барской

О.С. Горбачев

Российская ассоциация детских хирургов, Москва, Россия;  
Российский национальный исследовательский медицинский университет  
им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

### АННОТАЦИЯ

Описание профессиональной деятельности и заслуг детского хирурга Маргариты Александровны Барской, отмечающей свой юбилей.

**Ключевые слова:** детская хирургия; юбилей; М.А. Барская.

### Как цитировать

Горбачев О.С. К юбилею Маргариты Александровны Барской // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 161–164. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1790>



DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1790>

## To the anniversary of Margarita A. Barskaya

Oleg S. Gorbachev

Russian Association of Pediatric Surgeons, Moscow, Russia;  
Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

### ABSTRACT

The paper describes the professional activities and merits of Margarita A. Barskaya, a pediatric surgeon, in celebration of her anniversary.

**Keywords:** pediatric surgery; anniversaries; Margarita A. Barskaya.

### To cite this article

Gorbachev OS. To the anniversary of Margarita A. Barskaya. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):161–164. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1790>

Рукопись получена: 05.03.2024

Рукопись одобрена: 20.03.2024

Опубликована: 28.03.2024

Received: 05.03.2024

Accepted: 20.03.2024

Published: 28.03.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1790>

# Margarita A. Barskaya 周年纪念

Oleg S. Gorbachev

Russian Association of Pediatric Surgeons, Moscow, Russia;  
Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

## 摘要

介绍小儿外科医生巴尔玛格丽塔·亚历山德罗夫娜的职业活动和功绩, 庆祝她的诞辰。

关键词: 儿童外科; 周年纪念; M.A. Barskaya。

## 引用本文

Gorbachev OS. Margarita A. Barskaya 周年纪念. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):161–164.  
DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1790>

收到: 05.03.2024

接受: 20.03.2024

发布日期: 28.03.2024

Маргарита Александровна Барская в январе этого года отметила свой юбилей. С ее подробной профессиональной биографией читатель может ознакомиться в статье, ранее опубликованной в журнале «Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии» [1]. А в этой заметке хотелось бы привести факты из ее жизни, которые оказали влияние на формирование личности этой замечательной женщины, врача и ученого.

Маргарита Александровна — потомственный медик. Ее отец, Александр Васильевич Барский, — военный врач, начал службу в первые годы войны в качестве командира медицинской роты, а закончил ведущим хирургом медсанбата, дошел до Праги, где и встретил Победу. После войны более 10 лет его жизнь была связана с армией, ушел в отставку в звании полковника. Поступил на кафедру общей хирургии Куйбышевского медицинского института, защитил кандидатскую диссертацию, работал в качестве доцента. После защиты докторской диссертации четверть века заведовал этой же кафедрой.

У его дочери вопрос о выборе специальности не возникал, поэтому она поступила в Куйбышевский медицинский институт и со второго курса занималась в студенческом научном кружке и дежурила в хирургических клиниках. На 3-м курсе Маргарита Александровна прочитала книгу С.Я. Долецкого «Мысли в пути» [2], содержание которой определило ее дальнейший профессиональный путь — она решила, что будет детским хирургом. После окончания института поступила в интернатуру по детской хирургии и затем работала сначала детским хирургом в городской больнице, а с 1977 г. — ассистентом кафедры детской хирургии. С этой кафедрой она связала всю свою профессиональную жизнь, занимаясь преподавательской, практической и научной деятельностью. Кстати, оппонентом на защите ее кандидатской диссертации был Станислав Яковлевич Долецкий, портрет которого висит в ее кабинете вместе с портретами корифеев детской хирургии Т.П. Краснобаева, С.Д. Терновского, Ю.Ф. Исакова. В 1990 г. М.А. Барская стала заведующей кафедрой детской хирургии и возглавляла ее в течение 22 лет. Она прекрасный преподаватель, много времени уделяет работе со студентами, ординаторами и аспирантами. В течение ряда лет Маргарита Александровна создавала и осуществляет то, что сейчас называется «наставничество». Студенты-кружковцы успешно выступают не только на вузовских конференциях Самарского государственного медицинского университета (СамГМУ), но и на Российских

и международных студенческих форумах. В настоящее время М.А. Барская готовится к проведению симпозиума детских хирургов России и студенческой конференции, которые пройдут в Самаре в апреле 2024 г.

Маргарита Александровна является профессором кафедры хирургических болезней детей и взрослых СамГМУ и главным внештатным детским хирургом Министерства здравоохранения Самарской области, она много сделала, и делает, по организации и развитию нашей специальности. В областном городе детские клиники имеют отделения практически по всем основным хирургическим профилям, оснащены современным диагностическим и лечебным оборудованием, подготовлены квалифицированные специалисты. Хирургическая помощь детям оказывается также в Тольятти и Сызрани. Дети из других городов и районов области стационарную помощь получают в детских хирургических отделениях Самары. В экстренных случаях вызовы осуществляются службой санитарной авиации. Налажена работа по диспансеризации детей в поликлиниках городов, а врачи областной больницы в составе мобильных бригад выезжают в районы области.

Деятельность Маргариты Александровны выходит за пределы родной области. Она постоянный участник практически всех конференций и форумов, которые проводит Российская ассоциация детских хирургов (РАДХ), и является сопредседателем симпозиумов и круглых столов, выступает с хорошо подготовленными докладами, участвует в дискуссиях. М.А. Барская входит в состав проблемных комиссий РАДХ «Абдоминальная хирургия» и «Гнойная хирургическая инфекция». За заслуги в развитии детской хирургии в 2019 г. М.А. Барская стала лауреатом почетной премии имени С.Д. Терновского РАДХ. Результаты своей работы она представила делегатам Всероссийского форума детских хирургов в докладе «Настоящее и будущее детской хирургии в Самарской области».

Президиум Российской ассоциации детских хирургов, коллектив кафедры хирургических болезней детей и взрослых Самарского государственного медицинского университета и редакция журнала «Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии» поздравляют Маргариту Александровну с юбилеем, желают счастья, долголетия, творческих успехов и отменного здоровья.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. К 70-летию Маргариты Александровны Барской // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2019. Т. 9, № 1. С. 126–127. EDN: EYCWTJ URL <https://rps-journal.ru/jour/article/view/520/477>
2. Долецкий С.Я. Мысли в пути. Москва: Советская Россия, 1974. 320 с.

## REFERENCES

1. To the 70<sup>th</sup> anniversary of Margarita A. Barskaya. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2019;9(1):126–127. (In Russ.) EDN: EYCWTJ URL <https://rps-journal.ru/jour/article/view/520/477>
2. Doletsky S.Ya. Thoughts on the way. Moscow: Sovetskaya Rossia, 1974. 320 p.

## ОБ АВТОРЕ

**Олег Сергеевич Горбачев**; канд. мед. наук, секретарь РАДХ;  
адрес: Россия, 123001, Москва, ул. Садовая Кудринская, д. 15;  
eLibrary SPIN: 1879-0146; e-mail: raps@telemednet.ru

## AUTHOR INFO

**Oleg S. Gorbachev**, MD, Cand. Sci. (Medicine), Secretary of the RAPS; address: 15 Sadovaya Kudrinskaya st., Moscow, 123001, Russia; eLibrary SPIN: 1879-0146; e-mail: raps@telemednet.ru

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1792>

## К 70-летию профессора Сергея Михайловича Степаненко

А.В. Исаков

Российский национальный исследовательский медицинский университет  
им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия

### АННОТАЦИЯ

Описание профессиональной деятельности и заслуг детского хирурга  
Сергея Михайловича Степаненко, отмечающего свой юбилей.

**Ключевые слова:** детская хирургия; юбилей; С.М. Степаненко.

### Как цитировать

Исаков А.В. К 70-летию профессора Сергея Михайловича Степаненко // Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии. 2024. Т. 14, № 1. С. 165–167. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1792>



DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1792>

## To the 70<sup>th</sup> anniversary of Professor Sergey M. Stepanenko

Aleksandr V. Isakov

Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

### ABSTRACT

This paper describes the professional activities and merits of Sergey M. Stepanenko, a pediatric surgeon, in celebration of his anniversary.

**Keywords:** pediatric surgery; anniversaries; Sergey M. Stepanenko.

### To cite this article

Isakov AV. To the 70<sup>th</sup> anniversary of Professor Sergey M. Stepanenko. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):165–167. DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1792>

Рукопись получена: 05.03.2024  
Received: 05.03.2024

Рукопись одобрена: 20.03.2024  
Accepted: 20.03.2024

Опубликована: 28.03.2024  
Published: 28.03.2024

DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1792>

## 纪念Sergey M. Stepanenko教授诞 70周年

Aleksandr V. Isakov

Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia

### 摘要

介绍儿科外科医生谢尔盖·米哈伊洛维奇·斯捷潘年科的职业活动和功绩, 庆祝其诞辰。

**关键词:** 儿童外科; 周年纪念; S.M. Stepanenko。

### 引用本文

Isakov AV. 纪念Sergey M. Stepanenko教授诞 70周年. *Russian Journal of Pediatric Surgery, Anesthesia and Intensive Care*. 2024;14(1):165–167.  
DOI: <https://doi.org/10.17816/psaic1792>

收到: 05.03.2024

接受: 20.03.2024

发布日期: 28.03.2024

5 марта 2024 г. исполняется 70 лет профессору кафедры детской хирургии им. акад. Ю.Ф. Исакова Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова, главному внештатному детскому специалисту по анестезиологии и реаниматологии Минздрава России Сергею Михайловичу Степаненко.

Сергей Михайлович родился в Вильнюсе. После окончания школы в 1973 г. проходил действительную службу в рядах Советской армии. В 1975 г. поступил на педиатрический факультет 2-го Московского ордена Ленина государственного медицинского института (2 МОЛГМИ им. Н.И. Пирогова). Во время учебы в институте работал санитаром, затем медбратом в отделении реанимации Детской городской клинической больницы (ДГКБ) № 13 им. Н.Ф. Филатова.

После окончания института в 1981 г. обучался в клинической ординатуре по анестезиологии и реаниматологии на базе той же больницы, а после окончания работал врачом анестезиологом-реаниматологом отделения реанимации. В 1987 г. защитил кандидатскую диссертацию на тему: «Эпидуральная аналгезия промежуточно в послеоперационном периоде у детей». С 1987 г. Сергей Михайлович работает на кафедре детской хирургии 2 МОЛГМИ им. Н.И. Пирогова (в настоящее время РНИМУ им. Н.И. Пирогова). Ученик академика РАМН Виктора Аркадьевича Михельсона прошел путь от ассистента кафедры до профессора. В 2002 г. он защитил докторскую диссертацию на тему: «Интенсивная терапия новорожденных детей с пороками развития (атрезией пищевода, гастрошизисом и диафрагмальной грыжей)». Благодаря этой научной работе в клинике произошли значимые изменения в тактике и подходах к лечению новорожденных с хирургическими заболеваниями.

С 2004 г. и по настоящее время Сергей Михайлович занимает должность профессора кафедры детской хирургии РНИМУ им. Н.И. Пирогова. Он является автором 140 печатных работ в отечественных медицинских журналах, соавтором методических рекомендаций, монографий и учебников по анестезиологии и реаниматологии у детей, в том числе «Интенсивная терапия в педиатрии», «Национальное руководство по интенсивной терапии», «Национальное руководство по анестезиологии», «Анестезиология, реаниматология и интенсивная терапия у детей».

Под руководством профессора С.М. Степаненко защищено 13 кандидатских диссертаций, под его научным консультированием подготовлены 2 докторские диссертации. Наряду с преподавательской и научной работой со студентами, он курирует ординаторов, обучающихся на кафедре детской хирургии им. акад. Ю.Ф. Исакова по специальности «анестезиология и реаниматология».

С 2009 г. и по настоящее время С.М. Степаненко является главным внештатным детским специалистом по анестезиологии и реаниматологии Минздрава России. На этом посту проявились все профессиональные и организаторские способности Сергея Михайловича, которые направлены на модернизацию, усовершенствование и оптимизацию оказания анестезиолого-реанимационной помощи детям в России.

Сергей Михайлович лауреат нескольких премий РНИМУ им. Н.И. Пирогова, член редколлегии журналов «Анестезиология и реаниматология», «Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии», а также член Президиума федерации анестезиологов-реаниматологов России, член правления Ассоциации анестезиологов-реаниматологов России, Европейского консулата по детской анестезиологии. Он возглавляет профильную комиссию по анестезиологии и реаниматологии у детей, на основании решений которой планируются работы, проводятся конференции и школы подготовки и усовершенствования по специальности «анестезиология-реаниматология» в регионах России.

Будучи удивительно талантливым, трудолюбивым, целеустремленным ученым, Сергей Михайлович очень веселый и коммуникабельный человек. Общение с ним всегда приносит радость и желание достигать еще больших высот как в профессиональной, так и в повседневной жизни. В его лице можно найти внимательного собеседника по любой теме. Ученики профессора не понаслышке знают о его демократичности, простоте в общении и свободе выбора направления творческого поиска, приносящего позитивные результаты.

Сотрудники кафедры детской хирургии им. акад. Ю.Ф. Исакова РНИМУ им. Н.И. Пирогова, Детской городской клинической больницы им. Н.Ф. Филатова и редколлегия журнала «Российский вестник детской хирургии, анестезиологии и реаниматологии» желают Сергею Михайловичу здоровья, счастья и удачи, многих лет жизни, дальнейших научных и творческих побед.

## ОБ АВТОРЕ

**Александр Владимирович Исаков**, канд. мед. наук, доцент;  
адрес: Россия, 123001, Москва, ул. Садовая-Кудринская, д. 15,  
корп. 3; ORCID: 0009-0001-6169-8575; e-mail: leit@mail.ru

## AUTHOR INFO

**Aleksandr V. Isakov**, MD, Cand. Sci. (Medicine);  
address: 15, bldg. 3, Sadovaya-Kudrinskaya st., Moscow, 123001,  
Russia; ORCID: 0009-0001-6169-8575; e-mail: leit@mail.ru